

Travail de fin d'études

Auteur : Mbevo Fendoung, Philippes

Promoteur(s) : Hubert, Aurelia

Faculté : Faculté des Sciences

Diplôme : Master de spécialisation en gestion des risques et des catastrophes

Année académique : 2018-2019

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/8241>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.



**UNIVERSITE DE LIEGE
FACULTÉ DES SCIENCES
DÉPARTEMENT DES SCIENCES ET GESTION DE
L'ENVIRONNEMENT**

**GESTION DES RISQUES NATURELS SUR LE
LITTORAL CAMEROUNAIS : CAS DE
L'ÉROSION CÔTIÈRE À CAP CAMEROUN ET À
KRIBI**

Présenté par

MBEVO FENDOUNG Philippes

**En vue de l'obtention du grade de Master de spécialisation en gestion des
risques et des catastrophes**

Promotrice : Prof Aurélia Hubert Ferrari

ANNEE ACADEMIQUE 2018-2019

Copyright

Toute reproduction du présent document, par quelque procédé que ce soit, ne peut être réalisée qu'avec l'autorisation de l'auteur et de l'autorité académique* de l'Université de Liège.

* L'autorité académique est représentée par le promoteur membre du personnel enseignant de l'ULiège.

Le présent document n'engage que son auteur.

Auteur du présent document : **MBEVO FENDOUNG Philippes**

philippesmbevo@gmail.com

DEDICACE

**À ma maman de
regrettée mémoire,
MENTSOUONVO
Madeleine**

REMERCIEMENTS

Ce travail a bénéficié du soutien de plusieurs personnes pour qui j'exprime mes sincères reconnaissances.

Je tiens avant tout à remercier le **Pr Aurélia Hubert Ferrari**, qui a accepté m'encadrer, pour le temps qu'elle m'a consacré, sa patience et sa convivialité. Son amour pour le travail bien fait a considérablement amélioré mes capacités. Je lui rends ainsi un hommage pour ses efforts et sa disponibilité tout au long de ce travail.

Je remercie le **Pr Pierre Ozer**, coordonnateur du Master de spécialisation en GRC pour ses encouragements et ses orientations dans la définition de cette problématique sur l'érosion côtière à Cap Cameroun et Kribi.

Je remercie le Dr **Laurent BRUCKMANN** pour son soutien

Je suis infiniment reconnaissant et redevable à tous les enseignants du Master de spécialisation en GRC qui, par leur charisme et leur dévouement, nous ont permis de passer une année formidable et riche en expérience.

Je remercie la Mission d'Étude pour l'Aménagement de l'Océan (MEAO) à travers son Directeur Mr **MBAMBA BONDINA Hubert Paulin** qui m'a permis d'effectuer un stage au sein de ladite structure.

Toutes mes reconnaissances à l'endroit de Mr. **MABOUONG Jacques** qui m'a suivi tout au long de mon stage à la MEAO.

Beaucoup de reconnaissance au **Pr TCHINDJANG Mesmin**, Département de géographie de l'Université de Yaoundé 1 et coordonnateur du Global Mapping and Environmental Monitoring (GMEM) pour son soutien constant.

Merci à Mr **ATEBA BELINGA Joseph** pour son soutien dans le traitement cartographique de ce travail.

J'adresse toutes mes reconnaissances au Pr **YOUTA HAPPY Joseph** du département de géographie de l'Université de Yaoundé 1 pour ses encouragements et ses conseils ; au Dr **KANA Collins** de l'Institut National de la Cartographe (INC) qui ne cesse de me soutenir.

Merci aux Dr **Évariste FONGNZOSSIE** et Dr **Achille BIWOLE** de l'Université de Douala (Cameroun) pour leur soutien et encouragement.

Merci à Mr et Madame **VANDERBIST Romaric** pour leur soutien pendant mon séjour en Belgique.

Que tous ceux qui, de près ou de loin, ont participé à cette recherche et qui ne sont pas cités ne se sentent pas lésés, mais trouvent ici un motif de satisfaction.

Table des matières

DEDICACE	iii
REMERCIEMENTS	iv
LISTE DES FIGURES	viii
LISTE DES TABLEAUX	x
LISTE DES PHOTOS	x
LISTE DES PLANCHES PHOTOS	xi
SIGNLES ET ABREVIATIONS	xii
RÉSUMÉ	xiv
ABSTRACT	xv
I- INTRODUCTION	1
I.1. Contexte	1
I.2. Problématique	3
II. QUESTIONS, OBJECTIFS ET HYPOTHÈSE DE RECHERCHE	4
II.1. Questions de recherche	4
II.2. Objectifs.....	4
III.3. Hypothèses	5
III- CADRE CONCEPTUEL ET THEORIQUE DES RISQUES	5
III.1. Cadre conceptuel	5
III.2. Cadres théoriques	9
IV- PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE	10
IV.1. Le littoral Camerounais.....	10
IV.2. La bande kribienne.....	11
IV.3. Présentation de l'estuaire de Wouri et de Cap Cameroun.....	16
V- DONNEES ET MÉTHODES	20
V.1. Collecte des données	20
V.2. Traitement des données	22
V.2.1. Traitement des données climatiques.....	22
V.2.2. Cartographie de l'occupation du sol.....	22
V.2.3. Modélisation des températures en 2015 à partir de la bande thermique de Landsat 8 pour Kribi	23
V.2.4. Cartographie de l'érosion côtière	23
V.2.4.1. Digitalisation du trait de côte et analyse sous DSAS.....	23
V.2.4.2. Détermination de la ligne de Base (Baseline).....	24
V.2.4.3. Définition des transets	25
V.2.4.4. Définition Les calculs statistiques sous DSAS.....	26
V.2.4.5. Les incertitudes et erreurs.....	28
VI- LES FACTEURS AMPLIFICATEURS DE L'ÉROSION CÔTIÈRE SUR LE LITTORAL KRIBIEN	31
VI.1. Les facteurs Internes à Kribi	31
VI.1.1. La croissance démographique	31
VI.1.2. Une ruée populaire vers Kribi	34
VI.1.3. Croissance spatiale dans la ville de Kribi.....	35
VI.1.4. La construction du Port Autonome de Kribi (PAK).....	37
VI.1.5. Les activités agro-industrielles.....	40
VI.1.6. Hôtellerie.....	42
VI.1.7. L'extraction du sable.....	42
VI.2. Les facteurs externes au littoral Kribien	43
VI.2.1. La marée.....	43
VI.2.2. La dérive littorale	46

VI.2.3. Le vent.....	46
VI.2.4. Contexte climatique autour de Kribi	48
VI.3. Les facteurs amplificateurs de l'érosion côtière a cap Cameroun.....	52
VI.3.1. Les facteurs externes à l'estuaire du Wouri/ Cap Cameroun	52
VI.3.1.1. Le climat.....	52
VI.3.1.2. La marée.....	55
VI.3.2. Les facteurs internes à l'estuaire du Wouri / Cap Cameroun.....	58
VI.3.2.1. La croissance démographique	58
VI.3.2.2. L'expansion urbaine à Douala.....	60
VI.3.2.3. Le prélèvement du sable dans l'estuaire du Wouri.	63
VI.3.2.4. L'aménagement portuaire : Le port autonome de Douala.....	64
VI.3.2.5. Le dragage du chenal à bateau du PAD	66
BILAN	69
VII- APPORT DE LA TELEDETECTION ET DES GIG DANS LA GESTION DE L'EROSION CÔTIÈRE A CAP CAMEROUN ET KRIBI	70
VII.1. modélisation de la dynamique de l'occupation du sol à partir des images landsat.....	70
VII.1.1. Modélisation de la dynamique de l'occupation du sol à Kribi.....	70
VII.1.2. Modélisation de la dynamique de l'occupation du sol à Cap Cameroun et ses environs	76
VII.1.2.1. Analyse prospective	77
VII.1.2.2. Vérification	78
VII.2. Modélisation de l'érosion côtière à cap Cameroun et à Kribi (à travers l'outil « DASAS »).	81
VII.2.1. Modélisation de l'érosion côtière dans l'estuaire du Wouri	81
VII.2.1.1. La zone autour de Cap Cameroun.....	81
VII-2-2- Modélisation de l'érosion côtière à Kribi	93
VII.2.2.1. Avant la construction du port.....	93
VII.2.2.2. Après l'implantation du PAK	94
VII.2.2.3. Synthèse du mouvement du trait de côte entre 1973-2017	95
BILAN	96
VIII- EFFETS NEFASTES DE L'EROSION CÔTIÈRE A CAP CAMEROUN ET KRIBI ET STRATEGIES DE REPONSE	97
VIII.1. Évaluation les conséquences néfastes de ces risques sur les populations.....	97
VIII.2. Les déplacés et habitations détruites.....	98
VIII.3. Évaluation des réponses étatiques	99
VIII.3.1. Création des institutions dédiées à la gestion des risques.....	99
VIII.3.1.1. La création de la Mission d'Étude pour l'Aménagement de l'Océan (MEAO)	99
VIII.3.1.2. La direction de la protection civile (DPC).....	101
VIII.3.1.3. L'observatoire National des Risques (ONR).....	103
Cet organe a été créé par l'arrêté n° 037/PM du 19 mars 2003 portant création, organisation et fonctionnement d'un Observatoire National des Risques.	103
VIII.3.1.4. L'Observatoire National des Changements climatiques.....	103
VIII.3.1.5. Les textes de loi	104
VIII.3.2. Une multitude de projets à forte connotation environnementale à Kribi.....	104
VIII.4. Les mesures de protection in situ	105
VIII.4.1. Mesures entreprises par l'État : Construction des édifices de protection contre l'érosion côtière à Kribi	105
VIII.4.2. Proposition des mesures à envisager pour une adaptation durable et efficace à érosion côtière à Cap Cameroun et à Kribi.	106
VIII.4.2.1. La promotion du développement urbain participatif	106
VIII.4.2.2. Réglementer les spéculations foncières et les processus d'acquisition des terres .	107
VIII.4.2.3. la promotion des espaces verts et la libération du front de mer et des bas-fonds marécageux.....	107
VIII.4.2.4. Poursuivre le projet d'aménagement et d'électrification de la plage de Ngoye-Kribi	107
VIII.4.2.5. La nécessité d'un plan ORSEC pour les villes de Douala et Kribi.....	108

VIII.4.2.6. La construction des épis sur les côtes kribiennes	109
VIII.5. Analyse des stratégies locales de réponse	110
VIII.5.1. Les occupants du front de mer.....	110
VIII.5.3. le rôle des ONG	111
BILAN	112
IX- DISCUSSION CONCERNANT L'ÉROSION OBSERVÉE ET LES FACTEURS	
EXPLICATIFS	113
IX.1. Érosion côtière et marée	113
IX.2. Dragage du chenal du pad et érosion côtière.....	113
IX.3. Dégradation du couvert végétal et accentuation de l'érosion côtière.....	115
IX.4. La croissance démographique et l'érosion côtière	115
IX.5. Aménagements côtier et érosion côtière	116
X. CONCLUSION GENERALE.....	118
BIBLIOGRAPHIE	120
TEXTES DE LOIS	126
ANNEXES	127

LISTE DES FIGURES

Figure 1 Localisation de la zone d'étude.....	12
Figure 2 : Image Google Earth de la ville de Kribi en 2018	13
Figure 3 Représentation 3D du relief kribien	15
Figure 4 : Localisation de la zone d'étude. Source des données : INC, (2014) ; image Spot 5 (2010). 19	
Figure 5 : Marégraphes sur le littoral camerounais	21
Figure 6 : place de la baseline dans la configuration des calculs DSAS).....	24
Figure 7 : Paramètres d'intersection (la ligne de base est en rouge, les transects en gris) affichant les la intersections (X) sont ignorées - voir encadré.....	25
Figure 8 : configuration des transects sous DSAS	26
Figure 9 : Paramètres de mesure calculés sous DSAS	27
Figure 10. Schéma méthodologique de la cartographie de l'occupation du sol et de l'érosion côtière 30	
Figure 11 : Évolution de la population de Kribi entre 1976 et 2015	31
Figure 12: Estimation de la population de Kribi entre 2005 et 2035 selon l'hypothèse moyenne. (Source : CUK, 2015).....	32
Figure 13 : Estimation de la population de Kribi entre 2005 et 2035 selon l'hypothèse haute. (Source : CUK, 2015)	33
Figure 14 : Estimation de la population de Kribi entre 2005 et 2035 selon l'hypothèse faible. (Source : CUK, 2015)	34
Figure 15 : Provenance des populations à l'intérieur du Cameroun à destination de Kribi	35
Figure 16: Synthèse de l'évolution de la trame urbaine de la ville de Kribi de 1984 à 2016.....	36
Figure 17 : Évolution de la superficie de la trame urbaine de Kribi entre 1984 et 2016.....	36
Figure 18 : Site de la ville nouvelle de Kribi.....	37
Figure 19 : Routes à aménager. Il manque l'autoroute Kribi-Edéa dont nous ne disposons pas du tracé	38
Figure 20 : Image Google Earth du PAK en 2017 montrant un engraissement en amont du port et un démaigrissement en aval.	39
Figure 21 : Images satellites Landsat montrant les mutations induites par la construction du PAK sur l'environnement côtier de Kribi.	40
Figure 22 : Plantations de HEVECAM ET SOCAPALM sur la bande Kribienne.	41
Figure 23 : Variation moyenne mensuelle de la marée en 2010 à Kribi (en mètre).....	44
Figure 24 : variation moyenne journalière des hauteurs de marée à Kribi en 2010 (en mètre).....	44
Figure 25 : Variation moyenne mensuelle de la marée en 2017 à Kribi (en mètre).....	45
Figure 26 : Variation moyenne journalière des hauteurs de marée à Kribi en 2017 (en mètre).....	45
Figure 27 : Rose des vents annuels et saisonniers boréaux pour la région du plateau continental au large du Cameroun (2°N-5°E-10°E) de 1960 à 2001 (Source : Keugne Signe, 2018).....	47
Figure 28 : Variation interannuelle des précipitations à Kribi entre 1951-2008 (en mm).....	48
Figure 29 : Anomalie centrée réduite de la série de données (1951-2008)	49
Figure 30 : Variation interannuelle des températures (°C) à Kribi.....	49
Figure 31 : Variation mensuelle des températures et des précipitations à Kribi	50
Figure 32 : Modèle de température de surface à Kribi et ses environs en 2015.....	51
Figure 33 : Évolution des paramètres pluviométriques à Douala entre 1951 et 2010. Données annuelles collectées dans la station météorologique de Bonandjo.	52
Figure 34 : Anomalie centrée réduite de la série de données annuelles (1980-2010)	53
Figure 35 : Évolution interannuelle des températures dans la ville de Douala (1961-2010).....	54
Figure 36 : Évolution des températures et des précipitations dans Douala entre 1961 et 2010	55
Figure 37 : Variation mensuelle des hauteurs de marées à Cap Cameroun, entre 2010 et 2017.....	56
Figure 38 : Variation interannuelle des marées à Cap Cameroun entre 2010 et 2017	57
Figure 39 : Synthèse des hauteurs de marée à Cap Cameroun entre 2010 et 2017	57
Figure 40 : Évolution de la population de Douala en 1984 et 2030 (source des données : BUCREP, Atlas Socio)	58

Figure 41 : Évolution de la population de Cap Cameroun entre 1976 et 2015. (Source des données : BUCREP, 2010)	59
Figure 42 : Évolution de la population urbaine de cinq villes côtières d’Afrique Atlantique de 1875 à 2015. Lomé est représentative de toutes les petites villes côtières dont Cotonou et Libreville (Source : Tchindjang et al. 2019).	59
Figure 43 : extension spatiale de la ville de Douala au Cameroun depuis 1916 (Source CUD-DST, 2002 modifiée)	61
Figure 44 : Évolution de la trame urbaine de la ville de Douala entre 1916 et 2016 en hectare.	61
Figure 45 : Localisation du PAD (par Mbevo, source de données : CUD, 2015)	65
Figure 46 : Chenal du PAD dans circuit maritime du Golfe de Guinée	67
Figure 47 : État de l’occupation du sol sur le littoral kribien en 1986	72
Figure 48 : État de l’occupation du sol sur le littoral kribien en 2004	73
Figure 49 : État de l’occupation du sol sur le littoral kribien en 2016	74
Figure 50 : Évolution des superficies d’occupation du sol sur le littoral kribien entre 1984 et 2004 ...	75
Figure 51: tendance mitigée du paysage littorale kribien (Source des données : Image Landsat de 1984, 2000 et 2016).	75
Figure 52 : Dynamique de l’occupation du sol à Cap Cameroun entre 1986 et 2016	76
Figure 53: pertes et regain en mangrove à Cap Cameroun et ses environs (1986-2016)	77
Figure 54 : modèle projeté de l’occupation du sol à Cap Cameroun dans 100 ans	78
Figure 55 : Validation de la classification effectuée en 2017 ?	79
Figure 56 : Modèle d’érosion autour de Cap Cameroun entre 1973 et 2017 en EPR (m/an)	81
Figure 57 : Mouvement net du trait de côte (NSM) à Cap Cameroun entre 1973-1986 (en mètre)	82
Figure 58 : Mouvement net du trait de côte (NSM) à Cap Cameroun entre 1986-2000(en mètre)	82
Figure 59 : Mouvement net du trait de côte (NSM) à Cap Cameroun entre 2000-2017(en mètre)	83
Figure 60 : Modèle d’érosion autour de l’embouchure du Wouri en EPR (m/an)	84
Figure 61 : Mouvement net du trait de côte (NSM) autour de l’embouchure du Wouri entre 1973-1986 (en mètre)	84
Figure 62 : Mouvement net du trait de côte (NSM) autour de l’embouchure du Wouri entre 1986-2000 (en mètre)	85
Figure 63 Mouvement net du trait de côte (NSM) autour de l’embouchure du Wouri entre 2000-2017	85
Figure 64 : Modèle d’érosion autour de l’île de Manoka en EPR (m/an)	86
Figure 65 : Mouvement net du trait de côte (NSM) autour de l’Île de Manoka entre 1973-1986 (en mètre)	86
Figure 66 : Mouvement net du trait de côte (NSM) autour de l’Île de Manoka entre 1986-2000 (en mètre)	87
Figure 67 : Mouvement net du trait de côte (NSM) autour de l’Île de Manoka entre 2000-2017(en mètre)	87
Figure 68 : Modèle d’érosion le long de la flèche littorale le long de l’île de Manoka en EPR (m/an)	88
Figure 69 : Mouvement net du trait de côte (NSM) le long de la flèche littorale entre 1973-1986 (en mètre)	88
Figure 70 : Mouvement net du trait de côte (NSM) le long de la flèche littorale entre 1986-2000 (en mètre)	89
Figure 71 : Mouvement net du trait de côte (NSM) le long de la flèche littorale entre 2000-2017 (en mètre)	89
Figure 72 : Synthèse de l’érosion côtière dans l’estuaire du Wouri en LRR (m/an)	90
Figure 73 : Mouvement du trait de côte entre 1973-2017 en NSM (en mètre)	91
Figure 74 : Érosion côtière à Cap Cameroun vue sous l’angle des images de très hautes résolutions de type Google Earth (2000 & 2016).	92
Figure 75 : Synthèse de l’érosion côtière sur le littoral kribien en EPR (m/an)	93
Figure 76 : Dynamique du trait de côte avant la construction du PAK, de 1973 à 2000 en NSM (en mètre).	94
Figure 77 : Dynamique du trait de côte après la construction du PAK , de 2000 à 2017 en NSM (en mètre).	94

Figure 78 : Dynamique du trait de côte entre 1973 – 2017.....	95
Figure 79 : maisons détruites par l'érosion côtière à Cap Cameroun entre 2000 et 2016 (Source : digitalisation des images Google Earth de 2000 et 2016)	98
Figure 80 : Organigramme de la MEAO.....	100
Figure 81 : Adaptation du plan ORSEC à la gestion des catastrophes à Douala. (Source : Adaptée d'ORSEC France et Voundi, 2016).....	109
Figure 82 : dynamique progressive du trait de côte autour de la flèche littorale de Manoka et dynamique régressive à Cap Cameroun entre 1973 et 2017.	114
Figure 83 : Quelques aménagements lourds sur le littoral camerounais	117

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : synthèse conceptuelle des risques.	6
Tableau 2 : Classification des incidents et dommages en fonction de leur coût	7
Tableau 3 : Synthèse des définitions des définitions du risque	7
Tableau 4 problèmes environnementaux sur le littoral kribien	16
Tableau 5 : Caractéristiques des images traitées	22
Tableau 6 : Erreurs calculées.....	29
Tableau 7 : Synthèse des superficies d'occupation du sol.....	77
Tableau 8 : Synthèse statistique de la dynamique du trait de côte à Cameroun.....	83
Tableau 9 : Synthèse démaigrissement et d'engraissement des quatre sections.	90
Tableau 10 : Synthèse des mouvements et du recul du trait de côte à Kribi entre 1973 et 2017	95

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Digue de protection du PAK (source : MEAO, 2016)	39
Photo 2 : La Une du quotidien de l'économie centrée sur l'acquisition des dragueurs par le PAD.....	68

LISTE DES PLANCHES PHOTOS

Planche photo 1 : usage de la mangrove à Cap Cameroun. (Cliché : Mbevo, 2014)	19
Planche photo 2 : Richesse halieutique de Cap Cameroun (cliché : Mbevo 2014).....	20
Planche photo 3 : Quelques activités touristiques jugées inappropriées sur le littoral kribien (cliché : Mbevo (mai 2019) ; Mouliom (2012) et https://www.google.com/travel/hotels/Kribi	42
Planche photo 4 : Extraction du sables sur le littoral kribien. (Cliché : Mbevo (2019) ; Tchindjang (2012)	43
Planche photo 5 : fort usage de la mangrove dans les zones côtières. (Cliché : Mbevo, 2014)	62
Planche photo 6 : Pression anthropique sur les mangroves de Cap Cameroun (cliché : Mbevo, avril 2019)	63
Planche photo 7 : Cas de prélèvement du sable dans l'estuaire du Wouri.	64
Planche photo 8 : Quelques photos illustrative des zones agricoles à Toubé (Cliché : Mbevo, 2017)...	80
Planche photo 9 : preuves de l'érosion côtière à Cap Cameroun (cliché : Mbevo, 2015).....	92
Planche photo 10 : Construction d'une digue pour la protection des chutes de la Lobé à Kribi. (Cliché : Mbevo, 2018 ; Tchindjang, 2012)	105
Planche photo 11 : Digue de protection des chutes de la Lobé en pleine ruine (cliché : Mbevo 2017)	106
Planche photo 12 : l'Érosion côtière à l'œuvre sur le littoral kribien et mesures locales de réponse inefficace (Source : CUK, 2015).....	110
Planche photo 13A & B : Cas de régénération de la mangrove dans le Ntem, Sud Cameroun (cliché : Fankem, 2016).....	111

SIGNLES ET ABREVIATIONS

AOR	: Average of Rates
APN	: Autorité Portuaire Nationale
BUCREP	: Bureau Central des Recensements et de l'Étude de Populations
CDC	: Cameroon Development Corporation
CEEAC	: Communauté Économique des États d'Afrique Centrale
CIPK	: Complexe Industriel Portuaire de Kribi
CNPC	: Conseil National de la Protection Civile
COTCO	: Cameroon Oil Transportation Company
CUD	: Communauté urbaine de Douala
CUK	: Communauté urbaine de Kribi
DPC	: Direction de la Protection Civile
DSAS	: Digital Shorline Analyse System
EPR	: End Point Rate
F.I	: Farthest Intersection
FAO	: Food and Agriculture Organisation
FEICOM	: Fond spécial d'équipement et d'Intervention Inter-communale
GES	: Gaz à Effet de Serre
GIEC	: Groupe Intergouvernemental d'Expert du le Climat
HÉVÉCAM	: Hévéa du Cameroun
JKR	: Jack-Knife Rate
LAD	: Least Absolute Deviation
MAETUR	: Mission d'Aménagement et d'Équipement des Terrains Urbains et Ruraux
MDL	: Minimum Description Length
MEAL	: Mission d'Étude et d'Aménagement du Littoral
MEAO	: Mission d'Étude pour l'Aménagement de l'Océan
MINADER	: Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural
MINAT	: Ministère de l'Administration Territoriale
MINEPAT	: Ministère de l'Économie, de la Planification du développement et de l'Aménagement du territoire
MINEPDED	: Ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et du Développement Durable
MINFI	: Ministère des Finances
MINFOF	: Ministère des Forêts et de la Faune
MINHDU	: Ministère de l'Habitat et du Développement Urbain
MINPIA	: Ministère des pêches et de l'Industrie Animal
MINTOUR	: Ministère du Tourisme
MINTP	: Ministère des travaux Publics
MISE	: Mission d'Inspection Spécialisée de L'environnement en France
NSM	: Net Shorline Mouvement
OLS	: Ordinary Least Squares
OMM	: Organisation Mondiale de la Météorologie
ONACC	: Observatoire National des Changements climatiques
ONG	: Organisation Non Gouvernementale
ONPC	: Office National des Ports du Cameroun
ONR	: Observatoire National des Risques
ONU	: L'Organisation des Nations unies pour le développement industriel
OPED	: Organisation pour l'Environnement et le Développement durable
PAD	: Port Autonome de Douala
PAK	: Port Autonome de Kribi
PNACC	: Plan National d'Adaptation aux Changements Climatiques
PNRC	: Plate-forme Nationale pour la Réduction des Risques de Catastrophes
PNUD	: Programme des Nations Unies pour le Développement
REDD+	: Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation
RMS	: Root Means Square
S.D	: Smoothing Distance

SAO	:	Société Agricole de l'Océan
SGBD	:	Système de Gestion des Bases de Données
SIE	:	Systèmes d'informations Environnementales
SIG	:	Système d'Information Géographique
SOCAPALM	:	Société Camerounaise de Palmeraie
SPSS	:	Statistical Package for the Social Sciences
TM	:	Thematic Mapper
UNDHA	:	United Nations Department of Humanitarian Affairs
USGS	:	United States Geological Survey
VCR	:	Variable Centrée Réduite
WDR	:	World Disaster Report
WLAD	:	Weighted Least Absolute Deviation
WLS	:	Weighted Least Squares
ZEE	:	Zones Économique Exclusive

RÉSUMÉ

L'érosion côtière est l'un des risques majeurs qui affecte toutes les côtes du monde. Des côtes occidentales aux celles d'Afrique Atlantique, toutes sont frappées. D'autres zones le sont plus. Sur les côtes camerounaises, ce phénomène se manifeste de façon disproportionnée. Le littoral à Idénau, à Kribi et à Cap Cameroun constituent les hot spots. Ce travail se focalise sur les deux derniers sites.

Il est question d'analyser les facteurs amplificateurs de l'érosion côtière à l'œuvre à Cap Cameroun et Kribi, l'ampleur de l'érosion actuelle et les défaillances observées dans les stratégies locales et étatiques de gestion.

La démarche méthodologique a consisté en la collecte et le traitement (classification et digitalisation) des images Landsat (1973, 1986, 2000, 2004, 2016, 2017) et Google Earth (2000&2016) sous les logiciels ArcGIS 10.2® et Erdas Imagine 2014®. Les traits de côtes sont extraits et ont servi à la modélisation de l'érosion côtière sur les deux sites. Les observations de terrain et des entretiens ciblés sont faits lors du stage effectué à la MEAO-Kribi.

Il se trouve que ce phénomène est la résultante des causes à la fois naturelles (l'action de la marée, du climat...) et beaucoup plus anthropiques (croissance démographique, aménagements portuaires, l'extension agro-industrielle...). Au niveau du couvert forestier (mangrove et forêt de terre ferme) une forte dégradation est observée. À Kribi, la forêt dense par exemple est passée de 67 % en 2004 à 58,78 % en 2016 ; la forêt secondaire de 17 % en 2004 à 23 %, avec une forte tendance vers la dégradation. Les forêts dégradées se sont étendues passant de 8,23 % en 2004 à 11,28 % en 2016 de même que les sols autour de la ville. À Cap Cameroun, les mangroves stables sont passées de 4507.02 ha (5.99%) en 1986 à 5865.01 (7.92%) en 2000, puis 3410.82 ha (1.92%) en 2016.

Cette dégradation rime avec l'érosion côtière qui est déjà très active à Cap Cameroun, avec un recul de $+0,38$ m/an à $-1,12$ m/an quantifiés. Il s'annonce à Kribi mais sans effets très pervers, car plus de 72,32 % du trait est resté stable, 1,3 % en accrétion et 26,33 % en érosion.

La réaction des autorités face à cette situation ne semble pas efficace, car de mesures concrètes et durables ne sont pas visibles sur le terrain.

Il faut revégétaliser la mangrove du front de mer à Cap Cameroun, améliorer les techniques de fumage des poissons, réduisant ainsi la pression sur la mangrove ; construire des épis durables à Kribi, appliquer les acquis du PGES du PAK, notamment les volets liés à la gestion des externalités négatives sur l'environnement.

Mots-clés : Cap Cameroun, érosion côtière, Kribi, Gestion, Risques naturels

ABSTRACT

Coastal erosion is one of the major risks affecting all coasts of the world. From the western coasts to those of Atlantic Africa, all are affected. Other areas are more so. On the Cameroonian coasts, this phenomenon manifests itself disproportionately. The coastline in Idénau, Kribi and Cap Cameroun are the hotspots. This work focuses on the last two sites.

The aim is to analyse the amplifying factors of coastal erosion at work in Cape Cameroon and Kribi, the extent of current erosion and the shortcomings observed in local and state management strategies.

The methodological approach consisted in the collection and processing (classification and digitalization) of Landsat (1973, 1986, 2000, 2000, 2004, 2016, 2017) and Google Earth (2000&2016) images using ArcGIS 10.2® and Erdas Imagine 2014® software. The coastlines are extracted and have been used to model coastal erosion at both sites. Field observations and targeted interviews are conducted during the internship at MEAO-Kribi.

It so happens that this phenomenon is the result of both natural causes (the action of the tide, the climate...) and much more anthropogenic causes (population growth, port developments, agro-industrial expansion...). In terms of forest cover (mangrove swamp and land forest), significant degradation has been observed. In Kribi, for example, dense forest increased from 67% in 2004 to 58.78% in 2016; secondary forest from 17% in 2004 to 23%, with a strong trend towards degradation. Degraded forests have increased from 8.23% in 2004 to 11.28% in 2016, as have the soils around the city. In Cape Cameroon, stable mangroves increased from 4507.02 ha (5.99%) in 1986 to 5865.01 (7.92%) in 2000, then 3410.82 ha (1.92%) in 2016.

This degradation rhymes with coastal erosion, which is already very active in Cape Cameroon, with a decline from $+0.38$ m/year to $+1.12$ m/year quantified. It is expected in Kribi but without very perverse effects, as more than 72.32% of the line remained stable, 1.3% in accretion and 26.33% in erosion.

The authorities' response to this situation does not seem to be effective, as concrete and sustainable measures are not visible on the ground.

The mangrove swamps on the waterfront in Cape Cameroon must be replanted, fish smoking techniques improved, thus reducing pressure on the mangrove swamps; sustainable groins must be built in Kribi, and the achievements of the PAK SEMP must be applied, particularly those related to the management of negative externalities on the environment.

Keywords: Cape Cameroon, coastal erosion, Kribi, Management, Natural risk

I- INTRODUCTION

I.1. Contexte

Le monde connaît actuellement une montée en puissance des évènements naturels. Le Groupe intergouvernemental sur l'Évolution du Climat GIEC (2007), dans leur 4^e rapport montre que la température globale de la planète a augmenté de 0,89 °C sur la période 1901–2012. Les projections prévoient une augmentation future de 1,8 à 4°C à l'horizon 2100, en fonction des scénarios d'émission des gaz à effet de serre (GES). Les bouleversements environnementaux qui en découlent affectent les territoires spécifiquement en fonction de leurs caractéristiques géographiques, socio-économiques et même politico-institutionnelles (Mbevo, 2019). Ainsi au Cameroun en général, d'après le World Disaster Report (WDR, 2015), entre 2005-2014, 96 867 personnes ont été affectées par les risques naturels et 717 en ont perdu leur vie.

Dans ce contexte, le littoral est un environnement à écologie particulièrement fragile qui fait l'objet de plusieurs convoitises. Le littoral subit de ce fait une double pression à la fois naturelle et anthropique. Les causes naturelles sont liées, par exemple, à l'élévation du niveau des mers, l'action des courants marins et des vagues, ... Les causes anthropiques impliquent les multiples atteintes de l'homme sur l'environnement côtier. En premier, les populations de la zone littorale et des zones urbaines sont en constante augmentation ainsi que ses besoins énergétiques. D'autres impacts anthropiques sont important tels que la construction des barrages qui piègent les sédiments en transit vers les côtes, les aménagements portuaires, la coupe de la mangrove, le prélèvement du sable. Toute cette dynamique crée des bouleversements environnementaux au niveau littoral, avec des répercussions sur les écosystèmes et sur les populations.

Bijlsma et al. (1996) fait référence à quelques dangers biophysiques potentiels auxquels les littoraux sont exposées, ont identifié 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. Parmi ces dangers potentiels, l'érosion du littoral est une problématique clé en particulier parce que la population de la zone cotière est en constante augmentation. Selon l'Union Géographiques Internationale (UGI, 2012), 70 % des côtes connaissent l'érosion côtière, 20 % sont stables et seulement 10 % connaissent un

engraissement. Toutes les côtes du monde sont concernées et toute la communauté scientifique interpellée.

En Afrique du Nord, la problématique des risques naturels dans les zones côtière en lien avec les changements climatiques a fait l'objet de plusieurs réflexions, comme par exemple, en Algérie (Lahlah Salah, 2004) en Tunisie (Chouari, 2017) ou sur les côtes meubles de l'Extrême-Nord marocain (Salmon et al., 2010) où l'érosion est aussi étroitement liées aux interventions humaines. En Afrique de l'Ouest, plusieurs études mettent l'accent sur les inondations et d'érosion dans la zone côtière comme en Côte d'Ivoire (Vami & N'guessan Bi, 2014), à Dakar, où Wade et al. 2008 mettent en évidence le rôle des modifications anthropiques à l'aménagement territorial. Au Sénégal, Rey & Fanget (2017) illustrent une accélération de l'érosion côtière dans la ville de Saint-Louis liée à ouverture d'une brèche y a accéléré l'érosion. En Afrique Centrale, Ovono (2017) a analysé l'érosion côtière sur les côtes gabonaises.

Le littoral du Cameroun n'est pas du reste. En effet, il connaît une érosion disproportionnée dont la portion située à Cap Cameroun apparaît comme la plus victime du phénomène. Il s'annonce aussi avec énergie sur les côtes kribiennes. Dans ces régions, les causes avancées seraient le déficit sédimentaire à la fois causé par l'homme et la dynamique marine (Mangor, 2001), et le souligne le déferlement des vagues alimentant les marées (Tony Rey, 2019). De plus. Si les projections en termes d'élévation du niveau de la mer au Cameroun (entre 9 à 38 cm en 2050, puis 86 cm en 2100) tel qu'évoqué dans le Plan National d'Adaptation aux Changements Climatiques (MINEPDED, 2015) parvenaient à se confirmer, l'estuaire du Wouri dans sa presque totalité serait envahi et la ville de Douala avec elle (Dzalla, 2012).

Cette étude vise, d'une part, à s'appuyer sur la littérature existante et les connaissances du terrain pour mieux analyser les facteurs explicatifs de phénomène d'érosion côtière sur le littoral camerounais. D'autre part, elle capitalise les acquis qu'offrent les outils de la géomatique, notamment la télédétection et les SIG pour faciliter la prise de décision dans le processus de gestion et l'élaboration les stratégies d'adaptation à ce risque devenu sans cesse menaçant pour les populations et les écosystèmes.

I.2. Problématique

Le littoral camerounais fait l'objet de plusieurs convoitises (agro-industrie, projet structurant), apportant des changements importants sur le couvert végétal et sur les types d'utilisation des sols. Il est soumis à l'épreuve difficile de l'érosion côtière, des inondations et des vents violents (Matandra Sadrack, 2002) qui sont autant d'aléas enregistrés. Mouliom (2012) soulignait déjà la présence de l'érosion côtière qui se traduit par le recul du trait de côte kribien par endroits. Sur les 134,849 km que mesure le littoral Sud camerounais, 118,02 (87,52 %) connaissent l'érosion ; 16,62 km (21,33 %) sont en accrétion et 0,32 km (0,24) est stable (Mfombam Nsangou, 2016). À la source de ces manifestations, les activités humaines apparaissent comme facteurs amplificateurs. Les agro-industries, les plates-formes pétrolières, l'urbanisation et tout récemment des projets de grande taille telles les constructions du port en eau profonde de Kribi engendrent des modifications environnementales considérables et une attraction des populations qui veulent y trouver du travail. Il s'ensuit une forte érosion des côtes en amont du port, et un engraissement en aval. Dans cette quête d'emploi, ces dernières se retrouvent en train de coloniser les espaces vulnérables aux inondations. Les pressions sur les écosystèmes sont accentuées, la déforestation s'installe, et il s'ensuit une diminution des puits de stockage du Carbone.

Au-dessus de ceux-ci se trouvent les changements climatiques ambiants dont les répercussions sur l'environnement côtier ne sont plus à démontrer (GIEC, 2007). En effet, sur le littoral camerounais, les précipitations ont sensiblement augmenté dans certaines zones (bande côtière), tandis qu'elles ont drastiquement diminué dans d'autres (zone sahélienne). Mena et al. (2017) font état de fortes précipitations dans la région de Kribi entre 1971 et 2005, avec une pluviométrie moyenne annuelle importante de 2 825,53 mm et une température moyenne annuelle de 26,9°. Mbevo (2016) fait le même constat dans la ville de Douala, durant la période 1961-2010, où la moyenne des précipitations se situe à 4 000 mm, 3 500 mm à Edéa, plus de 3 700 mm à Limbé. Du 13 au 16 août 1998, une forte pluie poussait les eaux de la Kienké (Kribi) hors du chenal, envahissant les quartiers Dombé, Mokolo et Zaïre. De même, cette ville, de par sa localisation au front de mer, est prédisposée aux inondations par les eaux provenant de l'océan Atlantique. Le littoral camerounais subit aussi des vents violents qui arrachent les toits des maisons à Cap Cameroun, Campo, etc. Molua, (2009) traite des inondations catastrophiques dans la ville de Limbé, avec des maisons détruites et plusieurs sans abris..

Cette situation impose aux aménageurs de cette partie du Cameroun une incessante réorientation des politiques y afférentes. D'ailleurs, Kuété & Assongmo (2002) critiquent déjà le modèle de développement des pays africains qui, pour eux, est contre l'environnement.

Ces événements affectent une population vulnérable, ne disposant pas de moyens idoines pour y faire face. L'érosion côtière, les inondations et les fortes précipitations les obligent ainsi à reculer vers l'intérieur, à émigrer ou à renforcer en permanence la résistance de leur maison. Tout ceci accentue une pression considérable sur la mangrove qui pourtant est un véritable bouclier contre cette érosion.

Les SIG et la télédétection, en tant que sciences et technologies de l'espace, fournissent des outils nécessaires pour la gestion de ces événements dommageables. Ces dernières seront couplées aux données d'observation de terrain et à données climatiques issues des stations de Douala et Kribi, pour mieux comprendre voire appréhender les bouleversements environnementaux en termes de risques climatiques sur le littoral camerounais.

II. QUESTIONS, OBJECTIFS ET HYPOTHÈSE DE RECHERCHE

II.1. Questions de recherche

Notre question de recherche principale porte sur les causes de la forte intensité de l'érosion côtière observée à Cap Cameroun et Kribi, ainsi que les raisons de l'échec des politiques locales et étatiques de gestions. De manière spécifique, nous chercherons à répondre aux questions suivantes : Quels sont les facteurs amplificateurs de l'érosion côtière à Cap Cameroun et Kribi, ainsi que la perception locale du risque ? Quelle est l'ampleur de l'érosion côtière évaluée par imagerie satellitaire et par SIG/Télédétection ? Quelles sont les stratégies locales et étatiques de gestion de ces risques et leur efficacité ?

II.2. Objectifs

Ce travail vise à analyser les facteurs amplificateurs de l'érosion côtière à l'œuvre à Cap Cameroun et Kribi, l'ampleur de l'érosion actuelle et les défaillances observées dans les stratégies locales et étatiques de gestion. Nous nous appuyons sur les SIG et la Télédétection pour quantifier/cartographier/spatialiser l'ampleur de l'érosion côtière et les projections futures. Les mesures locales et étatiques actuelles de gestion de l'érosion côtière et leur

faiblesse seront analysées afin de proposer des mesures à envisager pour une adaptation durable.

III.3. Hypothèses

Nous postulons que les espaces littoraux étudiés sont en proie à un recul considérable du trait de côte et mettent à mal les populations et les écosystèmes. Les outils d'observation de la terre couplés aux données de politique publique et locale pourraient permettre une bonne compréhension et gestion du phénomène. Nos hypothèses de recherche secondaires sont :

- Plusieurs facteurs à la fois naturels (dynamique marine) et anthropiques sous-tendent la multiplication l'intensification de l'érosion côtière à Cap Cameroun et à Kribi ;
- La télédétection et les SIG peuvent jouer un rôle déterminant dans la quantification et la cartographie de l'érosion côtière à Cap Cameroun et à Kribi ;
- Les stratégies actuelles (locales et étatiques) de gestion de ces risques ne sont pas efficaces et nécessitent une réorientation.

III- CADRE CONCEPTUEL ET THEORIQUE DES RISQUES

III.1. Cadre conceptuel

Étymologiquement, le mot risque dérive du latin « *rescum* » qui signifie « *couper* ». Dans le domaine de la navigation maritime, il désigne « l'écueil qui menace les navires ». Il s'agit donc d'un danger plus ou moins prévisible pouvant occasionner des dommages qui peuvent être humains économiques ou environnementaux. Les risques peuvent être de plusieurs ordres. On distingue généralement les risques technologiques (explosion d'une centrale nucléaire), les risques sanitaires (épidémies), les risques urbains (embouteillages) et les risques naturels (inondation, érosion, séismes, glissements de terrain...).

Selon Tchindjang (2012), le risque est la confrontation d'un aléa (phénomène naturel dangereux) et d'une zone géographique où existent des enjeux qui peuvent être humains, économiques ou environnementaux. En clair, c'est la probabilité d'occurrence d'un aléa ou d'un événement non souhaité. Le tableau 1 ci-contre est une synthèse conceptuelle des risques.

Tableau 1 : synthèse conceptuelle des risques.

CONCEPT	Dimensions	Variables	Indicateurs
RISQUES	Naturels	Géomorphologique (glissement de terrain, affaissement, effondrement, basculement,...) Géologique (Volcanisme, séisme, tsunamis) Hydro climatique (inondation, sécheresse, vents violents, Forte précipitation, érosion côtière, cyclone, foudre, chute de météorites...) Biogéo-climatique (Invasion biologique, les épidémies)	– Détachement des blocs de terre sur les flancs, -des maisons englouties, - Coulées de laves - vibration du sol - Dévastation des cultures - Destruction des toits des maisons - des hectares de terrain dévastés
	Technologiques/Industrielles	Marée noire, pollution industrielle, incendie, catastrophes nucléaires	– déversement des hydrocarbures en mer - pollution de l'aire, sol, eau...
	Sociopolitiques	Terrorisme ; guerre ; conflit, corruption, crise économique, génocide, préjugés, tribalisme, gouvernance, populisme, la famine...	- Guerres civiles, – mal et sous-alimentation - haine tribale - pendaisons
	Individuel	Suicides, Chutes ; accident de voiture et d'avion	- accident de circulation, - faux pas

Source : adapté de Brunet, 2019

Selon l'organisation mondiale de la météorologie (OMM), on entend par risque naturel un phénomène naturel violent ou extrême, d'origine météorologique ou climatique, qui peut se déclencher en n'importe quel point de la planète, sachant que certaines régions sont plus exposées que d'autres à tel ou tel risque. Lorsque des vies et des moyens d'existence sont détruits, on parle de catastrophe naturelle. Or les pertes en vies humaines et les dégâts matériels causés par ce type de catastrophes constituent un obstacle majeur au développement durable. Il nous est aujourd'hui possible de protéger la vie et les biens en diffusant des prévisions et des avis fiables, sous une forme suffisamment claire, et en apprenant aux populations à se préparer à ces phénomènes pour limiter les risques de catastrophe.

Pour la **Commission interministérielle de l'évaluation des politiques publiques françaises**, c'est un événement dommageable, doté d'une certaine probabilité, conséquence d'un aléa survenant dans un milieu vulnérable. Le risque résulte donc, de la conjonction de l'aléa et d'un

enjeu, la vulnérabilité étant la mesure des dommages de toutes sortes rapportés à l'intensité de l'aléa. À cette définition technique du risque, doit être associée la notion d'acceptabilité pour y intégrer sa composante sociale.

En tant que tel, les risques naturels ne prennent leur véritable signification qu'en fonction des vulnérabilités créées par l'homme, soit en occupant les espaces non constructibles, ou alors en se livrant à de pratiques amplificatrices du risque. Un certain nombre de paramètres sont ainsi utilisés pour évaluer le risque : **Les dommages corporels** (nombre de décès, de déplacés, de sans-abris, de traumatisés...); **Les dommages structurels** (nombre de bâtiments détruits, de routes, de ponts...); **Les dommages fonctionnels** (nombre d'équipements socio collectifs à caractères publics détruits)

La mission d'inspection spécialisée de l'environnement en France (MISE) a établi en 1999 une échelle de gravité des dommages en fonction des incidences (Tableau 2).

Tableau 2 : Classification des incidents et dommages en fonction de leur coût

Classe	Dommages humains	Dommages matériels
0 Incident	Aucun blessé	Moins de 0,30 M€ (moins de 2 MF)
1 Accident	1 ou plusieurs blessés	Entre 0,3 M€ et 3 M € (entre 2 MF et 20 MF)
2 Accident grave	1 à 9 morts	Entre 3 M€ et 30 M€ (entre 20 MF et 200 MF)
3 Accident très grave	10 à 99 morts	Entre 30 M€ et 300 M€ (entre 200 MF et 2GF)
4 Catastrophe	100 à 999 morts	Entre 300 M€ et 3 € (entre 2 MF et 20 GF)
5 Catastrophe majeure	1 000 morts ou plus	3 g€ ou plus (20 GF ou plus)

Source : Mission française d'inspection spécialisée de l'environnement, 1999

Pour ce qui est des risques naturels qui font partie de cette recherche, le tableau 3 ci-contre est une synthèse de définition.

Tableau 3 : Synthèse des définitions des définitions du risque

Auteur (s)	Définition du risque
Smith, 1996 (p5)	Probabilité x pertes (probabilité d'une occurrence de danger spécifique) Danger = menace potentielle
GIEC, 2001 (p21)	Fonction de probabilité et ampleur des différents impacts
Morgan et Henrion, 1990 (p1) /	Random House, 1966 « Le risque implique l'exposition à un risque de blessure ou de perte».
Adams, 1995 (p8)	« une mesure composée combinant la probabilité et l'ampleur d'un effet négatif »
Jones et Boer, 2003 ; (aussi Helm, 1996)	Probabilité x conséquences Danger : événement pouvant causer des dommages, par ex. les cyclones tropicaux, les sécheresses, les inondations ou les conditions conduisant à une épidémie d'organismes pathogènes

Downing et al. 2001	Pertes attendues (en vies humaines, personnes blessées, biens endommagés et activité économique perturbée) en raison d'un danger particulier pour une zone et une période de référence donnée Danger : événement menaçant ou probabilité d'apparition d'un phénomène potentiellement dommageable dans une période donnée et dans une zone donnée.
Downing et al. 2001	Probabilité de survenue d'un danger Danger = menace potentielle pour les humains et leur bien-être
Chrichton, 1999	« Le risque » est la probabilité d'une perte et dépend de trois éléments : danger, vulnérabilité et exposition. »
Stenchion, 1997 compte la vulnérabilité à ce danger».	«Le risque pourrait être simplement défini comme la probabilité qu'un événement indésirable se produise [mais pourrait] être mieux décrit comme la probabilité qu'un danger contribue à une catastrophe... il est important de prendre en compte la vulnérabilité au risque
UNDHA, 1992	«Pertes prévues (de vies humaines, de personnes blessées, de dommages à la propriété et d'activité économique perturbée) en raison d'un danger particulier pour une zone et une période de référence données. Sur la base de calculs mathématiques, le risque est le produit du risque et de la vulnérabilité ».

Source : Chrichton (1999), Stenchion (1997) et UNDHA (1992) sont extraites d'un tableau similaire de Kelman (2003).

Érosion côtière

L'érosion regroupe l'ensemble des phénomènes qui contribuent, sous l'action d'un agent d'érosion (notamment l'eau), à modifier les formes de relief (FAO, 1994). L'érosion est aussi définie comme étant un processus physique, chimique, naturel par lequel le sol et les roches de la croûte terrestre sont continuellement soumis à une abrasion et à une corrosion (Georges et al., 2008)

Ce phénomène constitue une menace sérieuse pour les biens, la population et l'environnement. Il est donc préalablement nécessaire de l'étudier, de présenter ses facteurs, ses conséquences ainsi que la politique de lutte contre l'érosion dans la localité de Cap Cameroun.

Gestion des risques

On peut entendre par gestion des risques un ensemble de mesures, de politiques et de stratégies élaborées pas des acteurs pour faire face aux effets néfastes d'un risque, qu'il soit d'origine naturelle, technologique ou industrielle.

Brunet & Shiffino (2019) présentent un modèle classique d'analyse du risque qui intègre quatre (04) composantes dont la gestion:

➤ **L'identification** : il est question ici de déterminer le type de risque à prendre en compte. Cette étape s'avère cruciale dans la mesure où elle permet de faire une discrimination des risques et ne prendre en compte que ceux jugés plus dangereux ou alors dignes de s'y attarder. Cette identification repose exclusivement sur les connaissances scientifiques et est plus utilisée dans le secteur industriel.

➤ **L'évaluation du risque** : elle procède de deux manières : il y a une évaluation qualitative qui demande que le risque soit traité du point de vue de sa nature et de la gravité de ses dégâts. Enfin une analyse quantitative qui s'intéresse à la probabilité d'occurrence du risque et à la gravité de ses dégâts.

➤ **La gestion du risque** : il est question ici d'envisager une série de mesures s'inscrivant dans trois (03) mesures distinctes : la précaution, la prévention et la planification d'urgence.

➤ **La communication** : elle se fait avec les populations cibles et de façon unidirectionnelle. En clair, les autorités vont vers les populations pour leur informer et sensibiliser par rapport au risque.

Ce modèle classique présente des limites et doit être complété. Ainsi, Bair et Muselle (2019) montrent la place des compétences communales, de la législation et des institutions publiques dans la gestion des situations de crise. De même, Ozer (2019) dans son analyse du concept de risques naturels montre que la gestion des risques est plus calamiteuse dans les pays en voie de développement, où la tranche importante de la population vit avec moins de 2 \$ par jour, et la forte vulnérabilité des populations apparaît comme le principal facteur amplificateur. Ce modèle classique pêche aussi en n'incluant pas le mécanisme de feedback entre les différentes composantes du modèle. Une bonne gestion passerait par l'adoption d'un modèle intégré afin de mieux gérer les risques complexes (Renn et Klinke, 2004).

III.2. Cadres théoriques

Il y a trois grands cadres théoriques :

La théorie de la « réciprocité » ou de la « complexité » (Hilhost, 2004 ; Magnan, 2009) stipule qu'il faut, dans l'analyse de la vulnérabilité ou un aléa en zone côtière, mettre en évidence des processus physiques et humains, rappelant que si l'aléa exerce une influence directe sur le fonctionnement de la société, les activités humaines ont en retour un impact sur la probabilité qu'un aléa se déclenche, autrement dit sur la survenue d'une catastrophe. **La théorie de la tragédie des biens communaux (Garret Hardin, 1968)** postule que, lorsqu'une ressource est ouverte et accessible à tous, ipso facto, il s'installe une compétition pour y accéder. Chacun, en fonction de ses forces et de ses potentialités, se taille une partie de

ladite ressource. L'effet induit ici, pour ce qui est de la mangrove, est la déforestation et la dégradation. Cette théorie est d'autant plus réaliste que la zone côtière camerounaise est une parfaite illustration.

La Théorie de la gestion sociale des écosystèmes, des ressources et de l'environnement (AgroParis Tech, 2016) Cette théorie prétend qu'un écosystème qui se dégrade, une espèce en voie de disparition, une nappe phréatique polluée et chaque problème environnemental trouve son fondement dans un système social d'action dont l'organisation (perçue ou non) cause cette dégradation. Elle cherche donc à mettre l'analyste ou le chercheur sur la problématique de la « recherche environnementale sur la société ». Cette théorie trouve sa pertinence dans le fait que l'environnement est statique, du point de vue physique et que l'homme est le principal moteur des mutations qui s'y opèrent.

IV- PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

IV.1. Le littoral Camerounais

D'après le « profil côtier du Cameroun » élaboré par l'ancien Ministère de l'environnement et des forêts, et l'Organisation des Nations unies pour le développement industriel (ONUDI) dans le cadre du projet Grand Écosystème Marin du Golfe de Guinée, la zone côtière est définie comme la zone s'étendant depuis le niveau de la plus haute marée jusqu'à 60 km à l'intérieur des terres. Les zones côtières sont aussi comprises comme des milieux humides qui s'étendent jusqu'à 6 mètres en profondeur dans la mer. Dans l'ensemble, le linéaire côtier camerounais est estimé à 360 km, quoique les auteurs ne s'entendent pas sur le découpage de l'ensemble de la côte camerounaise.

Selon Kramkimel et Bousquet (1987), la côte camerounaise dans son ensemble est subdivisée en quatre zones : (1) De Campo à l'embouchure du Nyong ; (2) Du fleuve Nyong à Limbé ; (3) De Limbé à Idénau ; (4) D'Idénau à la frontière du Nigéria. Le littoral camerounais se structure en quatre grands types de paysage (Serge Morin et Martin Kueté, 1989) comprenant : (1) Le boulevard kribien qui se situe entre le fleuve Ntem au Sud et Londji au Nord ; (2) Les côtes à restingas qui vont de Londji à la pointe de Malimba ; (3) Les estuaires à mangroves qui commencent de la Sanaga à la frontière nigériane ; (4) Les rivages du mont Cameroun entre Limbé et Idénau. Pour Hiro (1977), le littoral camerounais peut être divisé en trois grands ensembles physiologiques : (1) Les côtes rocheuses et à falaises des abords du mont Cameroun (60 km) ; (2) Les côtes basses aux formations sédimentaires

(tertiaires et quaternaires) (220 km) ; elles s'organisent en deux sous-ensembles : (1) un secteur très monotone à chevron parallèle, allant des boucles de la Sanaga au Nord de Kribi et en secteur irrégulier, à mangroves partant de l'embouchure de la Sanaga à l'estuaire du Wouri ; (2) Les côtes rocheuses à plage étroites qui s'étirent sur 80 km au Nord de la ville de Kribi à Campo au Sud. En 2004, quatre secteurs subissant l'érosion côtière furent identifiés (Tchawa, 2014) : les zones de Mpalla, de Centre d'Accueil-Palm Beach, de Mbwambe-Lobe ; de Grand-Batanga à Eboundja.

IV.2. La bande kribienne.

La ville de Kribi s'étale sur deux communes à savoir la commune de Kribi 1^{er} et la commune de Kribi 2^{ème}. À l'origine, Kribi est habité par les Pygmées de la tribu Bagyeli. Son nom viendrait de l'appellation Kikiribi¹, telle que décrite dans le Plan Directeur d'Urbanisme (PDU) de la ville, défini par la Communauté Urbaine de Kribi (CUK, 2013). Kribi a été l'un des pôles de pénétration de la colonisation allemande vers l'intérieur du Cameroun à parti des années 1890 et c'est d'ailleurs avec celle-ci qu'a débuté son urbanisation. En dehors des Bagyeli, l'on y rencontre également les tribus Batanga et Mabi (MINHDU, 2014).

Sur le plan physique, le littoral kribien (figure 1) est non seulement constitué de roches sédimentaires, mais aussi de roches cristallophylliennes issues du complexe métamorphique de base (le gneiss, les micaschistes, les quartzites etc.), suivant le rapport du Ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et du Développement Durable (MINEPDED, 2009). D'après ce même rapport, Elle s'étale sur une plaine côtière de faible altitude, de moins de 100 mètres. Sa côte est par endroits sableuse, avec des sols issus de l'altération des roches et propices à l'agriculture. La partie proche de l'océan Atlantique présente les reliefs les plus faibles en altitudes (Figure 1b et 3).

¹ Nom donné par les Portugais aux Hommes de petite taille, caractéristiques des Bagyeli, peuple autochtone vivant en zone forestière.

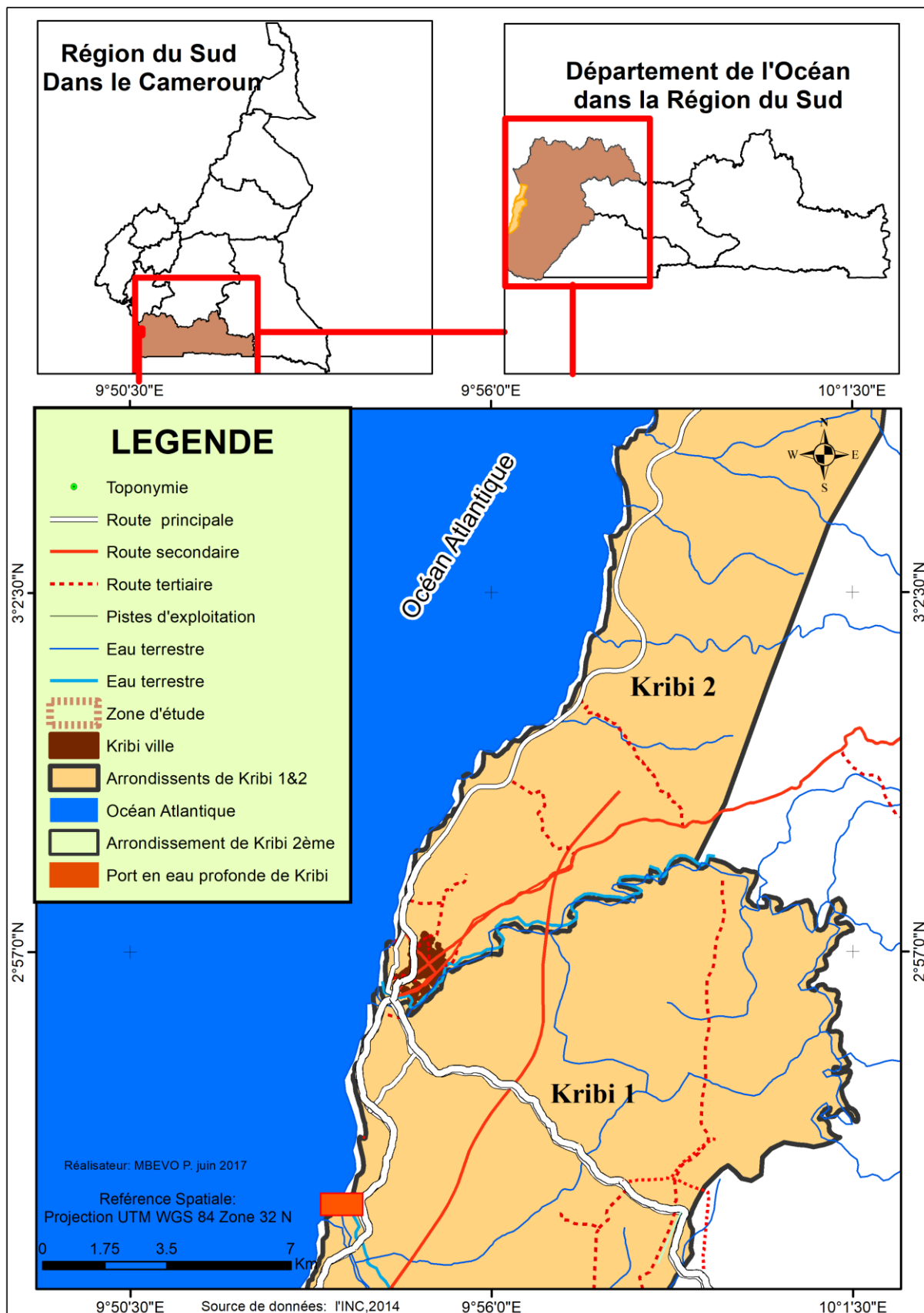


Figure 1a : Localisation de la zone d'étude (Kribi)

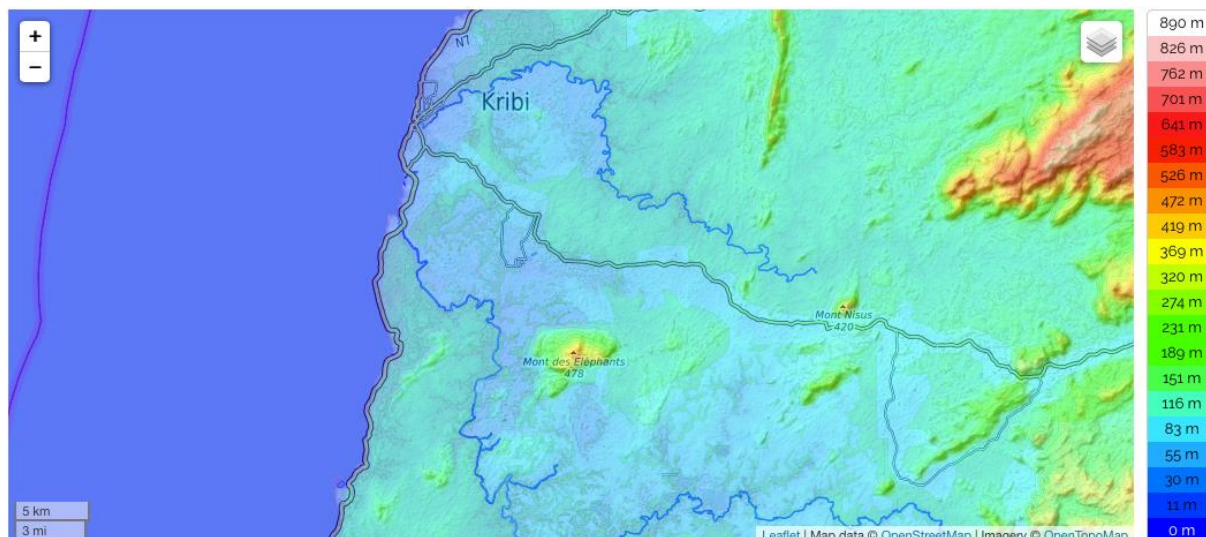


Figure 1b. Topographie autour de la ville de Kribi

La figure 2 est une image Google Earth de la ville de Kribi en date du 19/03/2018.



Figure 2 : Image Google Earth de la ville de Kribi en 2018

Kribi, chef-lieu du département de l'Océan, est une ville économique qui, de par sa localisation géographique, attire des populations et activités diverses. Elle a connu, au lendemain des indépendances, l'installation des agro-industries et par la suite l'avènement de grands projets économiques qui ont considérablement marqué le paysage. Entre 1984 et 2016, d'importantes transformations, tant du point de vue environnemental, social et même physique s'y sont opérées. **ONU HABITAT (2004)** montre que le littoral kribien fait

montre d'un paysage grouillant où règne une certaine cacophonie dans l'occupation du sol. Son développement fulgurant avec aménagements gigantesques qui porteraient atteinte à l'environnement côtier **Fangue et al. (non daté)**. Il y a une dégradation considérable du paysage qui trouve son fondement dans la contiguïté des différentes unités d'occupation et d'utilisation des terres et dans la non spécialisation des zones d'aménagement. L'absence ou alors la non application d'un schéma directeur de l'aménagement est pointé du doigt. **Tchawa & Tsobze, (2014)** ont établi plan d'aménagement et de gestion de la bande côtière Kribi-Campo dans un contexte marqué par la montée en puissance de l'industrie touristique. La bande côtière Kribi-Campo a une forte potentialité touristique (les plages sableuses, les chutes de la Lobé, les tortues marins à Ebodjé...) et nécessite une gestion intégrée, en concertation avec tous les parties prenantes. Ceci fait suite à l'arrêté N° 047/PM du 26/11/2001, créant le comité national de concertation pour le développement de l'écotourisme. Les aménagements inappropriés actuels sont à l'origine de nombreux bouleversements environnementaux dont l'érosion côtière. Elle se traduit par le recul du trait de côte, la destruction des infrastructures et le déficit sédimentaire. De plus, Kribi doit faire face à d'importants problèmes liés à une mauvaise gestion des déchets solides et liquides (**ONU HABITAT, 2004**). Il faudrait (1) aménager une autre décharge ainsi que des caniveaux pour le drainage des eaux pluviales, (2) trouver une solution au risque de pollution du château d'eau servant à l'approvisionnement de la cité. La population, les ONG ainsi que les élites participent à l'amélioration de l'environnement, mais à un taux faible.

C'est face à cette situation que **Kuété et Assongmo (2002)** dénoncent un développement contre Environnement dans la région de Kribi. L'avenir des écosystèmes littoraux, la sauvegarde de la biodiversité et la préservation des paysages naturels ont ainsi à faire face à une convoitise et une pression urbaine fortes. De plus, les investissements réalisés doivent aussi résister à l'érosion côtière. La zone exploitée est une bande de 100 m de large à partir de la ligne de rivage où se succèdent falaises rocheuses et côtes basses. Les falaises rocheuses sont composées de quartzites, très faillés et prismés en colonnes verticales, et de roches migmatitiques. Mais en raison d'un relief accidenté, de risques d'éboulements et de sols sableux, elles ont été jusqu'à ce jour peu sollicitées et portent encore une forêt primaire ripicole. Les côtes basses sont plus exploitées et les acteurs fonciers qui y opèrent sont peu soucieux de l'environnement. Que ce soit les multi nationaux, les personnalités nationales (35%) les sociétés confessionnelles (95%), les expatriés, la bourgeoisie locale (5%), le marché, la responsabilité est commune.

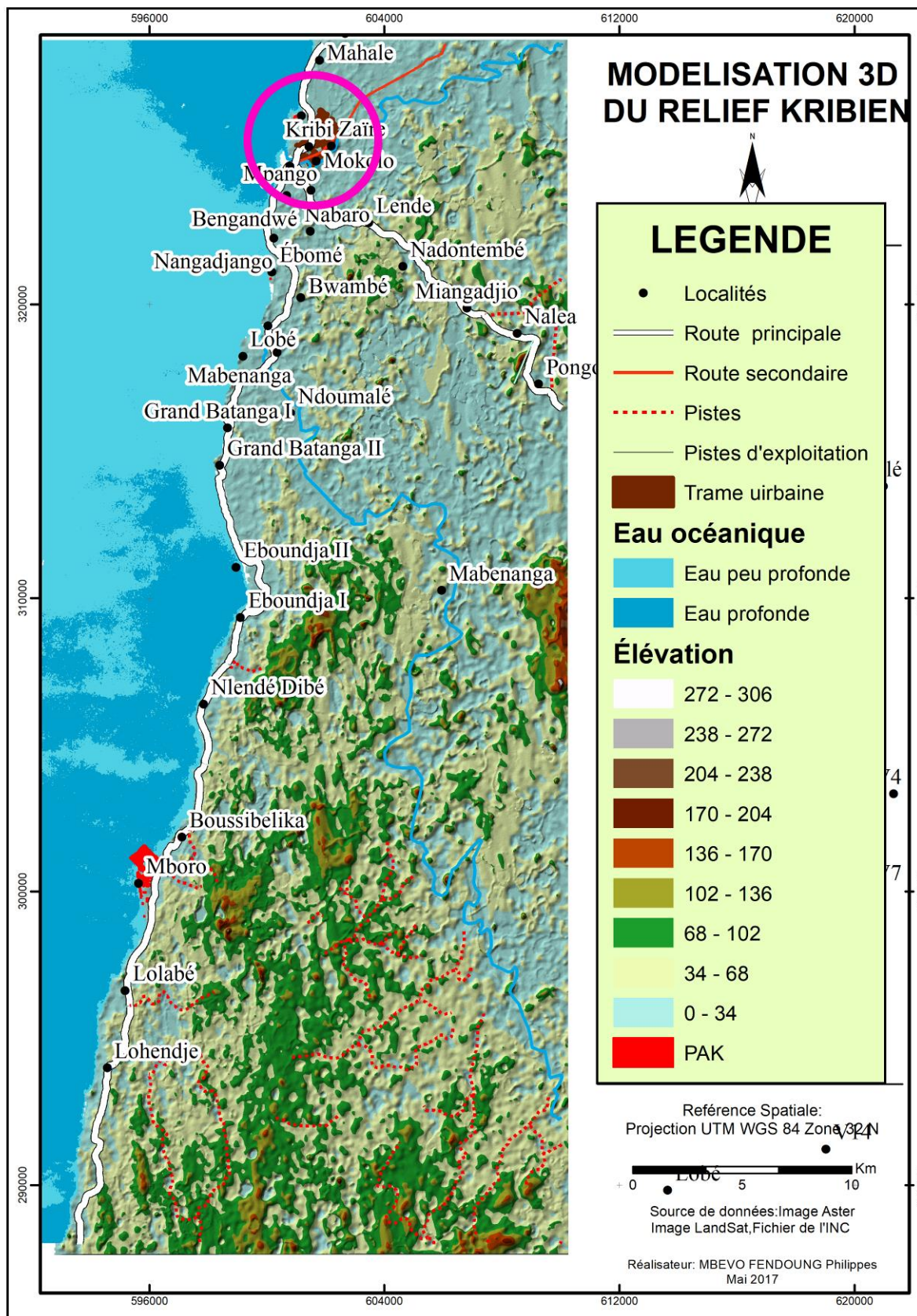


Figure 3 Représentation 3D du relief kribien

Le tableau 4 présente une synthèse des problèmes environnementaux.

Tableau 4 problèmes environnementaux sur le littoral kribien

Types	Localisation	Causes	Conséquences
Érosion côtière	Divers points du rivage	Dynamique naturelle, déforestation, aménagement au front de mer, carrières de sable	Recul du trait de côte, destruction des infrastructures.
Inondation	Front de mer, vallée des cours d'eau, de la côte	Phénomènes naturels paroxysmiques, élévation du niveau de la mer, occupation des zones à risque (front de mer, vallées).	Déstabilisation des écosystèmes, Dégâts matériels
Pollutions humaines	Proximité des foyers de peuplement	Assainissement, Us et coutumes, mauvaise localisation	Dégradation de la qualité de l'eau, souillure du rivage, baisse de la fréquentation.
Pollutions chimiques	Cours d'eau côtiers, embouchures	Déversement des produits toxiques, rejets d'hydrocarbures	Destruction de la biodiversité, pathologies diverses, empoisonnement et décès.
Surpêche	Embouchure (frayères)	Non-respect de la réglementation, textes obsolètes, matériel de pêche non réglementaire	Réduction des quantités de prise par les pêcheurs locaux, baisse des taux de reproduction.

Source : Adapté de la Tchawa, (2014).

IV.3. Présentation de l'estuaire de Wouri et de Cap Cameroun

L'estuaire de Wouri est espace occupé de part et d'autres par une large forêt de mangrove dont la plus importante fait l'objet d'une haute valeur de conservation. Il s'agit du parc national Douala-Edéa et de la réserve de Mabé. Zone à écologie fragile, il abrite une biodiversité luxuriante mais également fait l'objet de plusieurs convoitises. Des auteurs s'y sont intéressés, chacun l'abordant sous un angle défini par sa spécialisation (géographe, botaniste, écologiste, stratège, environnementaliste...).

Dzalla Ngangué G.C. (2013) fait état de la forte pression anthropique sur cet écosystème qui a causé des impacts considérables sur la biodiversité spécifique et sur les populations locales ayant généralement un bas niveau de vie. Les mangroves de Douala sont fortement exploitées (**Din et al., 2008**) par les populations locales travers les activités de pêches, la chasse et l'exploitation forestière pour le bois de chauffage et le charbon de bois. Cette exploitation est principalement le fait de bucherons qui sont des travailleurs permanents qui n'envisagent pas de quitter ce mode d'emploi (**Din et al., 2008**). Ainsi 1000 ha sont détruits annuellement, dont environ 200 000 Rhizophora abattus par an. Les revenus déclarés sont d'environ 400 000 euros par an, mais le revenu annuel total pourrait atteindre un montant à quatre millions d'euros. Même dans les réserves comme celle de Mabe dans l'estuaire, a subi une dégradation totale de 13% en 28 ans, soit une perte annuelle de 0,48% (**Mbevo et al., 017**). Cette diminution des superficies agit sur les services écosystémiques rendus par la mangrove, en

réduisant sa capacité de stock du carbone, la disponibilité des produits forestiers non-ligneux (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. Une autre problématique dans des zones à mangroves, est que le cadre réglementaire et le statut juridique ne sont pas précis sur les modalités d'occupation et d'exploitation des ressources de cet écosystème pourtant vulnérable (**Dzalla Ngangué, 2013**). Les différents acteurs (l'État, la Communauté Urbaine de Douala (CUD), le Port Autonome de Douala (PAD)), les communautés Douala, au lieu de se concerter, se livrent à des rivalités d'accès et de contrôle des ressources de cet espace littoral et envisagent de grands projets consommateurs d'espace.

Les changements climatiques exacerbent le processus de dégradation des mangroves intertidales, en particulier l'élévation relative du niveau de la mer (**Joanna et Zouh, 2012**). Ils montrent que plus de deux tiers des rives des mangroves ont subi un démaigrissement allant jusqu'à 3 m par an au cours des trois dernières décennies, et une île de mangrove située au large des côtes avait souffert de 89% perte. Les taux de sédimentation nets dans les mangroves situées au bord de la mer sont faibles, et des altitudes intertidales restreintes de toutes les mangroves et celles d'*Avicennia* et *Laguncularia* en particulier. Cette diminution des surfaces de mangroves affecte la capacité de ces écosystèmes à séquestrer le carbone et donc, à contribuer à la régulation du climat global. **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. **Gordon Nwutih et al. (2014)** font une évaluation semblable. Le *Rhizophora racemosa*, l'espèce dominante en Afrique centrale a volume sur pied est compris entre 213 m³/ ha jusqu'à 428m³/ha au Cameroun, soit des valeurs de biomasse aérienne de 251 et 505 mg / ha, respectivement. Avec les bois morts, la biomasse totale de la végétation variait d'un minimum de 394 mg / ha en RDC à un maximum de 825 mg / ha au Cameroun.

Au niveau de l'estuaire, une activité anthropique non encore décrite est le dragage qui est effectué pour accéder au port autonome de Douala (PAD) et maintenir une la cote requise de 6 à 7 m. Lors de la **8^{ème} Conférence CHAtO (26 - 29 OCTOBRE 2004)**, le PAD a expliqué la nécessité de dragage régulier du chenal du port long d'environ 50 km dont la partie extérieure présente des fonds naturels de 8 m et la partie intérieure des fonds naturels de 4 m qu'il faut draguer. Ces opérations de dragage à répétition créent des déficits sédimentaires qui sont compensés par une érosion in situ. Cap Cameroun apparait comme la principale cible de cette érosion.

Cap Cameroun est situé dans l'île de Manoka, arrondissement de Douala VIème aux coordonnées 9° 28' 00" & 9° 28' 30" N, puis, 3° 54' 20" & 3° 54' 40" E (Figure 4). Sa superficie actuelle est estimée à environ 20,78 ha. Cap Cameroun possède une population totale de plus de 4000 habitants pour 455 ménages (BUCREP, 2015). L'essentiel de cette population est constituée de communautés de pêcheurs venant du Nigeria et qui représente plus de 80 % du total (Mbevo, 2019).

Du point de vue géomorphologique, Cap Cameroun est situé sur les côtes meubles basses qui s'étendent sur au moins 220 km et qui s'étale de l'embouchure du fleuve Sanaga à l'estuaire du Wouri. Ce type de relief est relativement vulnérable à l'érosion côtière orchestrée par des courants de dérive littorale (qui traversent les côtes camerounaises du Sud vers le Nord) responsables de la distribution des sédiments et assurant la circulation des eaux côtières (Belzile, 2008). La dérive littorale est donc la principale cause du transit sédimentaire sur la côte et sa vitesse varie entre 60 et 80 cm/s. Selon Barusseau, (1985) « une vitesse de 20 cm/s est nécessaire pour déterminer un transit ». Sa compétence est très souvent renforcée par la marée (figure 4).

Mbevo (2016) procède à une analyse de la vulnérabilité et des stratégies locales d'adaptation aux changements climatiques à Cap Cameroun. Il montre que ce territoire est en proie à un phénomène intense érosion côtière et d'inondation. Les pertes en terre sont estimées à plus de 103 ha entre 1986 et 2014. et génèrent la destruction des habitations, le déplacement de populations et l'envahissement des maisons par les eaux à marée montante. Les facteurs explicatifs de ce phénomène sont à la fois naturels (dynamique marine, l'action des courants marins, de la marée...) et anthropiques (pression sur la mangrove, croissance démographique, les aménagements portuaire à Douala...). Les stratégies locales d'adaptation y sont inefficaces. Cette étude est complétée par **Fossi Fotsi et al. (2018)** qui montrent que le trait de côte des zones de mangrove de l'estuaire du Wouri (Cameroun) a connu un recul d'environ 3m par an au cours des trois dernières décennies et que l'île de Cap Cameroun aurait subi 89% de perte. Les variations observées témoignent d'une érosion sur le littoral à un rythme moyen de 3.61 ± 0.74 m/an entre 1949 et 1996 et de 6.47 ± 2.40 m/an entre 1996 et 2011. Un doublement de l'érosion littorale observé entre le milieu du 20^{ème} siècle et le début du 21^{ème} siècle semble lié à la fois aux activités anthropiques et aux incidences du changement climatique.

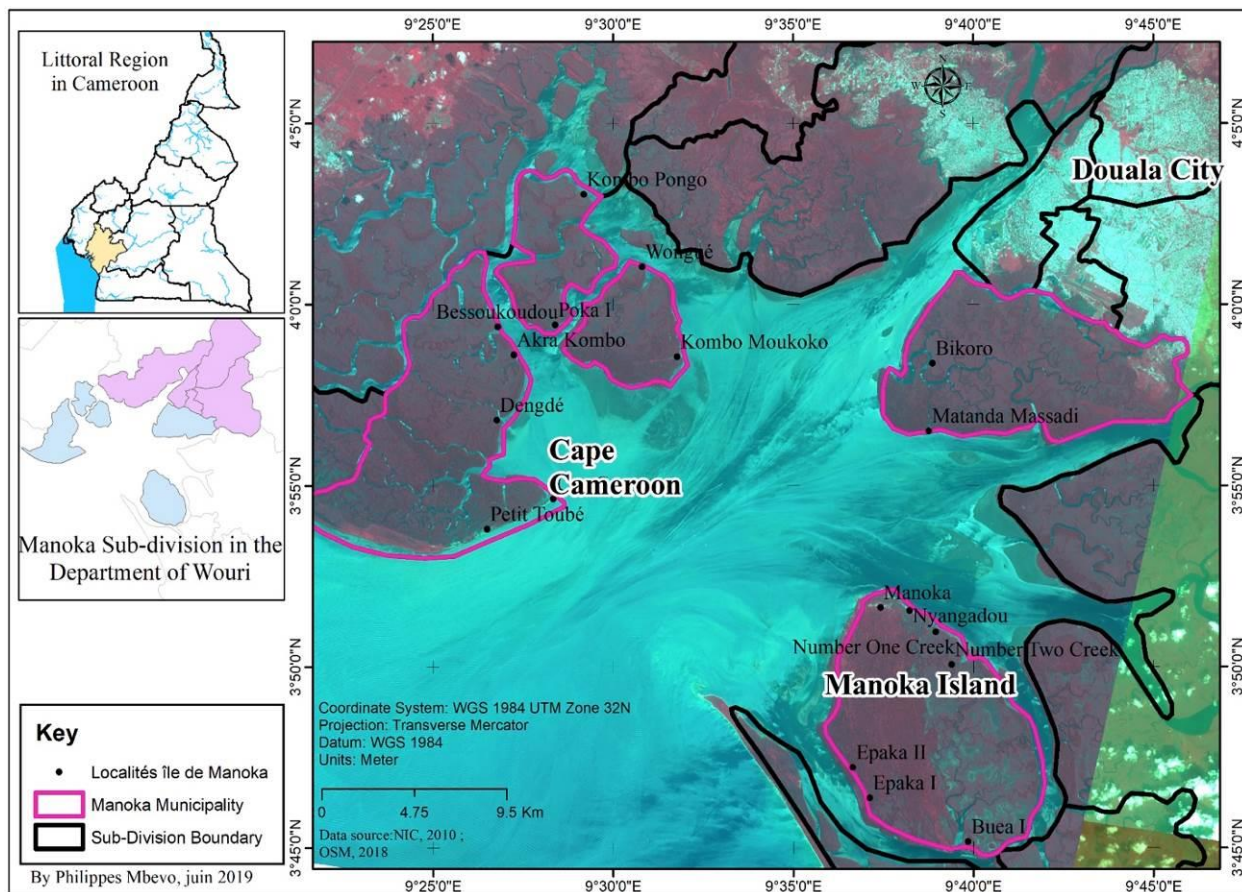


Figure 4 : Localisation de la zone d'étude. Source des données : INC, (2014) ; image Spot 5 (2010)

Cap Cameroun est une zone de pêche très active. Cette activité a un impact important sur la dégradation et la destruction de la mangrove pour le fumage du poisson, la construction des logements, le bois d'œuvre et de chauffe (Planche Photo 1).



Planche photo 1 : usage de la mangrove à Cap Cameroun. (Cliché : Mbevo, 2014)

Cap Cameroun présente également une importante richesse halieutique (Planche photo 2)



Planche photo 2 : Richesse halieutique de Cap Cameroun (cliché : Mbevo 2014)

Cap Cameroun est un territoire isolé, et dépend entièrement du transport en pirogue. Les services écosystémiques qu'offre cet écosystème (en péril) constituent un moyen de subsistance pour les populations riveraines (Ajonina et al. , 2015). Le flux des personnes et des marchandises est important et équivaut à un chiffre d'affaires de 12 252 600 F CFA (24 505 USD)/pirogue/an à Youpwè et 3 896 286 F CFA (7 792 USD)/pirogue/an à Akwa-Nord. La ligne Youpwé-Cap Cameroun reste l'une des plus prisées, avec en moyenne 19 passagers par pirogue par voyage et 32 539 FCFA par voyage par pirogue. Le nombre de pirogue augmente. Cette multiplication rime avec la destruction du bois de mangrove qui constitue la matière première. De même, des déversements des huiles de moteur dans la mer sont signalés, au même titre que le carburant

V- DONNEES ET METHODES

V.1. Collecte des données

Les données primaires collectées comprennent : Les observations sur le terrain (pour dénicher les indices terrestres de l'érosion côtière) ; Le témoignage des personnes ayant longtemps vécu sur l'espace intertidal ; Les images satellites (utilisées pour apprécier la dynamique de l'occupation du sol et l'extraction des différents traits de côte) à partir des

images Landsat de 1973, 1986, 2000, 2004, 2016, 2017 comparés avec les images de Google Earth pouvant renseigner sur la croissance urbaine de la ville de Douala et son aire métropolitaine ; des relevés de la station météorologique de Kribi, Douala, Edéa, Tiko, Limbé concernent les hauteurs pluviométriques annuelles et les températures minimales et maximales mensuelles pour la période 1951-2010 ; les données démographiques des deux localités (recensement de 1976, 1987 et 2005 pour Kribi); les données concernant les marées provenant des marégraphes de Cap Cameroun et de Kribi et disponible sur internet (<https://marespeche.com/af/cameroon/cap-cameroon>). Elles couvrent la période allant de 2010 à 2017 (figure 5).

Il est question de ressortir et analyser les facteurs endogènes (terrestres) et exogènes (marine, climatiques) de l'érosion côtière à Cap Cameroun et à Kribi.

Les données secondaires rassemblées comprennent des données de politiques publiques de gestion des risques au Cameroun ; les projets d'aménagement en cours ou à venir sur le littoral camerounais ; Les données issues de la littérature existante, disponibles sur internet, dans les bibliothèques (bibliothèque de l'Université de Liège, de Yaoundé 1, de Douala, de la Direction de la Protection Civile, et de la MEAO...)

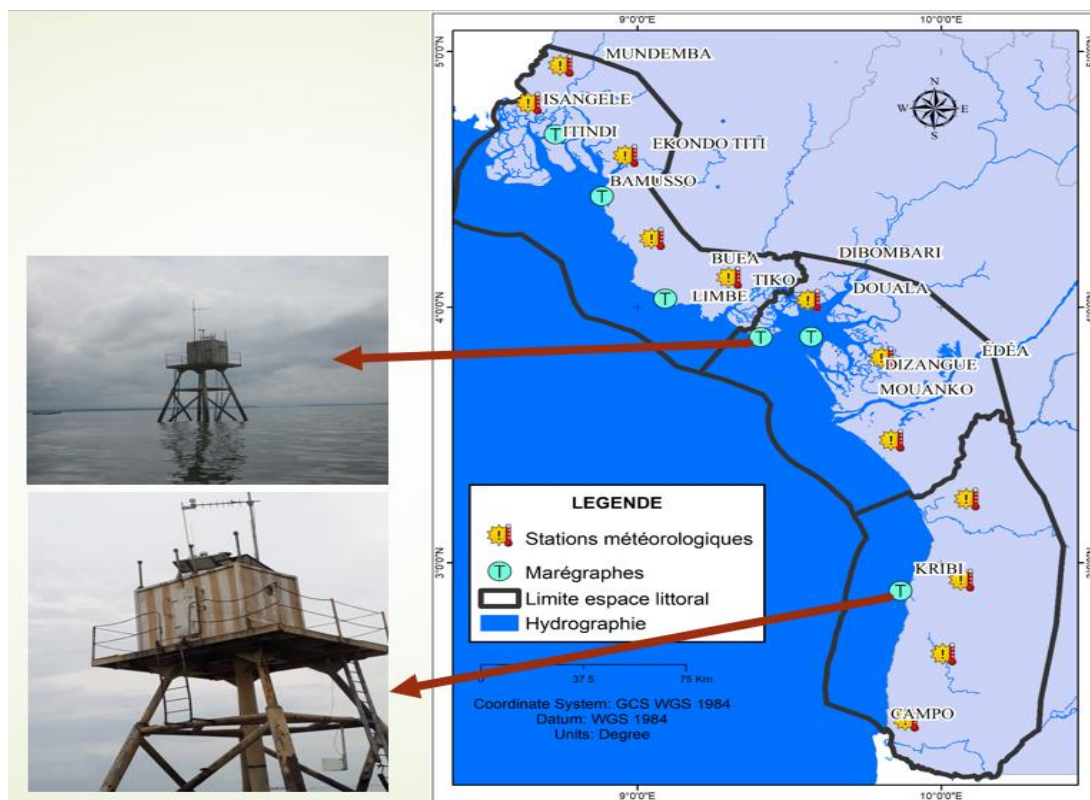


Figure 5 : Marégraphes sur le littoral camerounais

V.2. Traitement des données

V.2.1. Traitement des données climatiques

L'analyse passe par : le calcul de l'écart-type (voir appendice 1), indicateur de la variabilité, celui de la variable centrée réduite (VCR), qui permet de tracer les différentes courbes de tendance, le calcul du coefficient de variation ou covariance (cv), et celui coefficient d'irrégularité (voir Annexe 5)

V.2.2. Cartographie de l'occupation du sol

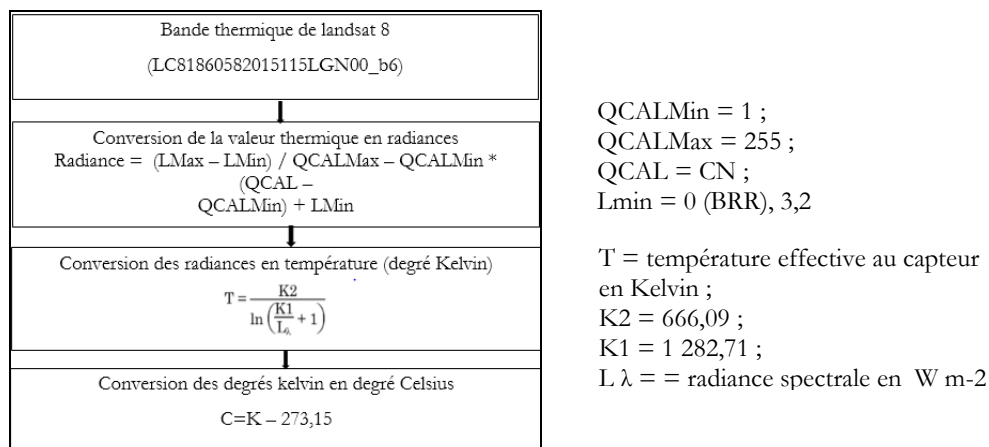
Elle s'appuie le traitement des images Landsat des années 1973, 1986, 1984, 2000, 2016, 2017. Il va de l'acquisition des images des images à la production des cartes d'occupation du sol, en passant par la classification. L'algorithme de classification utilisé est celui de maximum de vraisemblance. L'intervalle chronologique de la série d'images Landsat téléchargée s'étale de 1973 à 2017 (tableau 5) ; (voir annexe 5)

Tableau 5 : Caractéristiques des images traitées

Data	Path & Row	résolution	Code	Capteurs	Saisons	Buts
1973/02/01	LM01_L1TP_200 058	30 m	8 bits	Mss	Sèche	Extraction du trait de côte
1973/01/06	LM02_L1TP_200 057	30 m	8 bits	Mss	Sèche	Extraction du trait de côte
1973/11/27	LM03_L1TP_201 057	30 m	8 bits	Mss	Sèche	Extraction du trait de côte
1984/03/02	186 056	30 m	8 bit	TM	sèche	Classification (Kribi)
1986/12/12	LT05_L1TP_187057	30 m	8 bits	TM	Sèche	trait de côte &classification
1986/03/5	LT5 186 058	30 m	8 bits	TM	Sèche	trait de côte &classification
1986/02/9	LT5 186 057	30m	8 bits	TM	Sèche	trait de côte &classification
2000/11/6	LE7 186 057	30 m	8 bits	ETM	Sèche	trait de côte &classification
2000/3/5	LE7 187 057	30 m	8 bits	ETM	Sèche	trait de côte &classification
2000/1/16	LE7 186 058	30 m	8 bits	ETM	Sèche	trait de côte &classification
2004/02/01	LE7 186 056	30 m	8 bits	ETM	Sèche	Classification (Kribi)
2016/02/21	LC08 187 057	30/15 m	16 bits	L8	Sèche	classification
2016/03/31	LC08 187 056	30/15 m	16 bits	L8	Sèche	Classification (Kribi)
2017/1/15	LC8 186 058	30/15 m	16 bits	L8	Sèche	Extraction du trait de côte
2017/12/20	LC08 187 057	30/15 m	16 bits	L8	Sèche	Extraction du trait de côte
2017/12/27	LC08 186 057	30/15 m	16 bits	L8	Sèche	Extraction du trait de côte

V.2.3. Modélisation des températures en 2015 à partir de la bande thermique de Landsat 8 pour Kribi

Cette modélisation vient compléter l'analyse des données issues des stations terrestres. Il est question de faire un rapprochement entre les données des deux sources (stationnaire et télédétection). Un certain nombre d'algorithmes est utilisé à l'aide du logiciel ArcGis 10.2, suivant la formule ci-dessous.



Cette modélisation est inspirée des travaux de Yang et al. (2004). Pour le capteur Landsat 8 dont il est question, seules les bandes 10 & 11 de 100 m de résolution chacune sont utilisées. Ces bandes sont de l'infrarouge thermique et renseignent sur la température de l'air au-dessus du point où la prise de vue est réalisée. Le traitement est fait sous ArcGis et le résultat est obtenu sous forme d'image multi spectrale dont la variation de couleur traduit les changements de températures à la surface (figure 32).

V.2.4. Cartographie de l'érosion côtière

Cette cartographie s'appuie sur le modèle Digital Shoreline Analyse System (DSAS), élaboré par Thieler et al. 2009.

V.2.4.1. Digitalisation du trait de côte et analyse sous DSAS

L'outil DSAS version 4.3 développé par USGS est une extension du logiciel ArcGIS. Elle permet d'évaluer l'évolution du littoral. Il existe quatre grandes étapes d'implémentation de DSAS : la première étape, une ligne de base est définie sous le format « shapefile » (*.shp) avec certains attributs (nom, type, et propriétés géographiques). Elle est créée du Nord au Sud presque parallèle à l'orientation générale de la côte, la localisation de la ligne de base est sur la terre. Elle est utilisée pour calculer la distance au trait de côte à chaque transect orthogonal. À la deuxième étape, une digitalisation d'une collection des lignes de rivage (1973, 1986, 2000 et 2017) issue des images Landsat et la ligne de base sont créées dans ArcGIS pour DSAS.

Une « Personal Geodatabase » (*.mdb) est établie en utilisant l’outil « ArcCatalog » dans ArcGIS pour chaque période. Les « Feature Class » (type de « Line Features ») de la ligne du rivage et la ligne de base sont créées dans chaque « Personal Geodatabase ». Toutes les positions du rivage pour chaque période spécifiée sont annexées à un « shapefile » unique.

V.2.4.2. Détermination de la ligne de Base (Baseline)

Nous avons utilisé la ligne de rivage de 1973 pour créer la Baseline. Vu qu’elle est mouvante à cause de la marée, nous avons généré un Buffer de 5 m autour de la ligne de 1973. Une fois établi, le Buffer est transformé en « polyligne ». Celui-ci est ensuite exporté vers le « géodatabase ». Ensuite les rebords orienté-terre de ce Buffer (pour les mouvements des lignes Offshore) et le rebord orienté-mer (pour les mouvements des lignes Offshore) est extrait. Cette baseline joue un rôle important dans les opérations de calcul dans DSAS (figure 6)

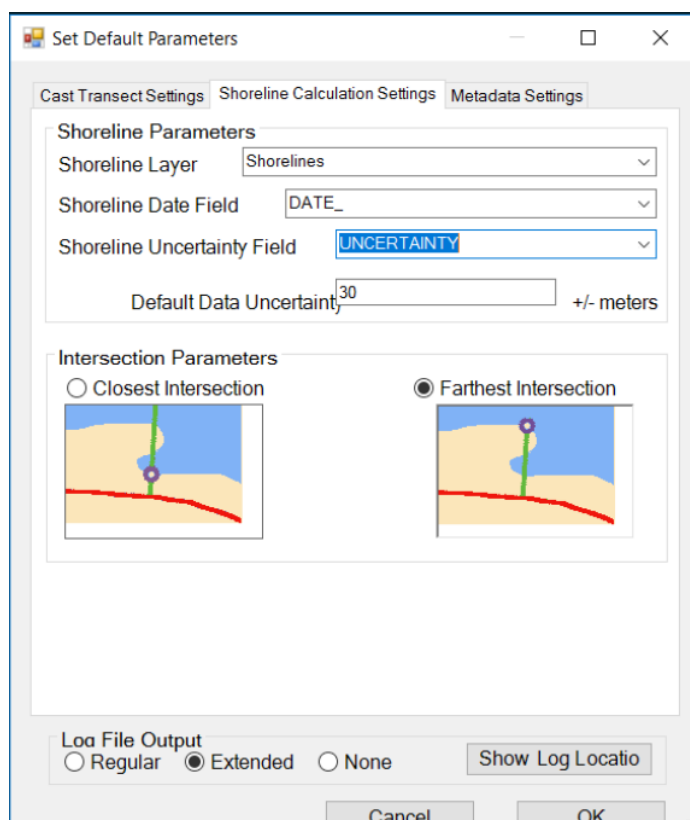


Figure 6 : place de la baseline dans la configuration des calculs DSAS)

Si un transect DSAS traverse plusieurs fois le même rivage, ce paramètre détermine quelle intersection est utilisée. Les options « Onshore » et « Offshore » de l’onglet Paramètres du rivage permettent à l’utilisateur de contrôler quelle intersection est utilisée pour l’analyse, si le transect rencontre plusieurs occurrences de la même date de rivage (figure 7).

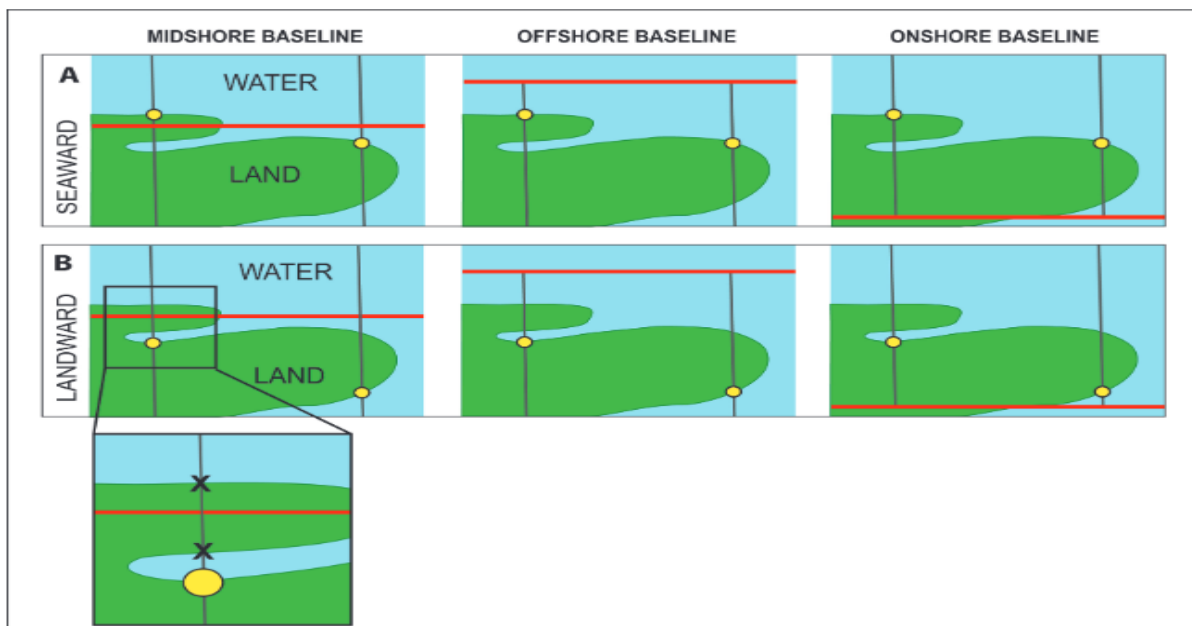


Figure 7 : Paramètres d'intersection (la ligne de base est en rouge, les transects en gris) affichant les options d'intersection du rivage (point jaune) sous la forme de A, en direction de la mer ou de B, vers la terre. Pour la sélection terrestre (B), seule la plus grande intersection (grand cercle jaune) est utilisée par le système numérique d'analyse des rives (DSAS) dans le calcul du taux; toutes les autres intersections (X) sont ignorées - voir encadré

V.2.4.3. Définition des transects

Dans une troisième étape, les transects orthogonaux sont générés à un espacement spécifié le long de la côte à l'aide de DSAS lorsque les « Personal geodatabase » sont prêtes dans ArcGIS. Ils sont engendrés de manière automatique par DSAS (Jamont, 2014). Ils sont équidistants et perpendiculaires à la ligne de base. Un total de 5828 transects orthogonaux est généré sur l'ensemble de l'estuaire du Wouri, et 962 au niveau de Kribi. L'espacement entre les transects est de 100 mètres. La longueur de des transects est de 1100 m (figure 8).

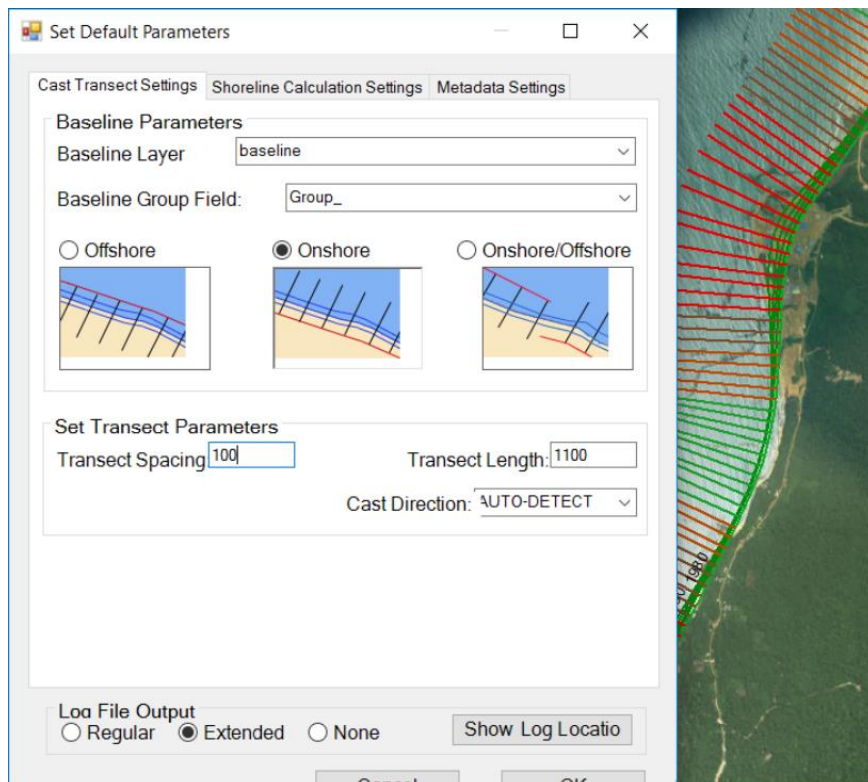


Figure 8 : configuration des transects sous DSAS

Dans la dernière étape, après la création des transects orthogonaux, DSAS calcule les changements globaux des positions du trait de côte. La vitesse annuelle de modifications du trait de côte est calculée pour chaque période, en utilisant les méthodes de l'End Point Rate (EPR) et Le coefficient de détermination (R^2) est calculé par DSAS. Le coefficient de détermination moyen est la moyenne de tous les coefficients de détermination à chaque transect. Les incertitudes de vitesse annuelle de variation en mètres par an sont les intervalles de confiance 95 % (LCI95 ou WCI95).

V.2.4.4. Définition Les calculs statistiques sous DSAS.

Il existe de nombreuses méthodes statistiques dans l'étude de l'évolution du rivage. Chaque méthode a des avantages et des inconvénients (Thieler *et al.*, 2005). DSAS utilise plusieurs techniques statistiques comparant les positions du trait de côte à travers le temps pour estimer l'évolution de la ligne de la côte (Jamont, 2014). Les principales méthodes utilisées dans DSAS pour cette étude sont décrites ci-dessous.

Mouvement net du trait de côte (NSM)

Le mouvement net de la ligne du rivage (Net Shoreline Movement) rapporte une distance, pas un taux. Il est associé avec les dates de seulement deux rives. Il rend compte de

la distance entre les plus anciennes et les plus jeunes rivages pour chaque transect (Oyedotun, 2014). Cela représente la distance totale entre l'ancienne et la plus récente des rives (Himmelstoss, 2009). Le changement global dans la position du trait de côte est estimé à l'aide de NSM (Oyedotun, 2014).

Méthode des points extrêmes (ERP)

La méthode des points extrêmes (End Point Rate) est la distance sur le transect entre deux traits de côte le plus récents et le plus ancien divisé par le nombre d'années séparant ces traits de côte (Himmelstoss *et al* 2009; Jamont, 2014).

$$R = D/T_e \quad (1)$$

Où R est la vitesse en mètres par an (m/an), D est la distance en mètres, et T_e est le laps de temps écoulé entre la plus ancienne et la plus récente ligne de la côte (ans). EPR fonctionne toujours bien même quand il s'agit seulement deux traits de côte utilisés pour analyser l'évolution (Thieler *et al.*, 2005) (figure 9).

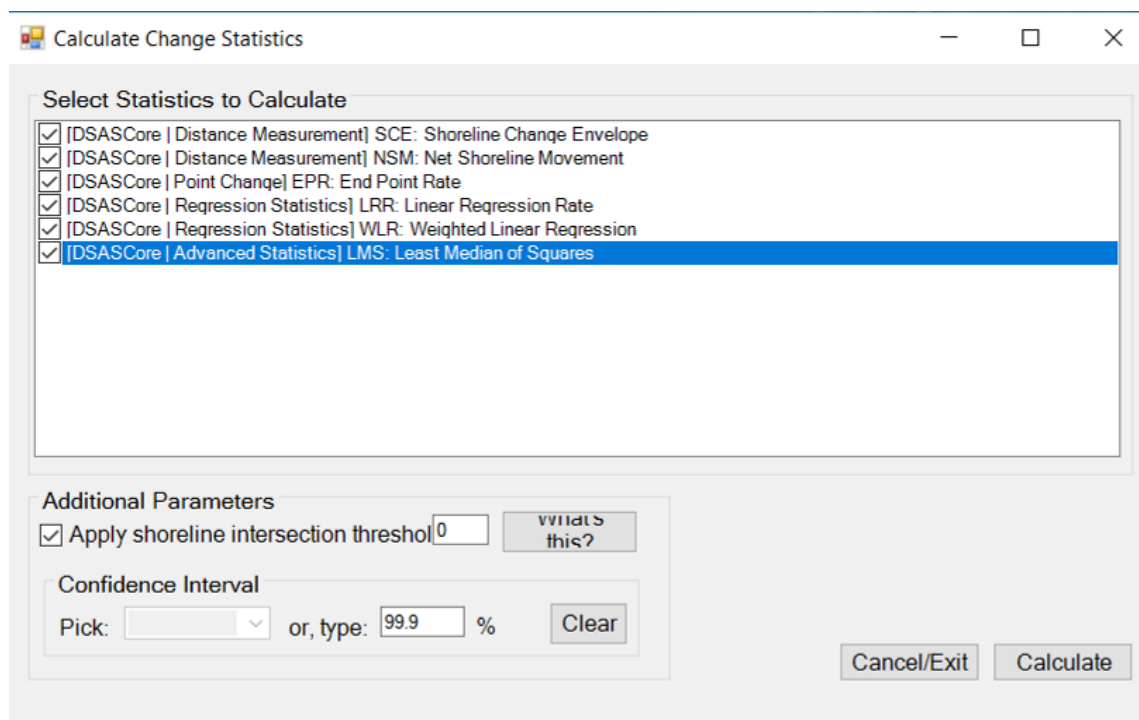


Figure 9 : Paramètres de mesure calculés sous DSAS

V.2.4.5. Les incertitudes et erreurs

Plusieurs incertitudes et erreurs tournent autour du modèle DSAS :

Incertitudes de mesure

La valeur d'incertitude devrait idéalement tenir compte à la fois des incertitudes de position associées aux influences naturelles sur la position du littoral (vent, vagues et marées) et des incertitudes de mesure (par exemple, erreurs de numérisation ou de système de positionnement global). Ruggiero et al. (2013) fournissent un résumé complet des méthodes d'analyse des changements de rivage, qui comprend une section détaillée sur l'estimation de l'incertitude de la position des rivages, ainsi que des indications sur la manière de combiner les diverses composantes de l'incertitude en une seule valeur attribut pour les données de rivage. Si le champ d'attribut d'incertitude est vide, DSAS utilise la valeur par défaut stockée dans l'onglet Paramètres de rivage de la fenêtre Définir les paramètres par défaut.

Les erreurs spatiales spécifiquement celles du géoréférencement pour les différentes images Landsat sont estimés par le RMS (Root Means Square) et la valeur maximale est 0,3 m. Pour calculer la marge d'erreur part de l'analyse multi-date des images satellitaires, l'on se base sur le rapport de USGS de 2006 qui exprime les marges d'erreurs à partir des équations :

$$ECI = \frac{\sqrt{(uncyA)^2 + (uncyB)^2}}{dateA + date B} \quad (2)$$

Avec A= incertitude du champ d'attribut de la ligne de rivage A ; B = incertitude du champ de la ligne de rivage B , date A= Date d'attribution de la ligne de rivage A ; date B= Date d'attribution de la ligne de rivage B. la valeur annuelle des incertitudes utilisée est de $\pm 0.44\text{m/an}$

De telles opérations donnent lieu à des incertitudes :

➤ **Erreur de pixel (Ep)**

Elle se rapporte à la précision de l'image (résolution). Elle est la taille de pixel de l'image (Fletcher *et al.*, 2011) (Byrnes, 1991). La taille de pixel de l'image est de 30 mètres les images ETM+, TM et OLI_TIR.

➤ **Taux d'incertitude sur les transects individuels**

Le taux de changement de rivage d'un seul transect est calculé comme suit: l'addition en quadrature des incertitudes pour chaque année position du rivage divisée par le nombre d'années entre les levés de rivage:

$$U_{R_i} = \frac{\sqrt{U_{p1_i}^2 + U_{p2_i}^2}}{\text{year}_2 - \text{year}_1},$$

U_{p1_i} et U_{p2_i} sont les incertitudes de la position des rives du premier et deuxième rivage (année 1), respectivement, au transect i , calculées par l'équation 2 ou 3. Pour la méthode de régression linéaire (long terme), l'incertitude du taux de changement de rivage d'un seul transect U_{R_i} se trouve ici sous la forme de pourcentage à 90% sur le linéaire (Roggiero, 2013). Le tableau 6 résume les différentes marges d'erreurs calculer :

Tableau 6 : Erreurs calculées

	Mages d'erreurs en mètre		
	1973-1986	1986-2000	2000-2017
Années	1973-1986	1986-2000	2000-2017
Erreur RMS	0,1	0,1	/
Erreur de mesure	32	42	48
Erreur pixel	2	4	3
Erreur annuelle EPR :ECI	0,7 – 1,3		

Synthétiquement, la figure 10 ci-contre est un résumé de la démarche méthodologique adoptée dans la cartographie de l'érosion côtière sur le littoral kribien er à Cap Cameroun, estuaire du Wouri.

LA figure 10 représente la synthèse de la démarche méthodologique adoptée dans ce travail.

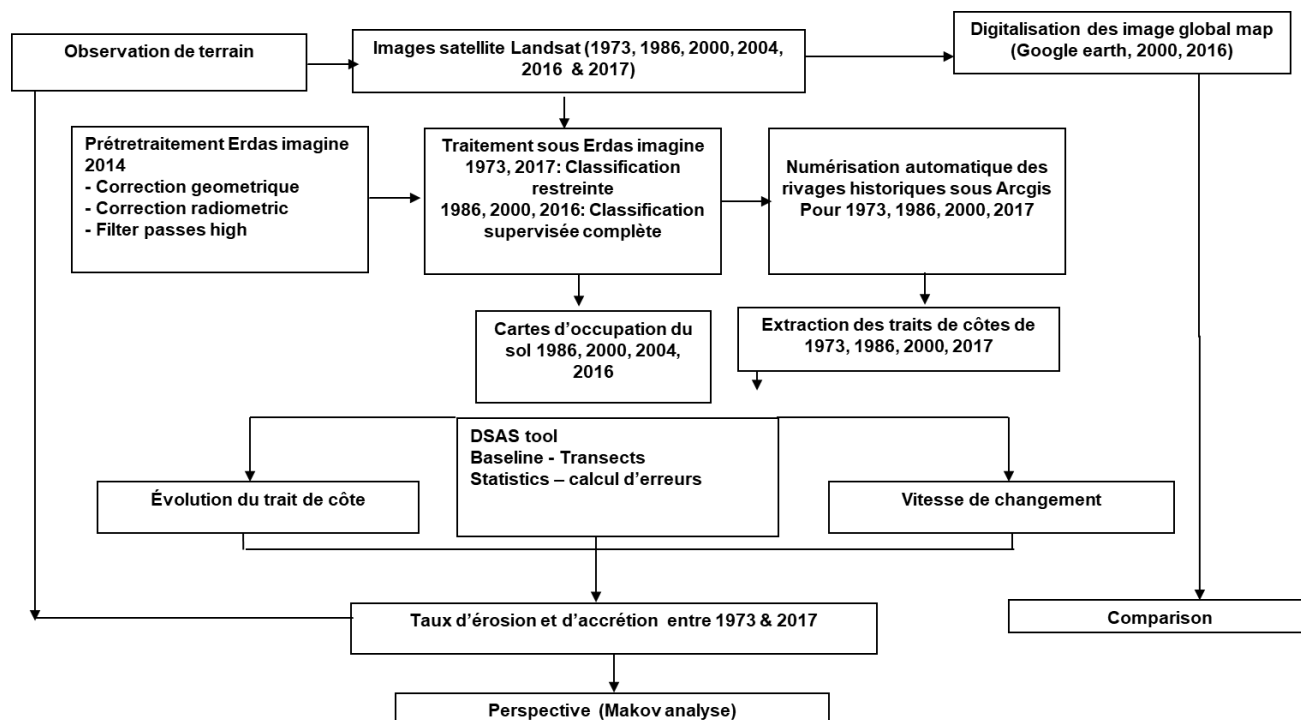


Figure 10. Schéma méthodologique de la cartographie de l'occupation du sol et de l'érosion côtière

Après une analyse des différents facteurs amplificateurs de l'érosion cotière à Cap Cameroun et Kribi, notre étude utilisera l'analyse diachronique des images satellitaires Landsat sur les deux sites. Ces images sont aussi utilisées pour extraire les différents traits de côte qui vont servir à la modélisation de l'érosion côtière. Au niveau de Cap Cameroun, il est question aussi d'apprécier l'état des mangroves, ainsi que les différentes empreintes humaines dans la zone (en termes de bâti). Cette attention particulière est portée sur cette localité pour deux raisons majeures (i) l'érosion y est très intense et ses conséquences sont perceptibles sur le terrain (ii) elle est située dans un environnement à haute valeur de conservation : la réserve de mangrove de Mabé. La croissance démographique y est intense et plus de 80 % de la population est nigériane.

Au niveau de Kribi il est plus question de voir les mutations qui s'y sont opérées avant et après implantation du port autonome de Kribi et de sa digue de protection qui sans doute aura un impact sur le transit sédimentaire en amont et aval dudit port.

VI- LES FACTEURS AMPLIFICATEURS DE L'ÉROSION CÔTIÈRE SUR LE LITTORAL KRIBIEN

VI.1. Les facteurs Internes à Kribi

VI.1.1. La croissance démographique

La disponibilité des résultats des trois recensements de 1976, 1987 et 2005 donne l'opportunité de caractériser le rythme d'accroissement démographique de la ville de Kribi au cours de chacune des périodes intercensitaires délimitées : 1976-1987 et 1987-2005. De 1976 à 1987, la population de la ville de Kribi s'est accrue à un rythme annuel moyen de 6,1 % portant la population de 11 261 habitants à 1976, à 21 507 en 1987. De 1987 à 2005, l'accroissement de la population s'est poursuivi avec un rythme annuel moyen de 5,7 % entraînant la population à 59 928 habitants en 2005. Avec ce nouveau rythme de croissance démographique, la ville de Kribi entrerait en 2015 parmi les villes de 100 000 habitants. Sa population sera alors estimée à 104 323 habitants en 2015 (CAK, 2015) (figure 11)

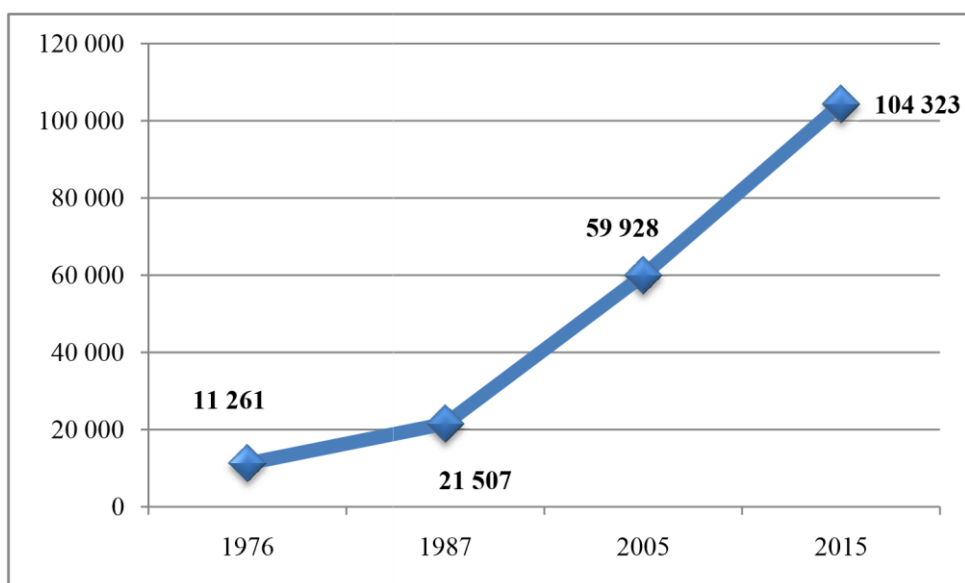


Figure 11 : Évolution de la population de Kribi entre 1976 et 2015

Une analyse comparative de la croissance urbaine de Kribi avec les autres villes de plus 50 000 habitants en 2005 montre que Kribi fait partie des villes qui ont multiplié par quatre l'effectif de leur population entre 1976 et 2005. Par ailleurs, lorsqu'on s'intéresse au taux d'accroissement intercensitaire au cours de trois derniers recensements, il ressort que Kribi connaît un essor démographique très remarquable. Entre 1976 et 1987, Kribi affichait le 10^e taux d'accroissement intercensitaire, mais entre 1976 et 2005, Kribi présente le taux le plus important au même titre que la ville de Yaoundé et loin devant la ville de Douala. Si les

tendances actuelles de croissance se maintiennent, la population de Kribi doublera à nouveau entre 2015 et 2030.

Dans les paragraphes qui suivent, une analyse en trois temps va s'effectuer selon une Hypothèse d'une croissance tendancielle, une Hypothèse haute : maintien du taux de croissance intercensitaire entre 1987-2005 et une Hypothèse basse : ralentissement plus important de la croissance de la population).

Hypothèse d'une croissance tendancielle.

Dans ce premier cas de figure, on va observer une baisse progressive du taux de croissance intercensitaire. Elle se fonde sur les évolutions de population observées entre les recensements (1976, 1987, 2005). Si la baisse progressive du taux de croissance intercensitaire est prolongée sur les années futures de manière linéaire, la ville de Kribi entrerait en 2015 parmi les villes de 100 000 habitants. La population sera estimée alors 251 670 habitants à l'horizon 2035. La population estimée en 2015 dans ce cas de figure doublera entre 2015 et 2030, quel que soit l'Arrondissement considéré (figure 12).

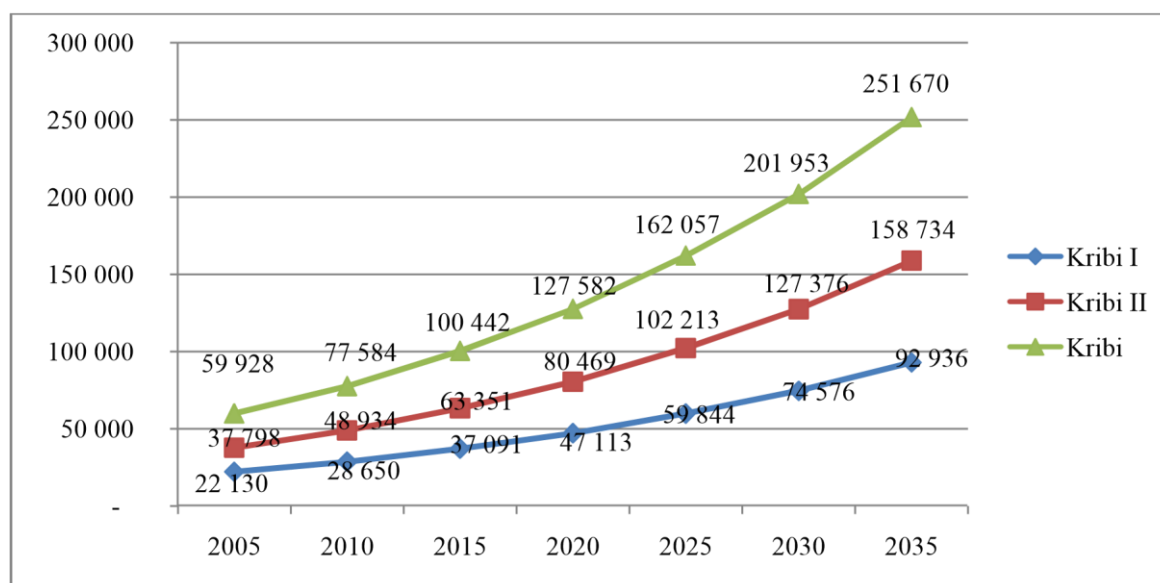


Figure 12: Estimation de la population de Kribi entre 2005 et 2035 selon l'hypothèse moyenne. (Source : CUK, 2015)

Hypothèse haute : maintien du taux de croissance intercensitaire entre 1987-2005

Elle suppose une forte relance de l'activité économique de Kribi (Kribi I & Kribi II) et une délocalisation d'une partie des activités portuaires de Douala et Limbé vers Kribi. Dans ce cas, la ville accueillera un nombre important de personnes venues d'autres villes et Régions du pays pour des activités génératrices de revenus générés par le Port en eau profonde et

d'autres grands projets structurants. La croissance de la population sera davantage due aux phénomènes migratoires. À titre d'exemple, le Port en eau profonde de Kribi prévoit la création de 20 000 emplois directs ou induits. La ville gardera alors son taux de croissance intercensitaire qui restera alors l'un des plus importants des villes du Cameroun. L'effectif de la population de Kribi doublera presque tous les 13 ans et sera estimé à 316 140 habitants en 2035 (figure 13).

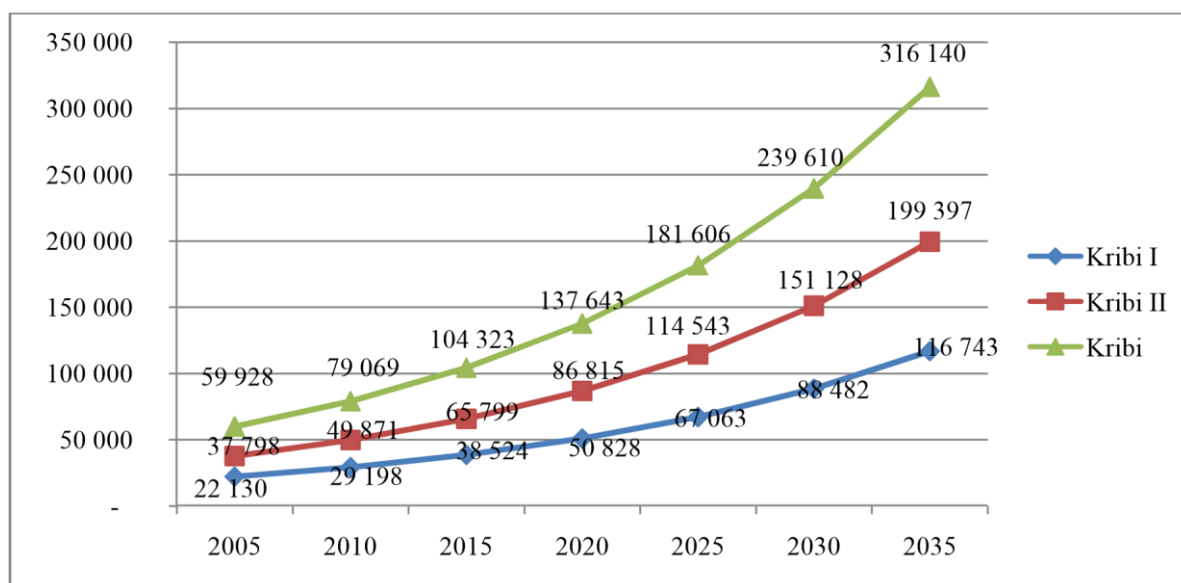


Figure 13 : Estimation de la population de Kribi entre 2005 et 2035 selon l'hypothèse haute. (Source : CUK, 2015)

Hypothèse basse : ralentissement plus important de la croissance de la population

Elle suppose que la croissance de la population de Kribi (Kribi I & Kribi II) ralentit dans des proportions plus importantes que dans les années passées. Elle pourrait correspondre à la baisse d'activité du port et plus globalement de l'économie formelle (certains des grands projets annoncés dans la région ne sont pas réalisés, faible attractivité des activités générées par le port, déplacement partiel des activités vers Douala et Limbé) et à une montée en puissance d'autres villes (Limbé par exemple) pouvant remplir la fonction d'approvisionnement de l'arrière-pays. Dans ce cas, en se fondant sur les tendances démographiques dégagées de 1976 à 2005, il est possible de retracer année par année, les effectifs passés et projetés de la population de Kribi en considérant qu'elle suit une progression polynomiale de degré 3. Alors, en 2035 la population urbaine totale sera de **183 700 habitants** (figure 14).

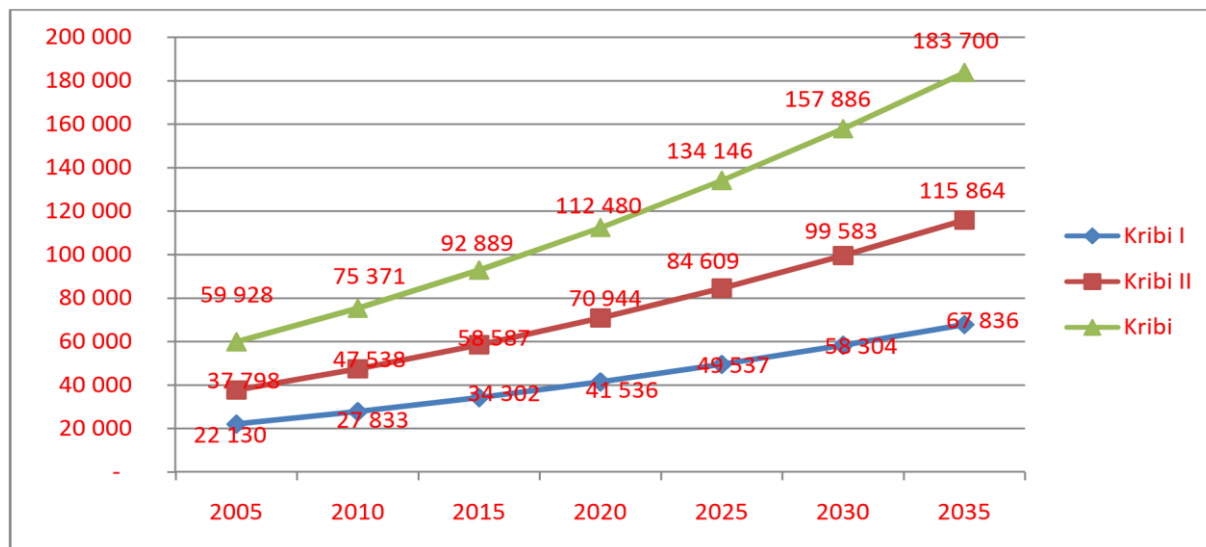


Figure 14 : Estimation de la population de Kribi entre 2005 et 2035 selon l'hypothèse faible. (Source : CUK, 2015)

Perspectives démographiques

L'avènement du port en eau profonde et les multiples projets qui en découleront auront pour conséquences une forte concentration démographique à Kribi (Kribi I & Kribi II). Mais il est prévu que l'essentiel de la population induite (plus de 100 000 personnes) s'établira autour des sites portuaires et industriels de Grand Batanga et Lolabe, pour former une ville nouvelle. Ce sont là autant de facteurs qui nous font dire que la ville risque de connaître une croissance beaucoup plus élevée que celle précédemment annoncée.

Au demeurant, le littoral kribien subit une croissance démographique importante, ce qui génère une exploitation des ressources disponibles et une dégradation du littoral. Cette dégradation, quelle qu'elle soit, apparaît comme un facteur amplificateur de l'érosion côtière.

VI.1.2. Une ruée populaire vers Kribi

Cette ville connaît une dynamique migratoire importante depuis l'époque coloniale, accentuée par l'implantation d'agro-industries et les sociétés d'exploitation forestière (Boupda, 2014). Le bitumage de la route nationale n° 7 (Édéa-Kribi), au début des années 1980, a eu un rôle déterminant dans l'essor démographique, urbain et touristique de la ville de Kribi. Entre 1976 et 1987, la population a pratiquement quadruplé, passant de 10 500 à 40 076 habitants, soit un taux d'accroissement de 7,38 % (Kuété & Assongmo, 2002), supérieur à la moyenne nationale qui est de l'ordre de 3 % pour la même période. Ces deux dernières décennies, depuis le lancement des travaux de construction de la centrale à gaz de Kribi (2002), du pipeline Tchad-Cameroun (2003) et plus récemment le port en eau profonde (2015), l'on

assiste à une ruée spectaculaire des chercheurs d'emploi dans la cité balnéaire. Ces néo-kribiens viennent de son arrière-pays, de toutes les Régions du Cameroun et parfois au-delà du pays (figure 15). Le statut de la ville de Kribi a changé en un laps de temps non seulement du fait cette explosion démographique, mais surtout par sa position désormais stratégique sur la façade atlantique et son rôle de pôle économique pour le Cameroun et la sous-région Afrique centrale.

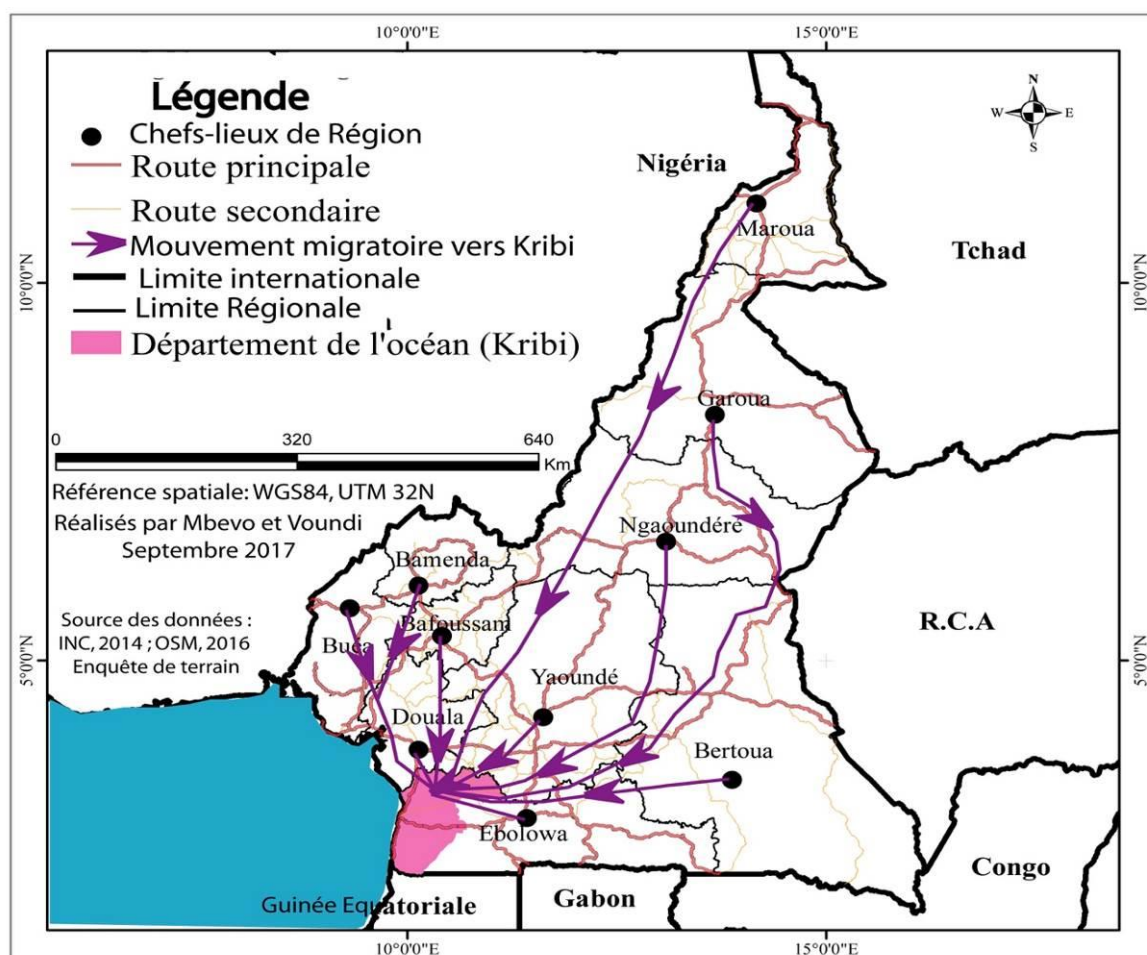


Figure 15 : Provenance des populations à l'intérieur du Cameroun à destination de Kribi

VI.1.3. Croissance spatiale dans la ville de Kribi.

Entre 1984 à 2016, l'urbanisation est galopante à Kribi (figure 116). La superficie de la ville est passée de 162 ha en 1984, à 296 ha en 2016 (évaluation SIG par Mbevo). Cette croissance urbaine est boostée ces dernières années par l'implémentation des projets d'industrie, de transport et la croissance démographique sus-évoquée. En effet, la ville, devenue très attractive (avec l'implantation du PAK et les emplois générés), induit une convergence des populations d'origines diverses. Ces nouveaux arrivants, pour s'implanter, opèrent, avec des propriétaires terriens locaux, des transactions foncières. La multiplication de ces

implantations, est pour la plupart informelles, ce qui favorise l'extension incontrôlée de la ville ainsi que la dégradation des ressources.

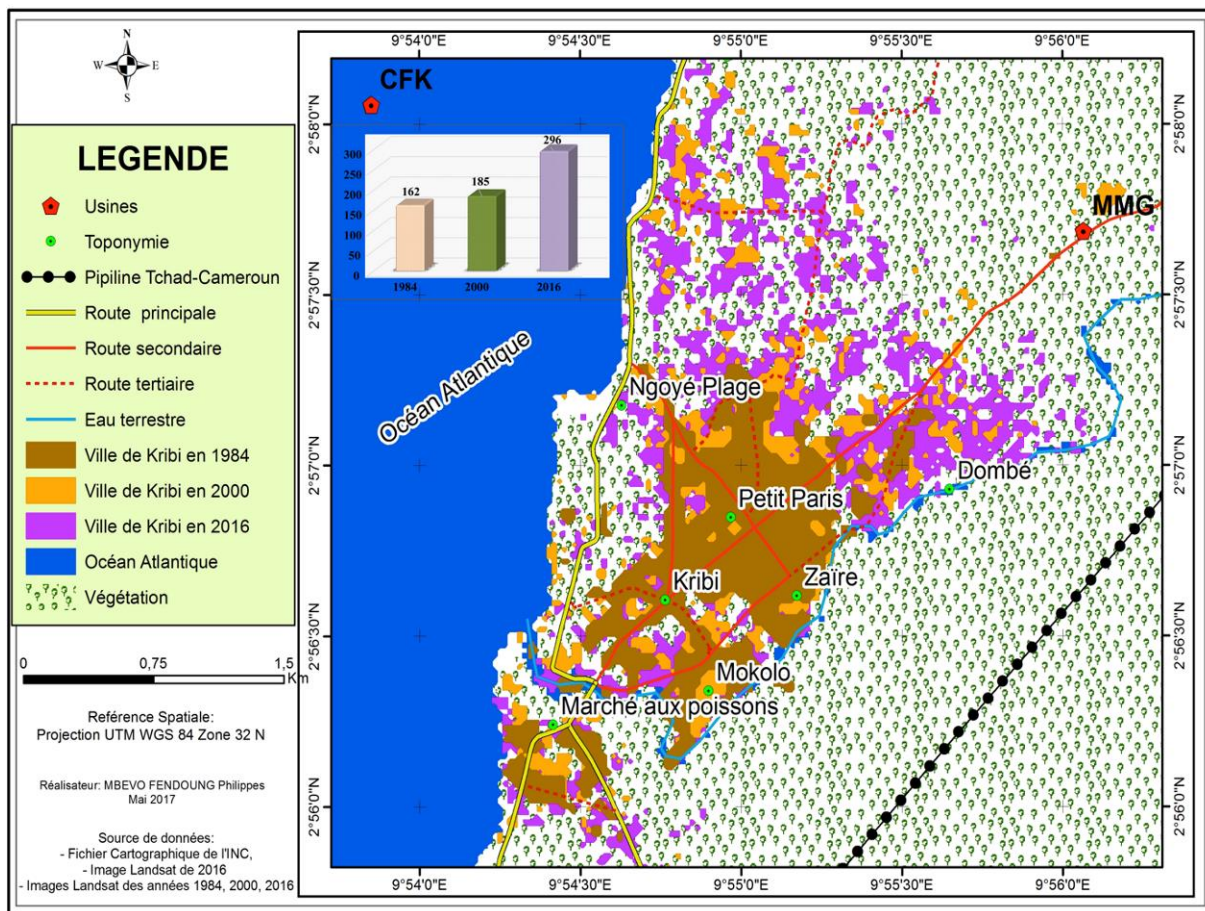


Figure 16: Synthèse de l'évolution de la trame urbaine de la ville de Kribi de 1984 à 2016.

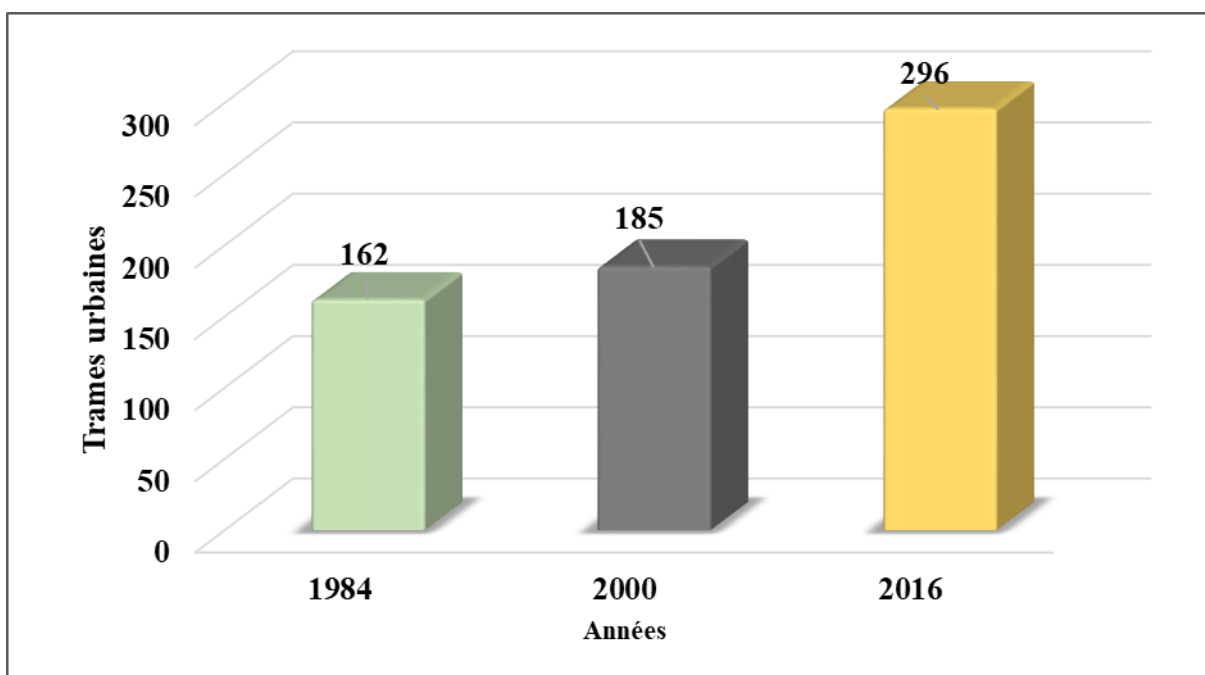


Figure 17 : Évolution de la superficie de la trame urbaine de Kribi entre 1984 et 2016

VI.1.4. La construction du Port Autonome de Kribi (PAK)

Le projet de construction de ce port (qui est à sa phase 2/4) consiste dans le développement d'un complexe Industriolo-Portuaire, comprenant la construction du Port en eau profonde de Kribi, l'aménagement et le développement des zones industrielles et logistiques ainsi que de la ville nouvelle qui pourrait abriter 100 000 personnes lorsque le port commercial aura atteint sa pleine activité (figure 18).



Figure 18 : Site de la ville nouvelle de Kribi

Le complexe industriolo-portuaire qui intègre le Port en eau profonde est situé sur une réserve foncière de 26 000 ha au sud de Kribi classée dans le domaine artificiel public de l'État.

Le projet est délimité physiquement, à l'Est par le fleuve LOBE, à l'Ouest par la côte de l'Océan atlantique. Au Nord et au Sud, les limites n'ont pas de matérialisation physique et sont purement administratives.

Les installations portuaires en eau profonde pourront accueillir des navires de très fort tonnage permettant la prise en charge des trafics suivants :

- Conteneurs sous régional (Cameroun et pays de son hinterland : Tchad, RCA, nord du Congo, Nord de la RDC), transbordement et redistribution des conteneurs en provenance et à destination des pays de la CEEAC qui compte environ cent vingt millions d'habitants ;
- Miniers (fer, bauxite, nickel, cobalt, rutile, bois, etc.) ;
- Produits transformés (développement des filières aluminium, bois, fer) ;
- Produits pétroliers, y compris le gaz liquéfié.

Ces installations portuaires d'une capacité totale de 50 millions de tonnes/an, seront donc constituées :

- à court terme d'un port général à caractère industriel et commercial localisé à Mboro/Lolabé ;
- à plus long terme 20 terminaux spécialisés.

La première phase de la construction du port est achevée avec : une digue de protection du port ; un chenal d'accès des navires ; un quai d'accostage de 615 ml pouvant accueillir des navires de 15 m de tirant d'eau (2 postes à quai) ; Un terminal polyvalent pour les marchandises diverses et en vrac, les colis lourds, pour un trafic de 3 millions de tonnes/an ; Un terminal conteneur d'une capacité de 400 000 EVP, soit environ 5 millions de tonnes/an, L'ensemble des voiries, réseaux divers et bâtiments du port intra-muros et des terminaux.

Les phases prévues ultérieurement devaient voir se réaliser des opérations importantes, selon un calendrier logiquement dépendant des échéances des opérateurs économiques concernés. Les projets concernés ont connu des évolutions négatives pour certaines d'entre elles, évolutions qui pourraient retarder de manière importante la construction de certains des terminaux concernés.

En association, il est prévu les routes de désenclavement, les ponts et réhabilitation suivantes par le Ministère MINTP; autoroute Edéa Kribi, 115 km ; route Ebolowa - Akom2 – Kribi, 180 km ; route Olama - Lolodorf - Bipindi – Kribi, 204 km, route Kribi – Campo – Bata, 77 km ; Pont sur le Rio Campo, 0,5 km ; réhabilitation et renforcement de la route Edéa – Kribi, 115 km (figure 19)

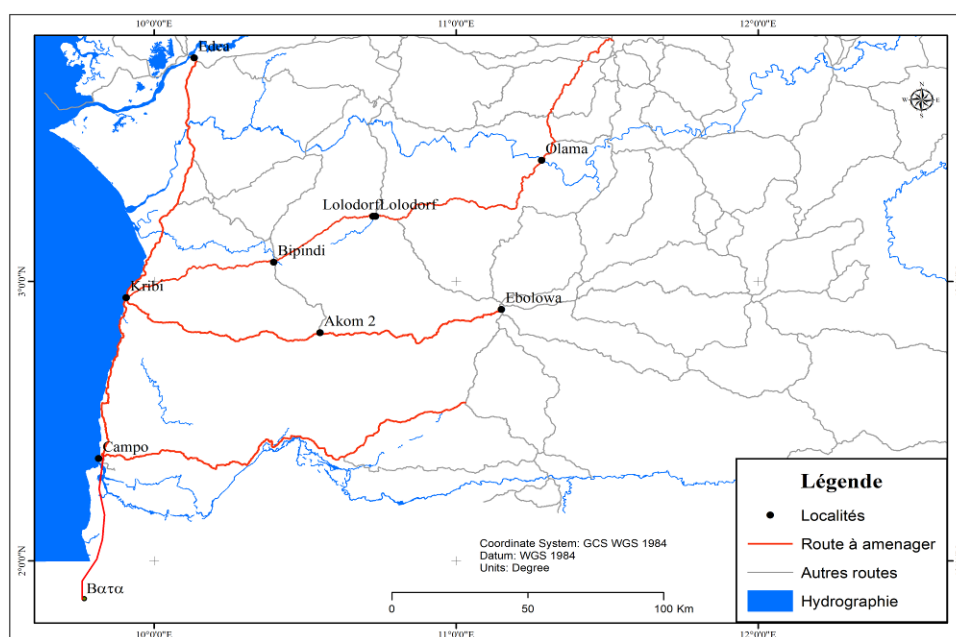


Figure 19 : Routes à aménager. Il manque l'autoroute Kribi-Edéa dont nous ne disposons pas du tracé

Il apparaît que le projet est gigantesque. Son apport pour le développement du Cameroun est incontestable. Les autorités misent sur plus de 20 000 emplois que ce port va générer. Une issue soulageant pour les nombreux Camerounais en situation de sans-emploi. Mais on ne saurait perdre de vue les conséquences environnementales qui en découlent. La portion de terre littorale à dénuder est énorme (26 000 ha). En plus de ceci, la construction de la digue de protection de l'installation portuaire constitue un véritable piège sédimentaire (photo 1).



Photo 1 : Digue de protection du PAK (source : MEAO, 2016)

La visualisation de l'image Google earth de 2017 permet de mieux appréhender le phénomène décrit (figure 120).



Figure 20 : Image Google Earth du PAK en 2017 montrant un engraissement en amont du port et un démaigrissement en aval.

Deux images Landsat traduisant l'état de l'environnement et la dynamique territoriale induite par la construction du PAK (figure 21).

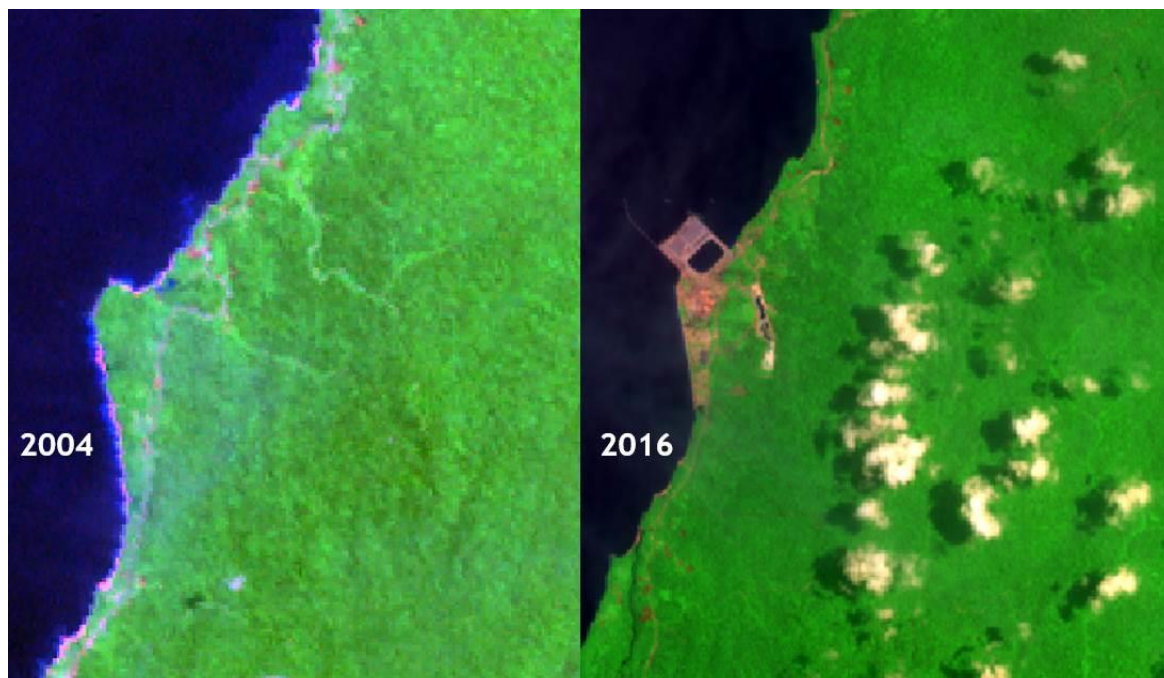


Figure 21 : Images satellites Landsat montrant les mutations induites par la construction du PAK sur l'environnement côtier de Kribi.

VI.1.5. Les activités agro-industrielles

Pendant longtemps, la physionomie et la morphologie du paysage littoral Kribien alternait mangroves, forêts denses et champs agricoles ; une « mosaïque » végétales qui donnait une configuration spécifique à ces espaces (Mouliom Njikam, 2012 ; Kuété et Assongmo, 2002). La décennie soixante a vu l'implantation de la première agro-industrie : la Socapalm, créée en 1968 par l'État camerounais avec l'appui des actionnaires privés². En 1975, les conditions pédoclimatiques particulièrement intéressantes du littoral Kribien ont présidé à la création des premières plantations de la société Hévécam (figure 22). Le paysage littoral commençait ainsi à présenter les marques d'une déforestation importante. Les produits chimiques utilisés pour le traitement des plantations, l'implantation d'huileries modernes et artisanales, les unités de traitement du latex d'hévéa seront à l'origine des problèmes de pollutions diverses (eaux, sol, air, sonore), autre que les mauvaises odeurs,...

² Le groupe Socfin, Palmacam, DSX... La Socapalm est privatisée depuis 2001

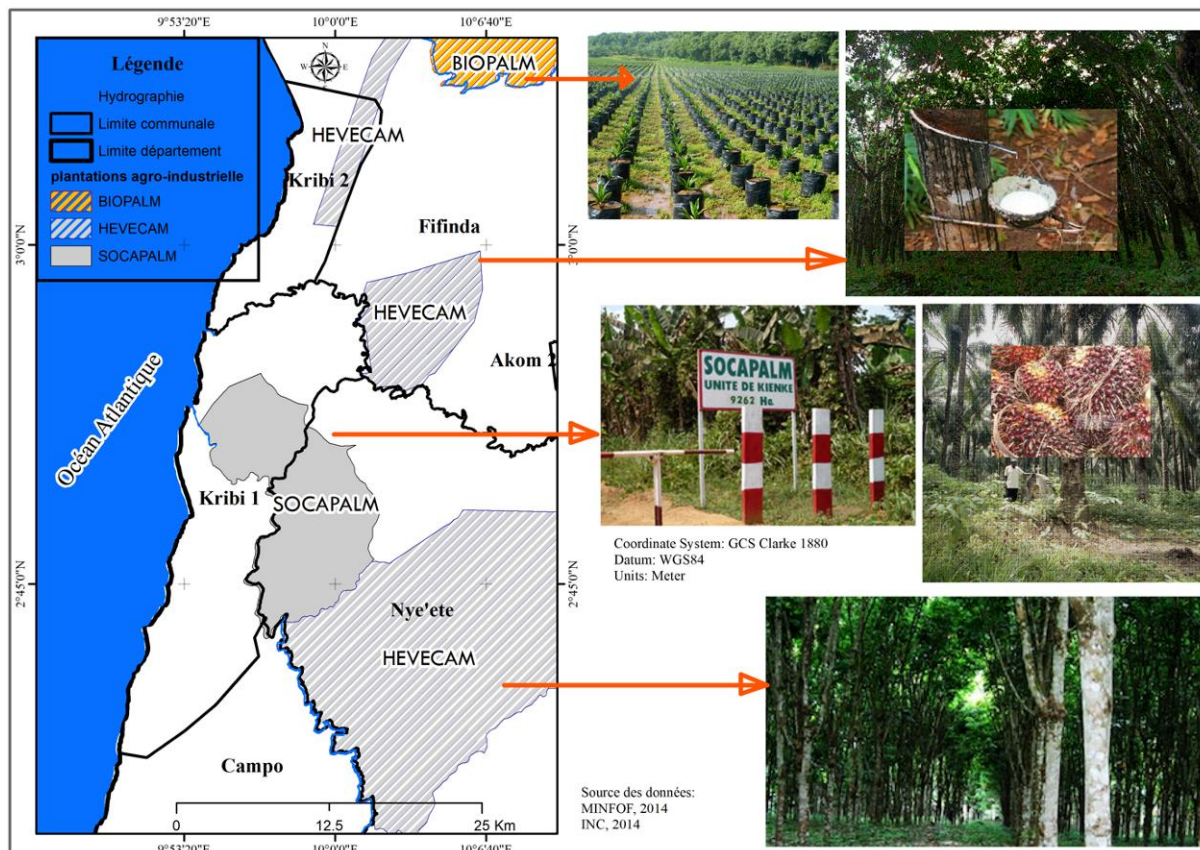


Figure 22 : Plantations de HEVECAM ET SOCAPALM sur la bande Kribienne.

➤ Les plantations de la Socapalm sur le littoral Kribien

Sur le littoral Kribi, la société Socapalm occupe le site de la Kienké où elle dispose de vastes palmeraies cumulant une superficie d'environ 9 913 ha. Ces palmeraies ne cessent de s'étendre (Rafflegeau, 2008 et Gerber, 2007) et observations de terrain) aux dépens des écosystèmes naturels. Cette situation est régulièrement sources de « conflits » entre les exploitants et les populations riveraines qui dénoncent des accaparements de terres. Elles construisent aussi un paysage monotone dominé par les lignes de palmiers (Figure 8). Le rôle de l'État reste trouble.

➤ Les plantations d'Hévécam sur le littoral Kribien

Les Communes de *Lokoundjé* et de *Kribi II* abritent les plantations d'Hévécam (Figure 9). L'agro-industrie est à 58 % contrôlée par le groupe chinois *Sinochem International*. Elle est, avec la *Cameroon Development Corporation (CDC)*, l'un des principaux producteurs de caoutchouc naturel au Cameroun. Tout comme la Socapalm, les riverains d'Hévécam accusent l'entreprise de s'accaparer des terres agricoles, en débordant les limites de ses concessions foncières (enquêtes de terrain, 2016 ; Ziemine Ngoumou, 2018). Au fil des

années, les forêts naturelles et les terres agricoles sont remplacées par « les forêts d'hévéa », limitant les services socioculturels, économiques et écologiques que les forêts originelles offrent aux populations, ce que regrettent quelques riverains rencontrés. La superficie occupée par les plantations de la société Hévécam sur le littoral kribien est estimée à 60 311 ha.

VI.1.6. Hôtellerie

Le tourisme se développe dans la zone littorale (Planche Photo 3). Des murs et barrages construits pour protéger les hôtels, loin de stopper l'érosion, aggravent plutôt la situation (Guyomarc'h & Le Foll, (2011). Cette situation se prépare à Kribi, avec le projet d'électrification et d'aménagement de la plage Ngoye à des fins touristiques. Il en est de même du projet de « ville nouvelle » prévu dans la quatrième phase de construction du PAK .

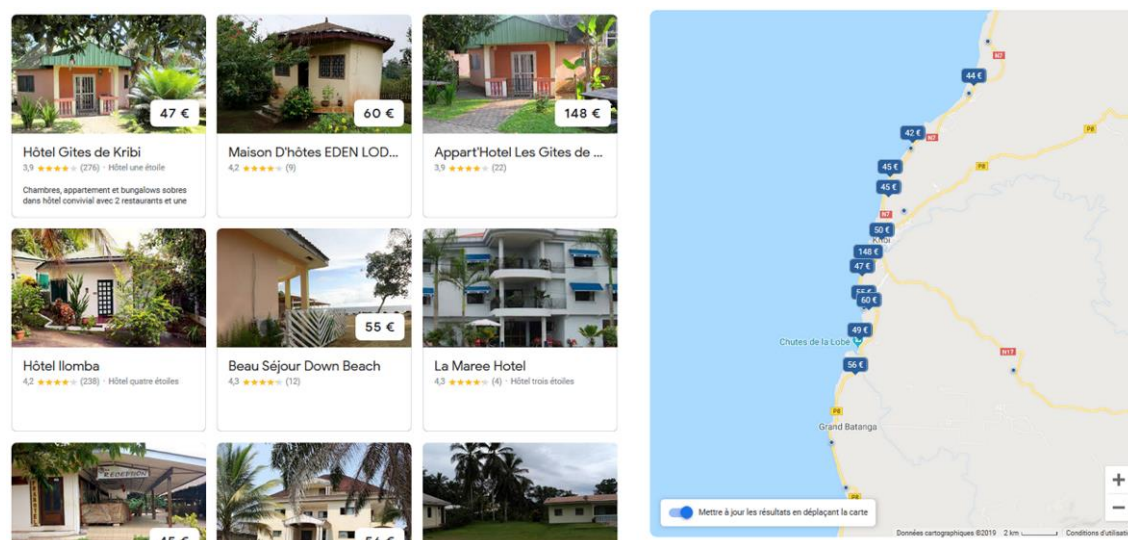


Planche photo 3 : Quelques activités touristiques jugées inappropriées sur le littoral kribien (cliché : Mbevo (mai 2019) ; Mouliom (2012) et <https://www.google.com/travel/hotels/Kribi>

VI.1.7. L'extraction du sable

Le littoral sableux est une interface entre le milieu marin et le domaine continental, il représente environ 34 % du linéaire côtier mondial (Hardisty, 1994).

Sur les côtes kribiennes, l'exploitation du sable de plage est une réalité. Ceci se fait en dépit d'un arrêté préfectoral interdisant cette activité. Elle concoure à l'aggravation de l'érosion et au remodelage du profil côtier (Boyoguino Bidias, 2017). Sur quelques points du littoral kribien, cette activité amplificatrices de l'érosion côtière a été identifiées (planche photo 4).



Planche photo 4 : Extraction du sables sur le littoral kribien. (Cliché : Mbevo (2019) ; Tchindjang et al., (2019)

Voilà comment un système politique, social et économique peut, qu’il soit bien ou mal mené, créer des problèmes environnementaux difficiles à gérer. La théorie de la gestion sociale des écosystèmes, des ressources et de l’environnement (AgroParis Tech, 2016) trouve tout son fondement dans cette situation du littoral kribien où l’implantation humaine, l’exploitation des ressources entraine la dégradation des écosystèmes.

VI.2. Les facteurs externes au littoral Kribien

Il s’agit des facteurs exogènes qui trouvent leurs origines hors de la bande côtière de Kribi. Ce travail identifie trois facteurs de cette catégorie, pouvant composer dans les raisons qui expliquent la montée de l’érosion côtière sur le littoral kribien. Il s’agit de la marée, de la dérive littorale et du climat (vent, précipitation, température).

VI.2.1. La marée

Les hauteurs de marée sur le littoral kribien sont en moyenne basses par rapport à d’autres portions côtières comme Cap Cameroun. Une moyenne des hauteurs de 1,2 m est enregistrée en 2010. Une analyse de la variation mensuelle permet de constater que les plus hautes marées se sont produites en au cours des mois de Janvier-février-mars-novembre et décembre (figure 23).

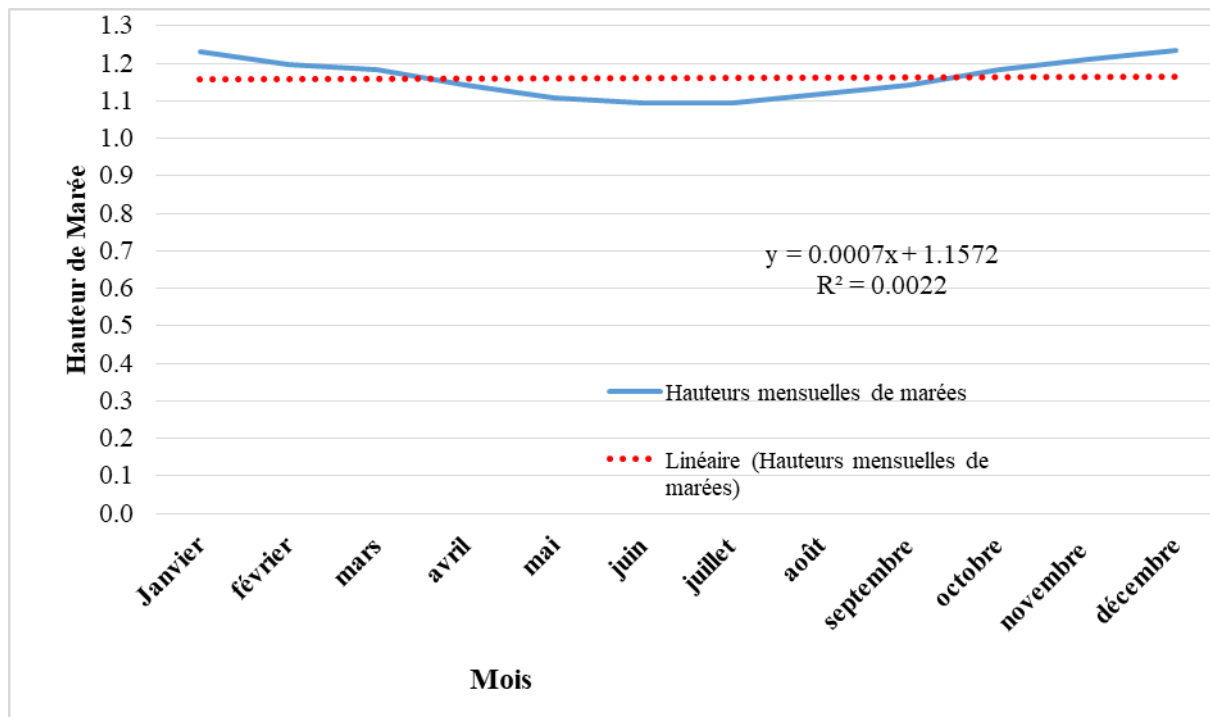


Figure 23 : Variation moyenne mensuelle de la marée en 2010 à Kribi (en mètre)

En s'intéressant à la variation journalière et au cours d'un mois, nous constatons un contraste entre les différents jours. 2, 10, 18, 28 et 31 sont ceux pendant lesquels les plus hautes marées sont enregistrées (figure 24).

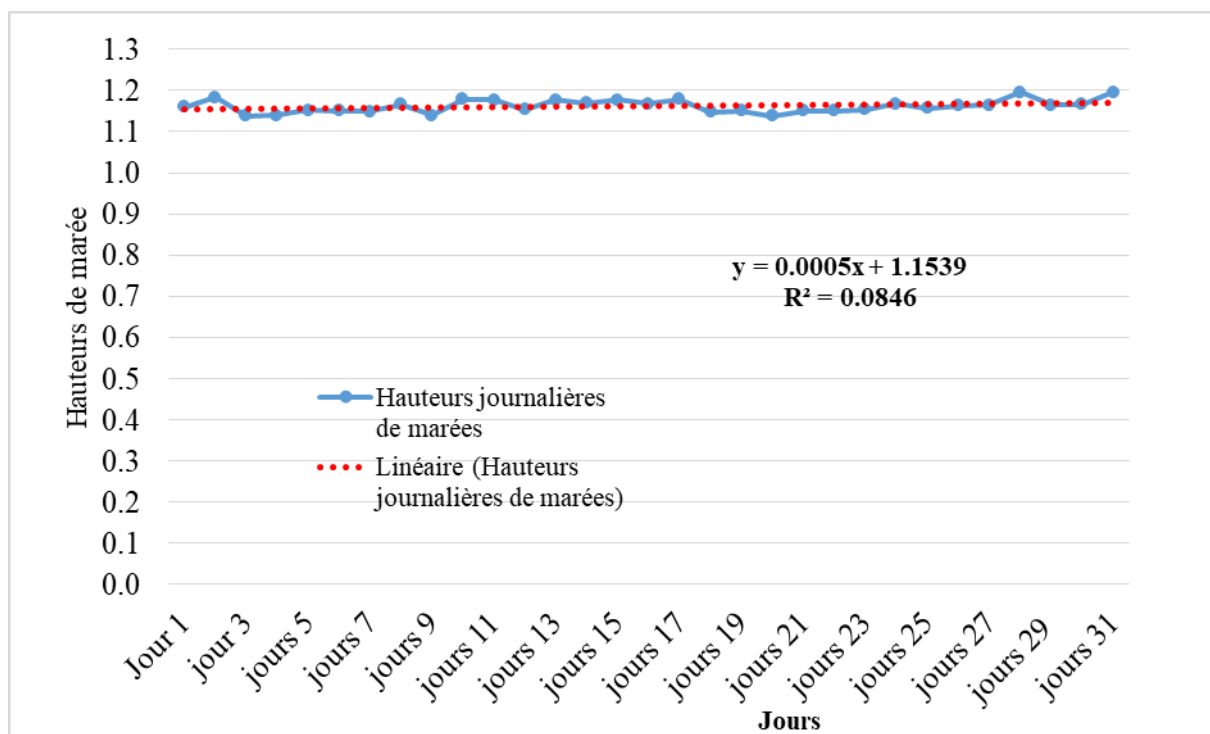


Figure 24 : variation moyenne journalière des hauteurs de marée à Kribi en 2010 (en mètre)

En 2017, la situation a légèrement changé, mais tout en gardant la même allure. Les hauteurs de marées inférieures à 1 m sont enregistrées entre mai et juillet. Une faible tendance vers la hausse est observée entre octobre et décembre (figure 25).

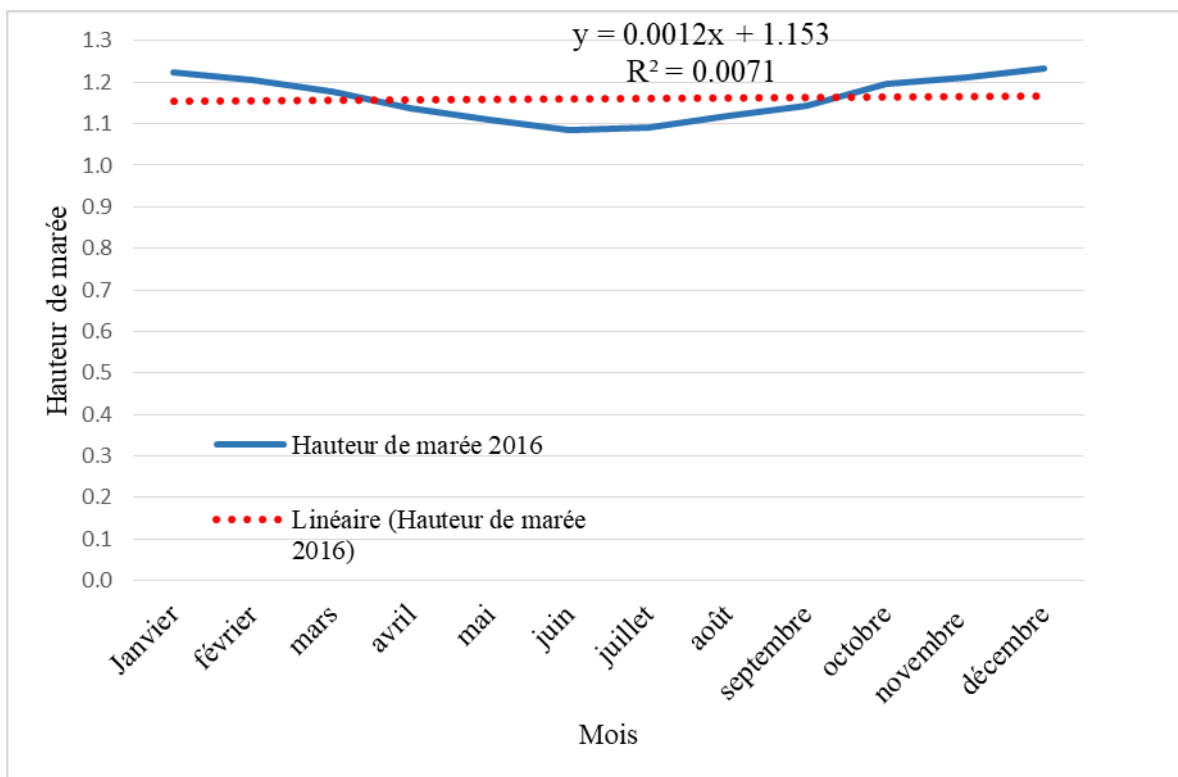


Figure 25 : Variation moyenne mensuelle de la marée en 2017 à Kribi (en mètre)

La tendance journalière présente quelques fluctuations en fonction des jours pendant le mois (figure 26).

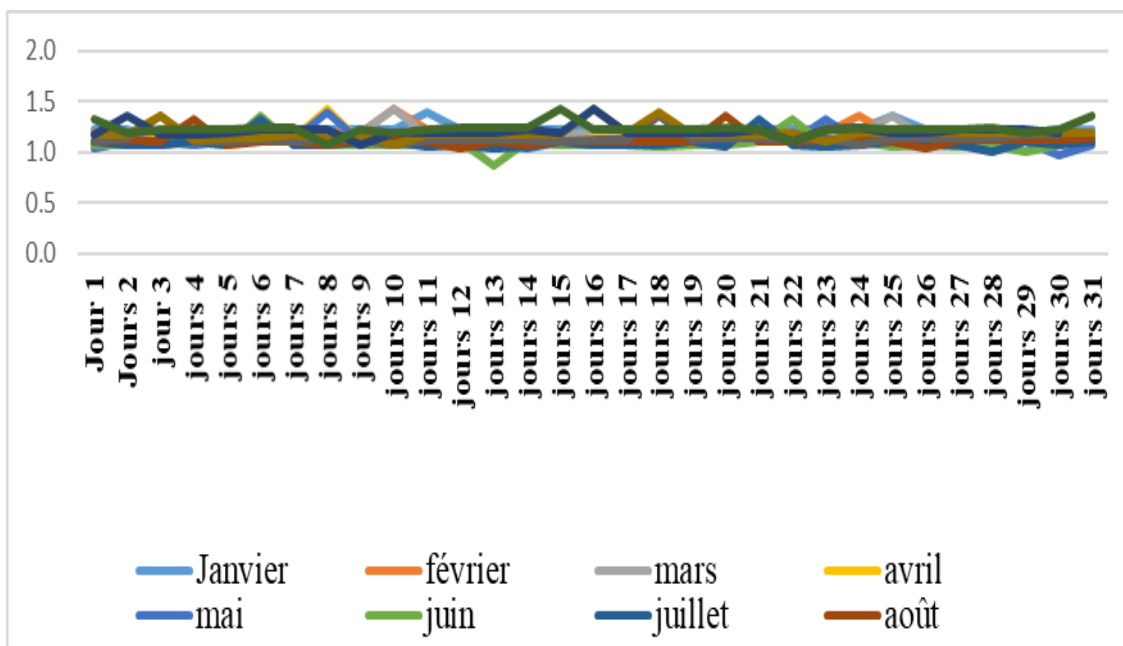


Figure 26 : Variation moyenne journalière des hauteurs de marée à Kribi en 2017 (en mètre)

VI.2.2. La dérive littorale

La dérive littorale est un courant parallèle au trait de côte, née du mouvement ondulatoire de la vague qui affecte celle-ci. Il est responsable du transport et de la distribution des sédiments sur la côte. Sur le littoral camerounais elle d'orientation Sud-Nord. Dans sa circulation, lorsqu'elle rencontre un obstacle tel le PAK ou alors une digue de protection, elle contourne l'obstacle en se déchargeant de sa charge sédimentaire. Une fois l'obstacle franchie, elle se recharge en sédiment par érosion. Tel est le cas sur le littoral kribien où la digue de protection du PAK entrave cette dynamique hydro sédimentaire et crée l'érosion en aval du PAK.

VI.2.3. Le vent

Le vent serait, au sens large du terme, le déplacement des masses d'air des zones de hautes pressions (anticyclone) vers les zones de basses pressions (cyclone). Sur le littoral camerounais, les vents les plus faibles soufflent du Sud au Sud-Ouest (figure 27). Ils correspondent aux alizés. Ceux les plus violents apparaissent en été boréal (Keugne Signe, 2018). Au niveau des côtes kribiennes, le vent est particulièrement faible, pouvant avoir des vitesses comprises entre 2 et 2,5 m/s (MINEPAT et al., 2014). Ces vents, lorsqu'ils soufflent du large vers le continent, ils transportent avec eux des sédiments et renversent les troncs d'arbres qui protégeaient le littoral.

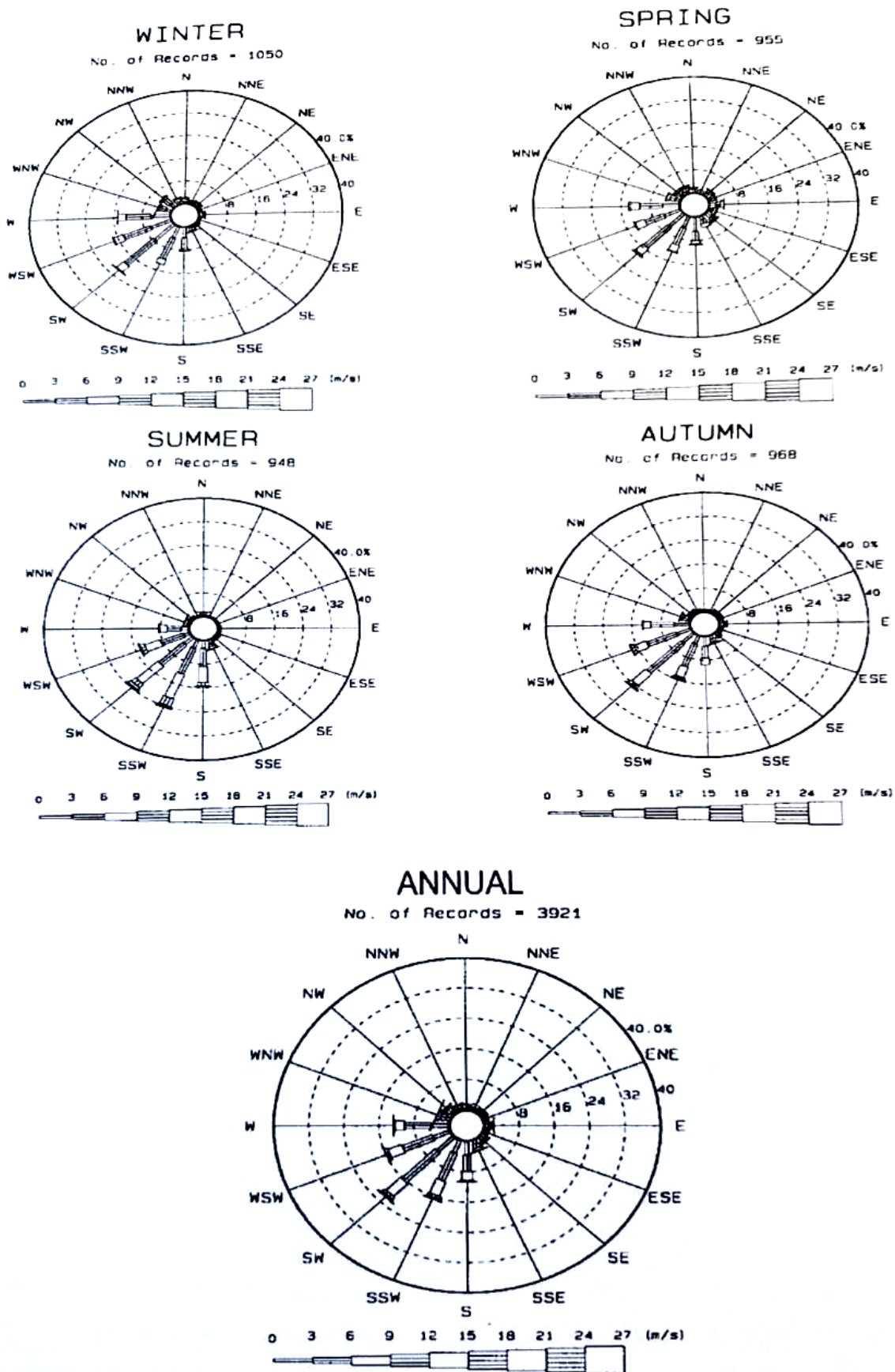


Figure 27 : Rose des vents annuels et saisonniers boréals pour la région du plateau continental au large du Cameroun (2°N-5°E-10°E) de 1960 à 2001 (Source : Keugne Signe, 2018).

VI.2.4. Contexte climatique autour de Kribi

➤ Évolution des paramètres climatiques autour de Kribi (à partir des données de station)

Le climat kribien est équatorial de type guinéen, caractérisé par quatre saisons, soit 2 saisons sèches (de décembre à mars pour la grande saison et de juillet à août pour la petite saison) et 2 saisons de pluie (de septembre à novembre pour la grande saison et d'avril à juin pour la petite saison). La durée moyenne quotidienne de l'insolation varie de 8 à 10 heures toute l'année. Les températures moyennes maximales quotidiennes oscillent entre 25 °C et 33°C tandis que les moyennes des températures minimales quotidiennes se situent entre 15 °C et 22 °C.

Les précipitations annuelles moyennes

De même, il apparaît que l'année la plus pluvieuse est 1956, avec plus de 4 096 mm de pluie. Elle est suivie de près par l'année 1997, avec 3 920 mm. Les années 1952, 1955, 1964, 1970, 1984, 1988, 1993, 2000 et 2003 présentent également une pluviométrie importante. Leur moyenne se situe autour de 3 200 mm. Les années les plus moins arrosées sont 1973 (1 699 mm) et 1983 (1 555 mm). Il n'y a cependant pas d'évolution positive significative (la droite de régression linéaire est non significative) (Figure 28).

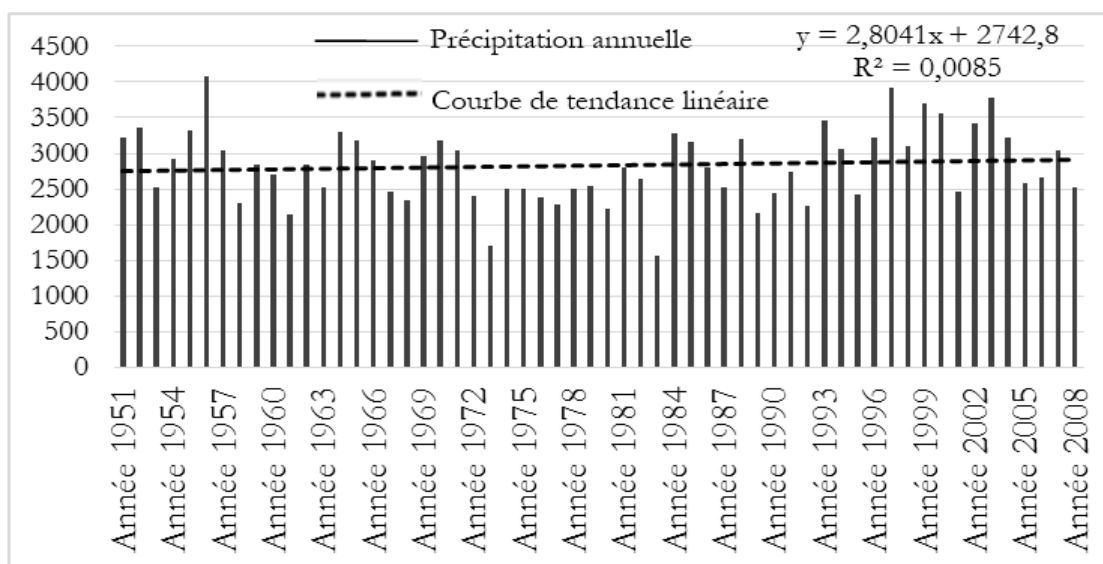


Figure 28 : Variation interannuelle des précipitations à Kribi entre 1951-2008 (en mm)

L'indice pluviométrique

Le régime des précipitations a des tendances induites par les quantités de précipitations au fil des années, avec des moyennes de pluies de 2 825,53 mm. Les années à tendances négatives

(28 années) sont les années dont la pluviométrie est inférieure à la moyenne (figure 29). Les années excédentaires (28 années) sont celles dont les pluies enregistrées sont au-dessus de la moyenne. Ces dernières catégories sont susceptibles de provoquer les processus morphogéniques importants tout comme les inondations et une dynamique environnementale plus active.

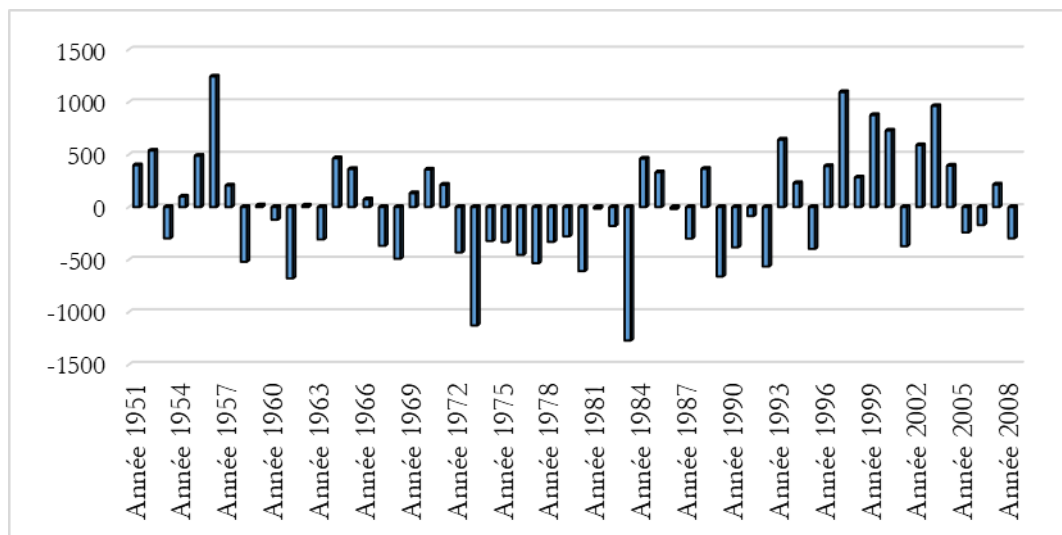


Figure 29 : Anomalie centrée réduite de la série de données (1951-2008)

Évolution des températures : Analyse des données de la station de Kribi entre 1971 et 2006

Pour des raisons de disponibilité de données, cette analyse des températures prend en compte les années 1951-2007. Au cours de cette période, la moyenne des températures annuelles est de 26,90, avec un maximum de 28,160 en 1998 et un minimum de 24,850 en 2006 (figure 30).

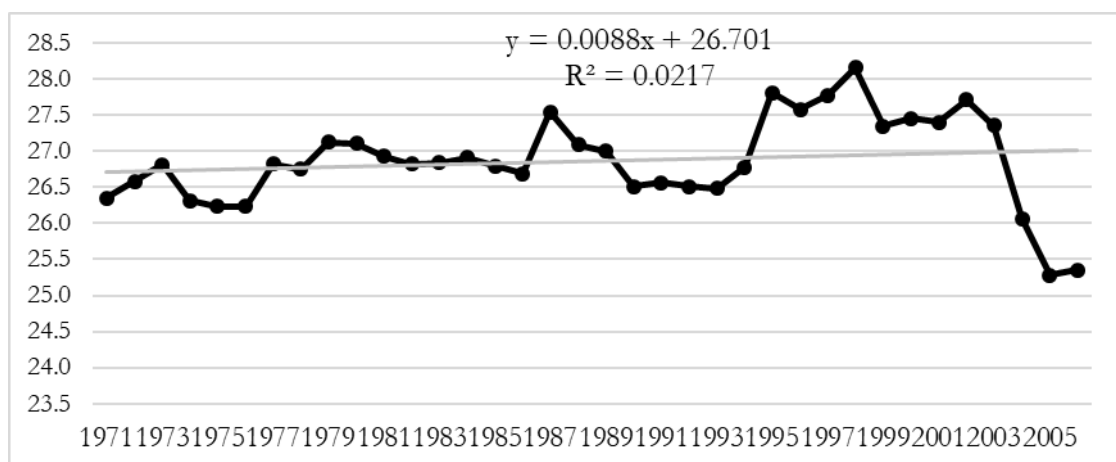


Figure 30 : Variation interannuelle des températures (°C) à Kribi

On constate à partir de la figure ci-dessus que les températures interannuelles ont enregistré une dynamique considérable. Les plus faibles températures sont enregistrées en 2005 (25,4°). Les années 1988, 1996-2003 présentent les niveaux de températures les plus élevées, avec un pic qui se situe en 1998 (28,2°). Cette augmentation des températures influe sur l'occupation du sol, surtout au niveau des écosystèmes côtiers qui s'exposent au phénomène de dégradation. Au niveau mensuel, les mois les plus pluvieux sont septembre et octobre, avec plus de 334 mm de pluie. Quatre mois secs sont constatés (janvier, février, juin et décembre) (figure 31).



Figure 31 : Variation mensuelle des températures et des précipitations à Kribi

Ces résultats se rapprochent sensiblement à ceux de **Mena et al. (2016)**. Il fait une analyse du régime pluviométrique de la région de Kribi entre 1935 et 2006. Il témoigne non seulement une variation du dit régime, mais aussi des mutations temporelles et quantitatives concernant la distribution des précipitations mensuelles, saisonnières et annuelles. Les mois de janvier, février, mars, avril, mai, septembre, octobre, novembre et décembre humides entre 1935-1970 se caractérisent entre 1971-2005 par une récession pluviométrique. Néanmoins, les mois de juin, de juillet et d'août en déficit hydrique entre 1935-1970, sont caractérisés par d'abondantes pluies entre 1971-2005. Ils estiment que ces anomalies pluviométriques ont provoqué : (1) une longue sécheresse parfois effritée par l'humidité ; (2) une réduction du nombre de saisons (04 saisons entre 1935-1970 puis 2 saisons entre 1971-2005), (2) une instabilité et une modification progressive du régime pluviométrique.

L'utilisation de la bande thermique Landsat 8 en 2015 pour ce qui est des températures montre aussi un résultat semblable aux analyses précédentes (figure 32).

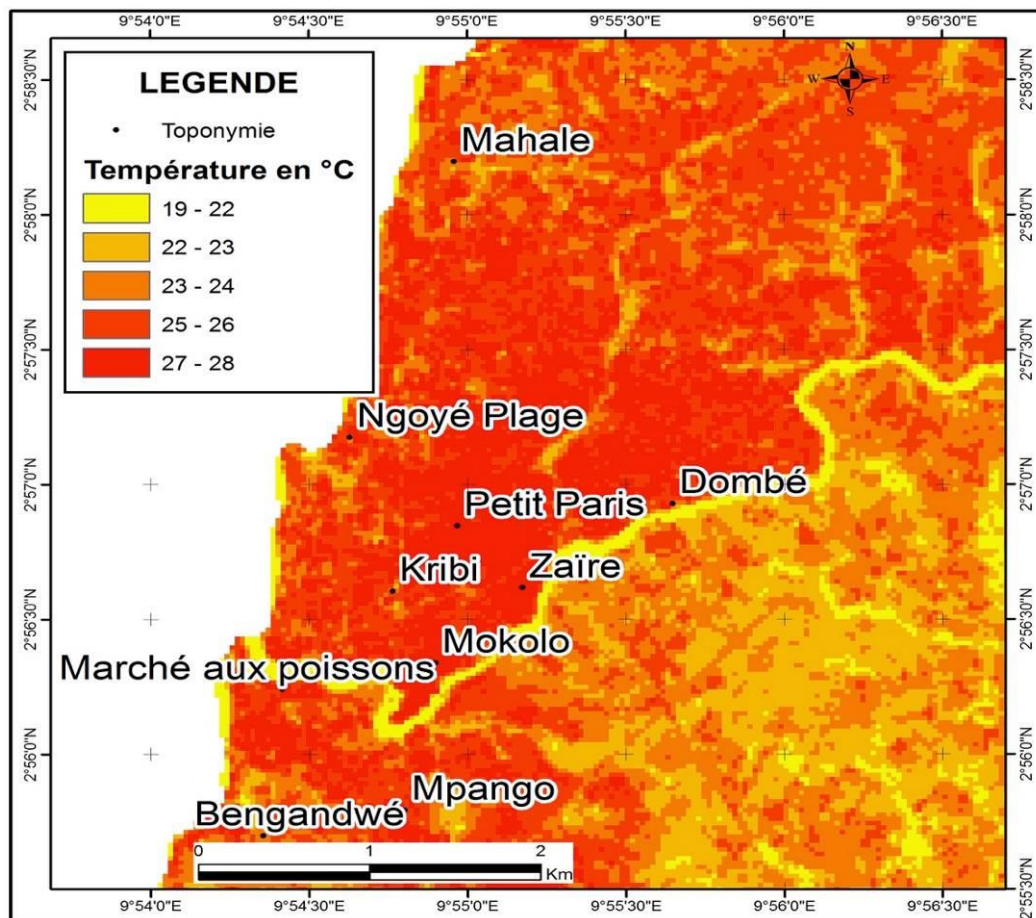


Figure 32 : Modèle de température de surface à Kribi et ses environs en 2015.

Ce modèle de température laisse apparaître des discontinuités dans la répartition spatiale des températures de surface. La ville de Kribi présente par endroits des températures faibles, moyennes, et très élevées. La ville de Niété (avec ses plantations et usines agro-industrielles) vient en seconde position. La tendance décrite par ce modèle ne s'éloigne pas fondamentalement de celle issue des données enregistrées par les stations météorologiques. Il vient confirmer le fait que la ville de Kribi est au contact de plusieurs masses d'air (océaniques et continentales) qui influencent son climat et rend ce modèle insaisissable. Les pluies alternent avec le soleil de façon spontanée (PNACC, 2015).

Le constat après ces analyses est celui selon lequel un aménagement urbain durable ne peut se faire dans la ville de Kribi (comme dans d'autres villes côtières camerounaises), sans prendre en compte le paramètre climatique, mais aucune tendance claire n'a pu être définie

VI.3. Les facteurs amplificateurs de l'érosion côtière a cap Cameroun

VI.3.1. Les facteurs externes à l'estuaire du Wouri/ Cap Cameroun

VI.3.1.1. Le climat

➤ Évolution de la pluviométrie

La ville de Douala est l'une des villes côtières les plus arrosées en Afrique. Elle reçoit en moyenne 4 000 mm de pluie par an, avec des températures moyennes annuelles qui se situent autour de 27°C (Mbevo, 2016b).

Bien que la figure 33 ci-dessous montre baisse des précipitations, cette localité reste suffisamment arrosée entre 1951 et 2010.

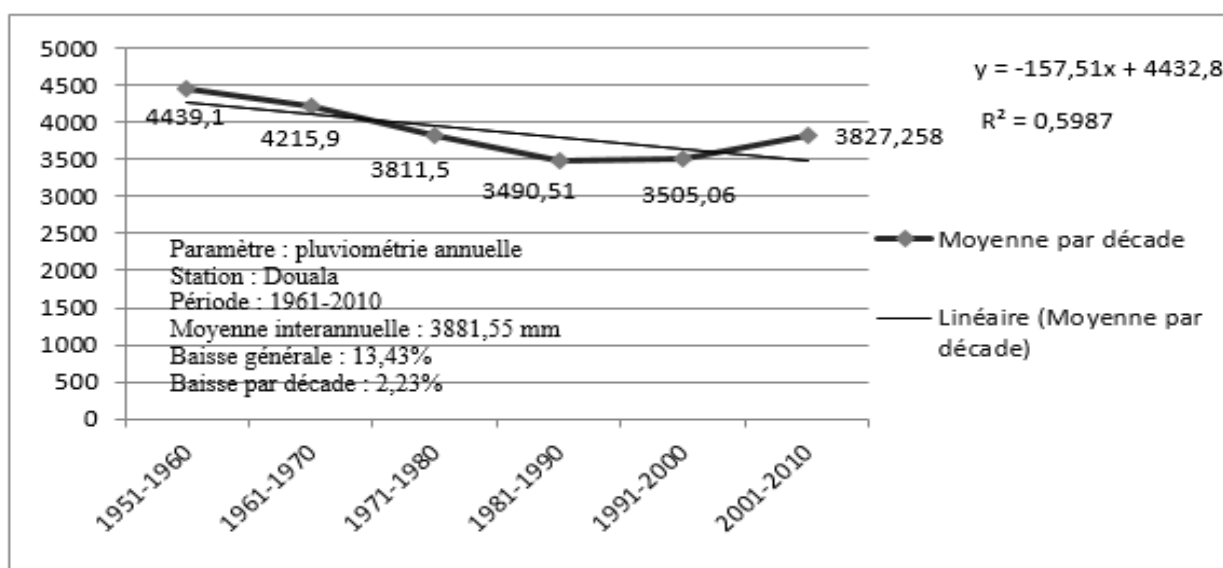


Figure 33 : Évolution des paramètres pluviométriques à Douala entre 1951 et 2010. Données annuelles collectées dans la station météorologique de Bonandjo.

On peut ainsi déceler les années excédentaires et les années déficitaires (figure 34). Les années 1983, 1984 et 1998 sont les plus faiblement arrosées.

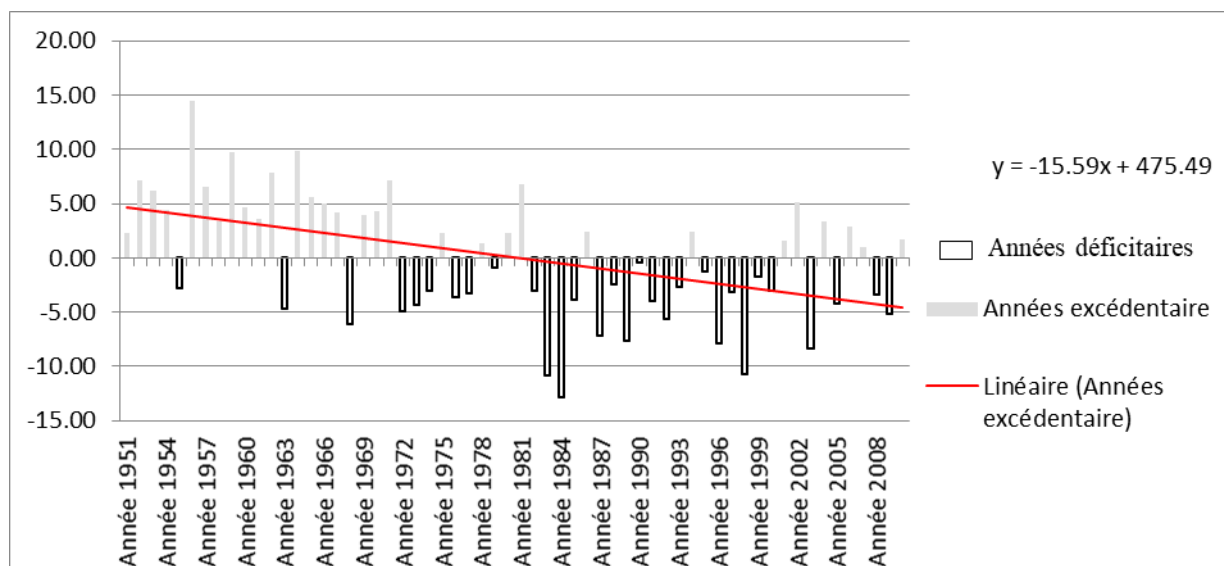


Figure 34 : Anomalie centrée réduite de la série de données annuelles (1980-2010)

Il ressort de ce graphique que sur les 60 années qui constituent la période d'étude 30 années sont excédentaires et 30 déficitaires. Toutefois, les déficitaires sont plus prononcés entre 1980 et 2010 et se différencient par leurs écarts à la moyenne très élevés ; tandis que les excédentaires se révèlent moins aigus. En outre, la dernière année de la série est marquée par des excédents pas très prononcés, respectivement avec des excédents de 168,45 mm ; ce qui explique la tendance générale à la baisse des précipitations surtout ces dernières années.

Dans le même ordre d'idée, les projections du PNUD, (2000) sur la progression des précipitations au Cameroun montrent un grand changement qui varierait de -12 à 20 mm par mois (8 à +17 %), soit 1 à 3 mm par mois (0 à 2 %).

Dans la totalité, le profil climatique de Douala est de type mono modal, présentant de fortes variations entre les années. Ce profil climatique a été prédit à l'échelle globale par le GIEC, et au niveau national par certains auteurs comme Molua (2009). Fort de cette situation,

Évolution des températures

L'écart des températures entre le maximum et le minimum annuel (8,3 °C) peut témoigner de la forte variabilité des températures entre les années. La moyenne générale de températures de 1961 à 2010 est de 26,8 °C avec un écart type de $\pm 0,53$ °C.

L'indice de chaleur (voir annexe 5) permet de tracer la courbe de tendance linéaire qui met en évidence une augmentation graduelle des températures dans la localité Douala. Cette tendance est la conséquence de plusieurs facteurs dont les impacts sont déjà évalués au plan mondial. Il en ressort qu'entre 1961 et 2010, Douala a enregistré une tendance à trois

niveaux par rapport à la moyenne : une tendance vers la baisse (1961-1969), une tendance relativement stable autour de la moyenne (1970-2000) et une tendance vers la hausse (2001-2010) (figure 35).

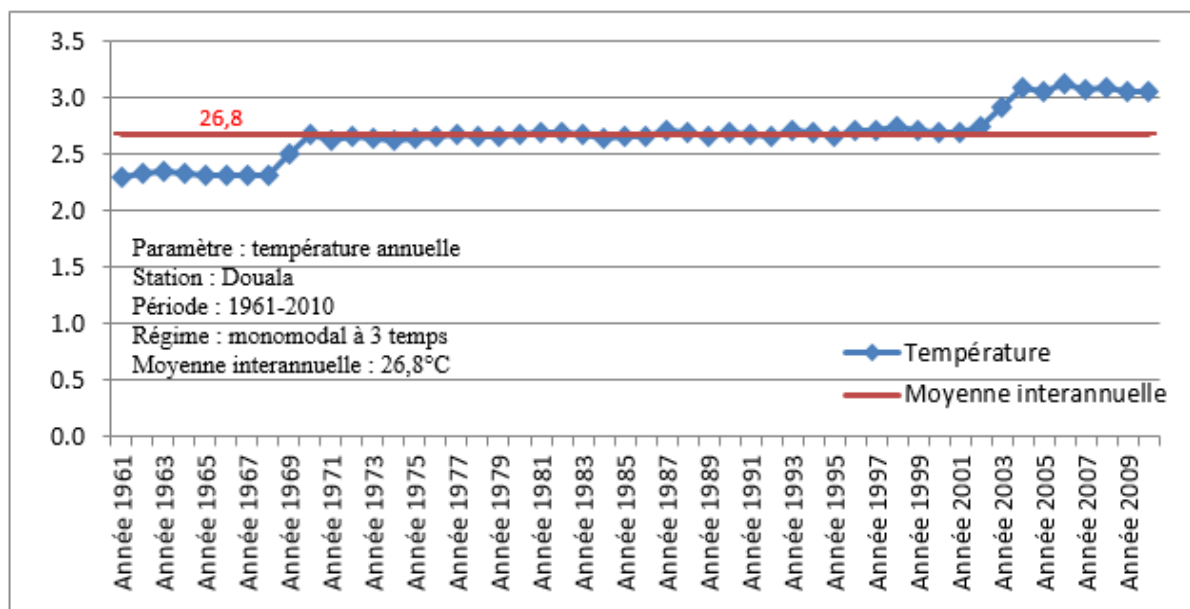


Figure 35 : Évolution interannuelle des températures dans la ville de Douala (1961-2010)

On constate à travers ce graphique que la température a tendance à augmenter de 1961 à 2010.

Comme les régimes thermiques mensuels, les températures sont très variables à l'échelle interannuelle à Douala, avec une moyenne qui se situe à 26,8 °C pour l'ensemble de la période d'étude : 2006 fut l'année la plus chaude avec une température moyenne 31,3, suivi de 2008 avec 30,8 °C ; 1961-1968 furent des années les moins chaudes, avec des températures qui tournent autour de 23°C comme moyenne annuelle. Il faut aussi remarquer qu'à partir de l'année 1969, les températures ont évolué de façon progressive jusqu'en 2010.

Les grandes variations observées sur ce graphique épousent la grande tendance globale décrite par le **GIEC (2007)**. En effet, l'année 2003 qui marque le premier pic de chaleur de la série par rapport à la moyenne s'inscrit dans le contexte mondial des fortes températures du début des années 2000. Cette tendance à la hausse atteint son culminant en 2006 qui fut la deuxième année la plus chaude des 100 dernières années après 2005.

Dans le même sens, **Molua et al, (2009)** ont prédit une augmentation de 1°C pour tout le Cameroun au cours du 20ème siècle. Cette tendance se rapproche à la situation observée à Douala (0,5°C), car une augmentation d'un demi-degré Celsius au cours d'un demi-siècle correspondrait à une augmentation d'un degré Celsius en un siècle.

Une mise en relation de la variation des températures et des précipitations montre que ces deux paramètres ne sont pas corrélés pendant toute la période étudiée (figure 36). L'hypothèse selon laquelle les températures sont conditionnées par la fluctuation des précipitations ne s'avère donc pas vraie en tout lieu. Douala, vu sa situation au front de mer, peut bénéficier jusqu'à une certaine distance de l'humidité provenant de l'océan.

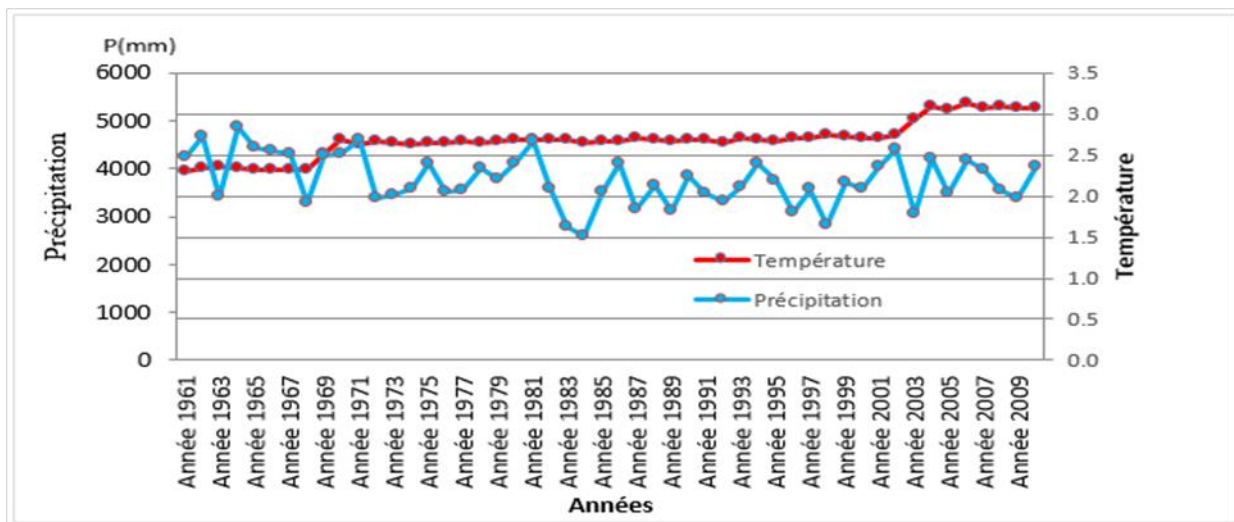


Figure 36 : Évolution des températures et des précipitations dans Douala entre 1961 et 2010

À travers ce diagramme, nous constatons qu'il existe des intervalles d'années dans lesquelles les hausses de température sont en corrélation avec les baisses de précipitation (1960-1968 et 2003-2010), et les intervalles où les températures évoluent indépendamment de la fluctuation des précipitations (1970-2000). En clair, la baisse des précipitations d'une année à une autre n'entraîne pas forcément l'augmentation des températures et vice versa (**Fosso, 2014**). Ce constat est le même que celui fait par le rapport 11 du Climate Service Center en 2013 pour le bassin du Congo (période 1960-2000). D'après ce même rapport, la tendance des variations est supposée par une augmentation des températures et une diminution progressive des précipitations au cours du 21ème siècle selon les divers scénarios climatiques. Suivant le Plan National d'Adaptation au Changement Climatique, cette augmentation des températures a causé d'importantes inondations dans la partie littorale Sud Camerounais (**PNACC, 2015**). Les 20 dernières années, elles ont touché près de 90 000 personnes et ont tué plus 100 (**EM-DAT, 2013**).

VI.3.1.2. La marée

La marée est le principal facteur de l'érosion côtière à Cap Cameroun. Certains chercheurs ont injustement attribué les causes de phénomène aux précipitations, ceci s'avère faux, au regard

de la figure 37. En effet, les pics de précipitation à Cap Cameroun sont enregistrés entre les mois de juin à août. Mais c'est plutôt en cette période que les plus faibles hauteurs de marées sont enregistrées. Les mois de janvier, février, et décembre sont les mois pendant lesquelles les plus hautes marées sont enregistrées, et sont respectivement des mois de sécheresse.

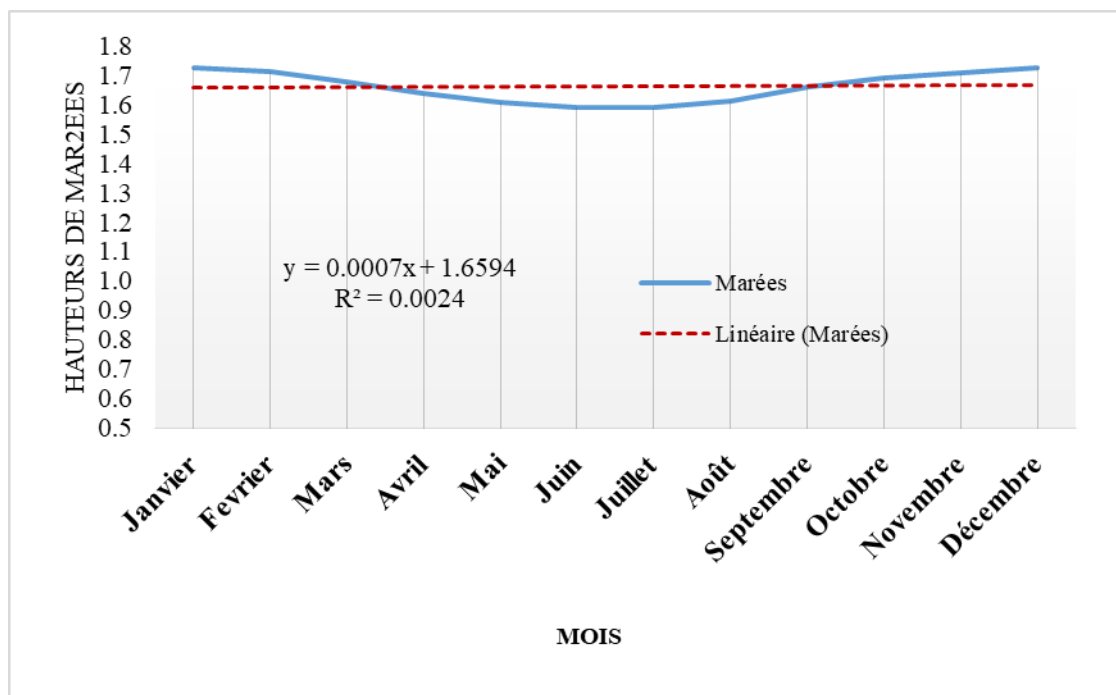


Figure 37 : Variation mensuelle des hauteurs de marées à Cap Cameroun, entre 2010 et 2017
 Une analyse interannuelle permet de constater une forte variation des hauteurs de marées. Il apparaît que les hauteurs évoluent en fonction des saisons, mais aussi de la position de la terre par rapport au soleil et à la lune. En 2010, la moyenne des marées est de 1,66m; elle va augmenter de quelques centimètres en 2012 pour se stabiliser de nouveau en 2013. Une autre chute est constatée en 2015, suivi d'un pic en 2016, atteignant 1,68 m de hauteur (figure 38).

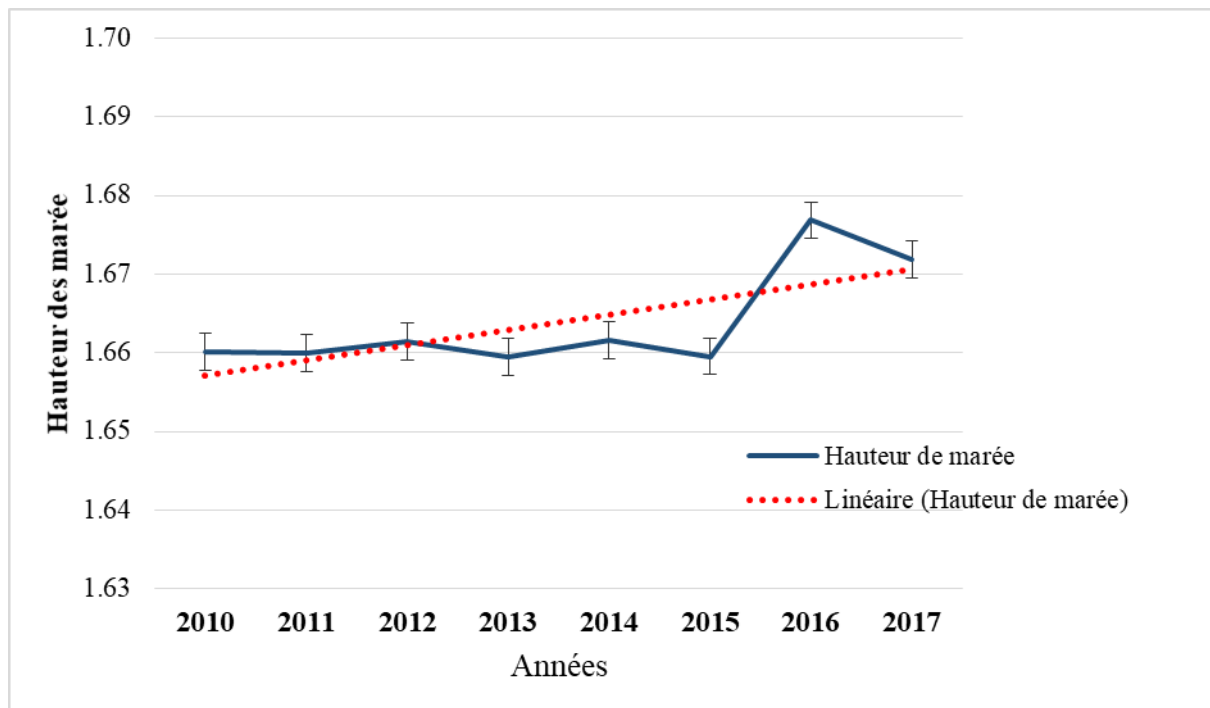


Figure 38 : Variation interannuelle des marées à Cap Cameroun entre 2010 et 2017

Trois pics de marée sont identifiés en 2016 et 2017, pendant les mois de février, septembre et octobre. Des hauteurs « exceptionnelles » de 1,8 m et 1,7 m sont enregistrées en ces deux années respectivement (figure 39).

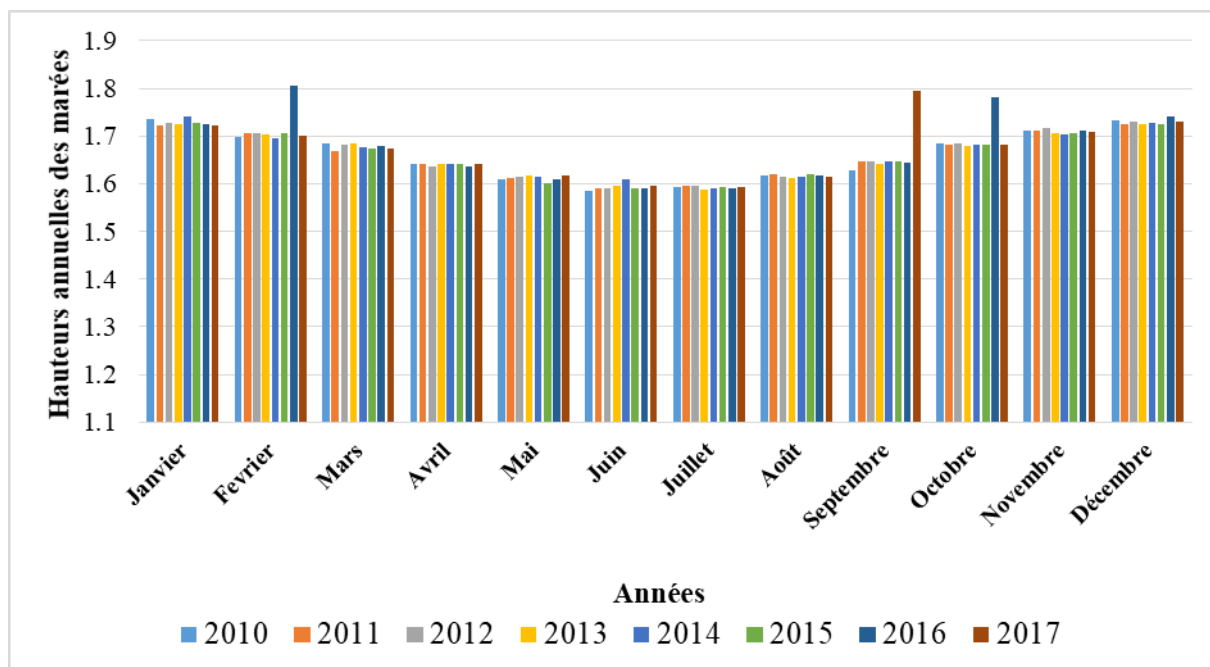


Figure 39 : Synthèse des hauteurs de marée à Cap Cameroun entre 2010 et 2017

VI.3.2. Les facteurs internes à l'estuaire du Wouri / Cap Cameroun

VI.3.2.1. La croissance démographique

La ville de Douala a connu une croissance démographique fulgurante entre 1984 et 2015. Chef-lieu de la Région du Littoral, capitale régionale et capitale économique du Cameroun, Douala abrite une population importante et représente à elle seule 76,0 % de la population totale de la région (BUCREP, 2005). La population de cette métropole est progressivement passée de 0,0025 million en 1984 pour atteindre 1,8 million en 2000, puis 2,94 millions en 2015. Une projection sur 2030 situe le seuil de la population de Douala à 4,2 millions d'habitants (figure 40).

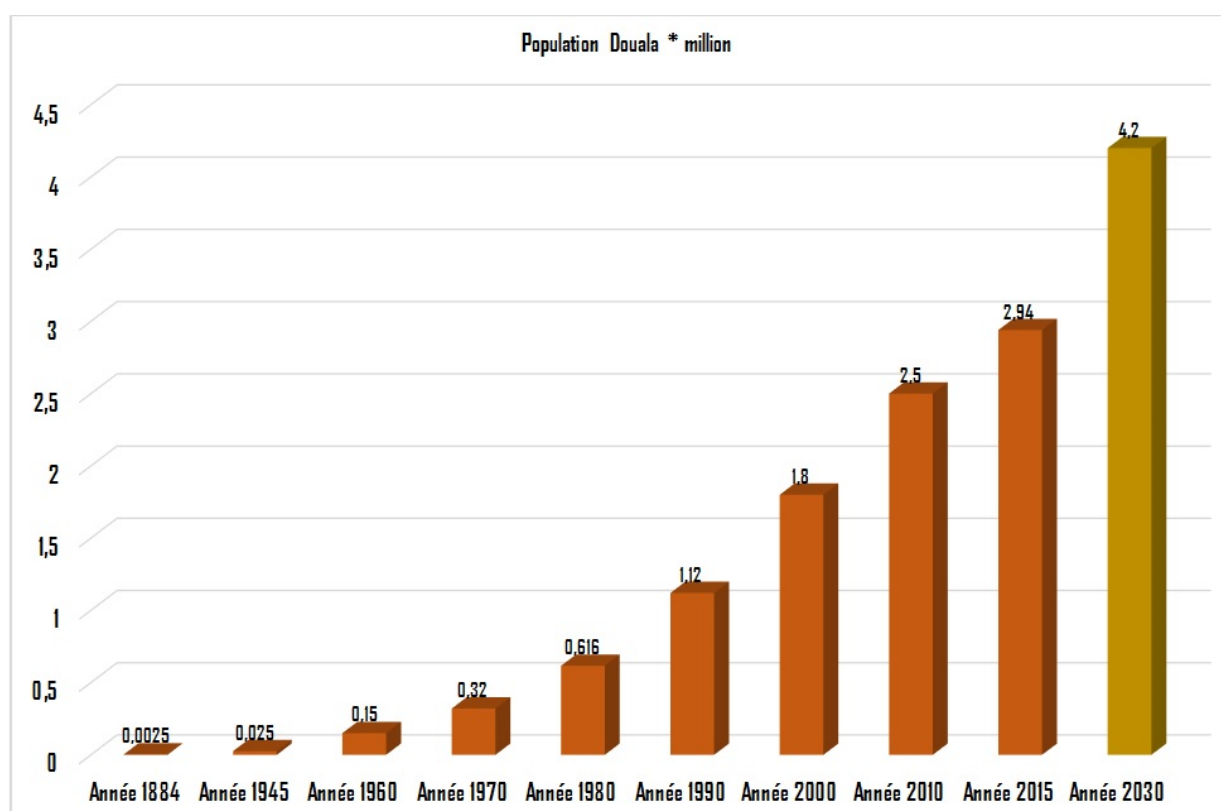


Figure 40 : Évolution de la population de Douala en 1984 et 2030 (source des données : BUCREP, Atlas Socio)

Cette croissance démographique a donc des répercussions sur Cap Cameroun. En effet, cette localité constitue le principal point de ravitaillement de la ville de Douala en produit halieutique, à près de 65 % (Mbevo, 2016). En 1976, cap Cameroun avait une population de 936 habitants. Cette population est passée à 1877 en 2005, pour attendre plus de 2654 habitants en 2015 (figure 41).

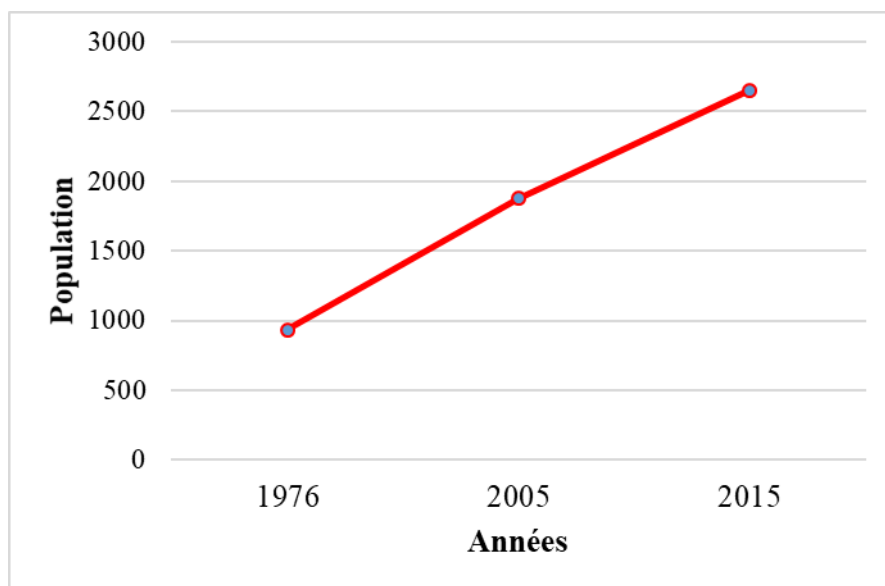


Figure 41 : Évolution de la population de Cap Cameroun entre 1976 et 2015. (Source des données : BUCREP, 2010)

Cette croissance démographique urbaine touche cependant presque tout le Cameroun. Suivant Tchindjang et al. (2019), le taux d'urbanisation au Cameroun est passé de 28,5% en 1976 contre et 39,0% en 1987 ; 47,2 en 1997, 48,8% en, 2005 et 52% en 2010 avec 2 villes millionnaires et 17 villes d'au moins 100 000 habitants. Il en est de même dans certains pays africains. Tchindjang et al. (2019) montre des taux d'urbanisation spectaculaires des villes côtières d'Afrique Atlantique³ : (figure 42).

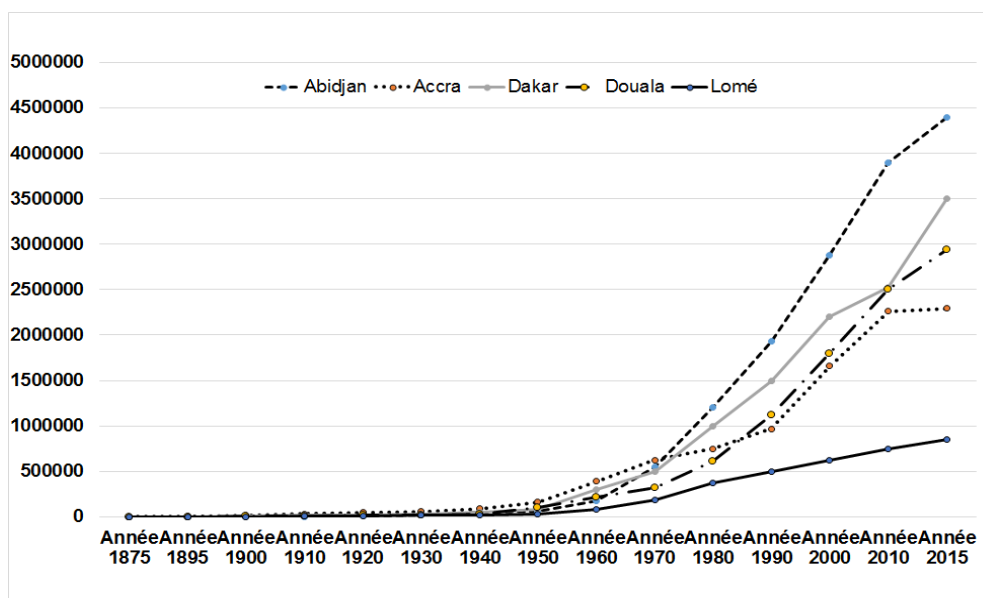


Figure 42 : Évolution de la population urbaine de cinq villes côtières d'Afrique Atlantique de 1875 à 2015. Lomé est représentative de toutes les petites villes côtières dont Cotonou et Libreville (Source : Tchindjang et al. 2019).

³ <https://www.mediaterre.org/actu.20160523160317.11.html>

VI.3.2.2. L'expansion urbaine à Douala

La ville de Douala a connu une extension remarquable entre 1916 et 2016. Ceci s'est fait au détriment des espaces de mangrove, ce qui entame leur fonction de protection du littoral. Dès lors, en guise d'une délimitation inspirée de Dzalla (2013), on constate et au travers les images satellites, que l'extension spatiale de la ville de Douala s'est faite de façon assez anarchique. Dans un contexte de vulnérabilité naturelle aussi prononcée, une telle urbanisation apparaît comme amplificatrice des inondations et de l'érosion côtière. Depuis 1959, Douala dispose d'un plan directeur de référence : le Plan Dorian. Un autre a vu le jour en 2012 : le Plan Directeur de l'Urbanisation « *horizon 2025* » (PDU). Ce dernier présente de fortes améliorations, mais le véritable problème se situe au niveau de son applicabilité. La libre cour accordée aux populations a fait en sorte que des habitats anarchiques se sont multipliés. L'imperméabilisation des sols qui en découle accentue ainsi le ruissellement superficiel, (infiltration limitée), accroît la vitesse d'écoulement et les hauteurs d'eau (**Beseme, 1995**) et constitue autant d'obstacles à l'écoulement naturel des eaux. (**Defossez, 2010**). Des actes de déguerpissements se sont multipliés, avec, des indemnités très coûteuses. Suivant les travaux d'Amanjieu (2018), de 1993 à 2018, plus de 16 cas de déguerpissements s'étendant sur 23 quartiers sont enregistrés. Ces déguerpissements ont entraîné le déplacement d'environ 17 812 ménages.

Les mangroves urbaines et péri urbaines à Douala subissent une pression considérable suite à cette urbanisation galopante. Dans la ville de Douala par exemple, les mangroves du Bois de Singes ont été complètement dévastées au profit de la ville (Toukep Djoumou, 2012). En général, l'aire urbaine s'accroît d'année en année (figure 43), sans que les investissements infrastructurels suivent le même rythme. La croissance de la population s'accompagne de la conquête des espaces environnants.

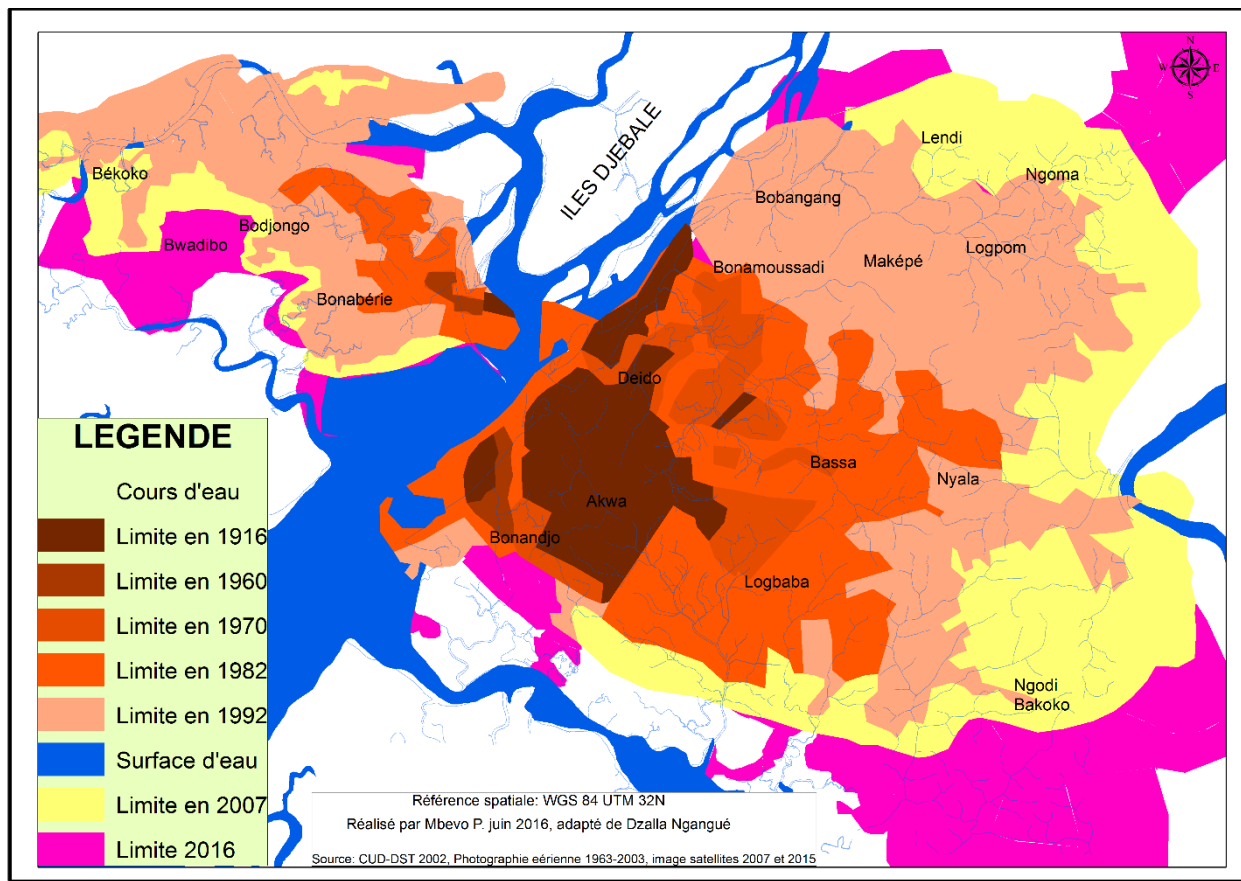


Figure 43 : extension spatiale de la ville de Douala au Cameroun depuis 1916 (Source CUD-DST, 2002 modifiée)

La figure 44 permet de mieux visualiser cette dynamique progressive de de la trame urbaine de la ville de Douala.

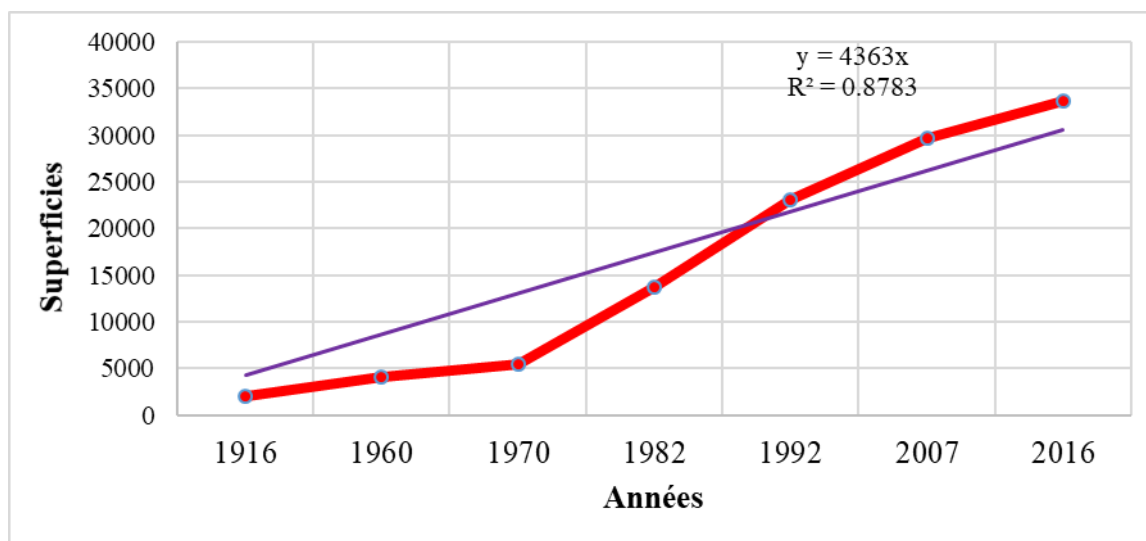


Figure 44 : Évolution de la trame urbaine de la ville de Douala entre 1916 et 2016 en hectare. Cette pression urbaine se ressent aussi au niveau des mangroves à Cap Cameroun. L'augmentation de la demande en poisson accroît le nombre de pêcheurs dans la localité. Ces

derniers exercent une pression sur la mangrove qui à elle seule couvre déjà plus de 80 % des besoins énergétiques domestiques de ces populations (Planche photo 4).



Planche photo 5 : fort usage de la mangrove dans les zones côtières. (Cliché : Mbevo, 2014)

Sur ces photos, apparaissent les principaux secteurs qui amplifient cette dégradation de la mangrove à Cap Cameroun. Il s'agit de la pêche avec le fumage des poissons, de la construction des logements et de l'usage domestique du bois.

- **La pêche :** Le fumage des produits de pêche (poissons, écrevisses...) est très consommateur de bois. C'est l'une des raisons qui expliquent la forte pression humaine sur les mangroves de Cap Cameroun.
- **La construction des logements :** En effet, la quasi-totalité des maisons qu'on retrouve à Cap Cameroun sont faites en matériaux provisoires (en bois), et donc très consommateur en mangrove.
- **L'énergie domestique :** Près de 80 % de l'énergie domestique utilisée dans les zones côtières au Cameroun est constituée de bois de mangrove. Comme l'illustre la photo ci-dessus, le bois est le point de départ de la transformation de plusieurs produits culinaires.
- **L'agriculture :** Il est clair que l'activité agricole s'accompagne d'une destruction de la mangrove, surtout dans les pays en développement où elle se pratique encore de façon extensive.

Cet état de fait (qui se poursuit encore en s'intensifiant) participe à réduire la superficie des mangroves et par conséquent amplifie l'érosion côtière (planche photo 6).



Planche photo 6 : Pression anthropique sur les mangroves de Cap Cameroun (cliché : Mbevo, avril 2019)

VI.3.2.3. Le prélèvement du sable dans l'estuaire du Wouri.

Les grands chantiers en cours dans la ville de Douala sont très consommateurs de sables. Les populations riveraines de l'estuaire du Wouri se livrent ainsi à des actes de prélèvement du sable à des fins purement économiques. Cette activité non seulement va à l'encontre de la réglementation, mais crée un déficit sédimentaire que l'océan compense par érosion (planche photo 7).



Planche photo 7 : Cas de prélèvement du sable dans l'estuaire du Wouri.

VI.3.2.4. L'aménagement portuaire : Le port autonome de Douala

Le PAD est situé au cœur du golfe de Guinée, entre les parties occidentale et centrale de l'Afrique. Il s'étend le long du fleuve Wouri. Ses coordonnées géographiques sont 04° 03' 5 de latitude Nord et 09° 41'8 de longitude Est. C'est un port d'estuaire, c'est-à-dire situé sur un fleuve mais bénéficiant de l'influence de la marée. Sa localisation géographique le protège des grands mouvements marins (figure 45). Le PAD dispose ainsi d'un plan d'eau relativement calme. En effet la mer est située à 50 km du port.

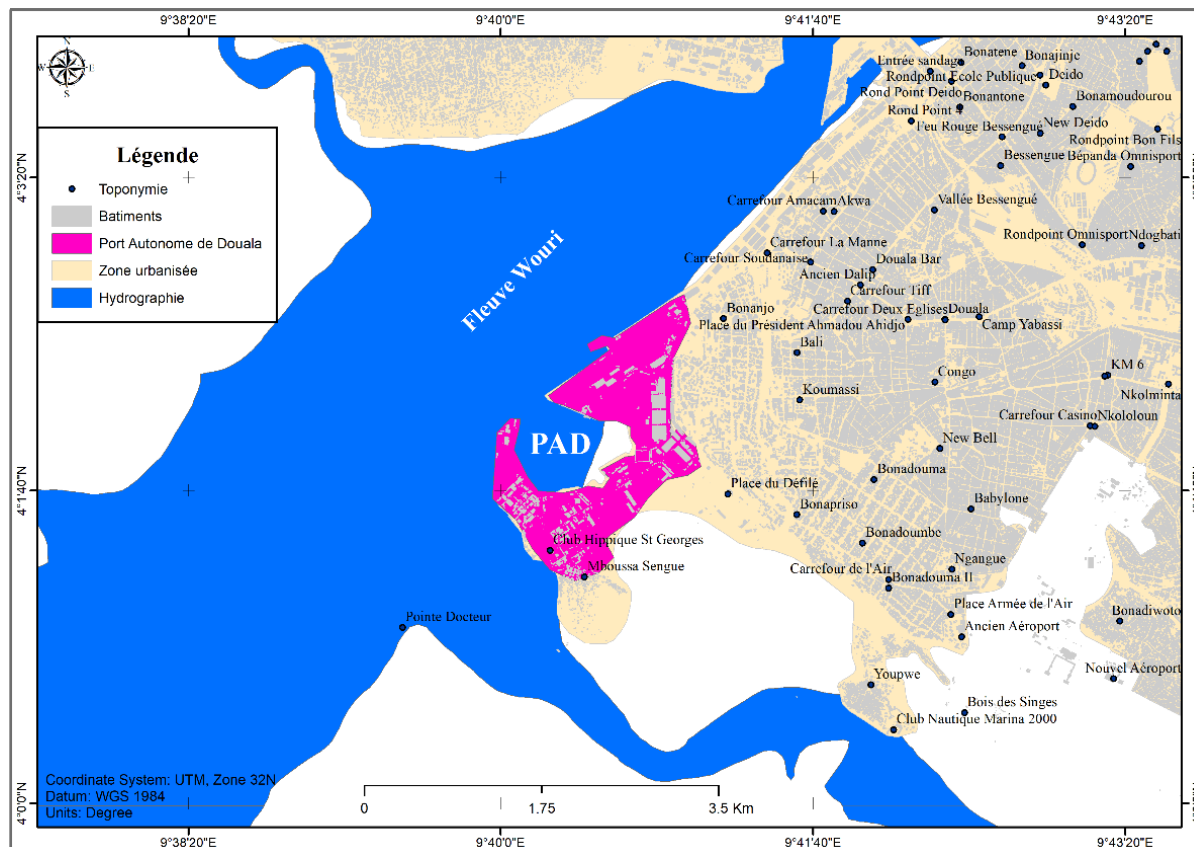


Figure 45 : Localisation du PAD (par Mbevo, source de données : CUD, 2015)

« L'activité commerciale du Port Autonome de Douala date du 19^{ème} siècle, lorsque les premiers investissements y sont réalisés pour favoriser les échanges entre les peuples de la côte et de l'intérieur d'une part et les commerçants de Hambourg et Brême (en Allemagne) d'autre part.

Les premiers travaux effectués au PAD datent de 1881. Ils ont été exécutés par la compagnie allemande de navigation : « Woerman-line ». Suite à la Première Guerre mondiale qui met un terme à la domination et à la présence allemande au Cameroun, le PAD est rendu à un mouillage accessible en pleine mer aux navires ne calant pas plus de 5,40 m. Ses infrastructures comprennent : un Wharf accostable de 60 mètres, un quai de chalandage, sept appontements privés et des magasins reliés entre eux par une voie de 60 m. À cette même époque, le quartier Bonabéri était desservi par un quai de chalandage de 100 mètres de long. Des ateliers bien outillés et un dock flottant de 900 tonnes complétaient cet ensemble. La capacité annuelle de trafic était évaluée à environ 100 000 tonnes.

Au lendemain de la capitulation allemande, l'équipement du PAD est parmi les premiers objectifs des Français, devenus désormais maîtres des lieux du Cameroun Oriental. C'est ainsi qu'en 1922, ils organisent l'activité d'équipement du port autour d'un service spécial des Ports et

des voies navigables rattachées au service colonial des Travaux Publics. C'est le point de départ d'une longue, lente, mais résolue mue institutionnelle sous la houlette d'administrateurs et d'ingénieurs français. Lorsque le Cameroun devient indépendant en 1960, cette structure devient la Direction des Ports et des Voies Navigables, intégrée au Ministère des Transports.

En 1971, cette Direction sera transformée par une loi fédérale en un Office National des Ports et des Voies Navigables du Cameroun (ONPC). Cet organisme va vivre jusqu'en 1998, avant d'être soumis à une réforme en profondeur dont les prémices remontent à la table ronde sur l'activité maritime organisée en 1997 ».⁴

C'est de là que naît **la loi du 24 décembre 1998** qui définit les nouveaux contours du secteur portuaire. Une Autorité Portuaire Nationale (APN) voit ainsi le jour de même que quatre organismes portuaires autonomes (Douala, Garoua, Kribi et Limbé).

Le PAD compte désormais :

- 1 000 ha de réserve foncière ;
- 13 magasins banalisés sous-douane ;
- 02 zones d'entreposage long duré ;
- 20 km de voies ferrées connectées au chemin de fer Trans camerounais, qui relie Douala à N'Gaoundéré (Nord Cameroun) avec extension routière vers le Tchad et la République Centrafricaine (RCA) ;
- 20 km de réseau routier bitumé relié à l'hinterland.

VI.3.2.5. Le dragage du chenal à bateau du PAD

La sédimentation est un sérieux problème environnemental dans un port surtout estuarien comme celui de Douala, car le dépôt des sédiments en grande quantité réduit parfois considérablement le tirant d'eau et gêne par conséquent la navigation des bateaux. Il s'agit, dans le cas de l'estuaire du Wouri, de créer les conditions d'une réduction du taux de sédimentation qui impose en général un tirant d'eau moyen global d'environ 8 mètres et beaucoup moins vers les berges très envasées.

L'état du chenal d'accès nécessite obligatoirement un dragage régulier, un entretien permanent et éventuellement un élargissement ou un déplacement de son itinéraire amont vers une zone où se déposeraient moins de sédiments surtout sableux.

L'étude des accès du Port de Douala faite en 1987 a estimé les apports annuels des différents fleuves tributaires de l'estuaire du Wouri à 10 milliards de m³ pour le Wouri, 5 milliards pour le Moungo et 2 milliards pour la Dibamba.

⁴ <http://www.pad.cm/about/brief-history/>
<https://www.etudier.com/dissertations/Congestion-Du-Parc-a-Bois/61542736.html>

Le Port de Douala fait face depuis plusieurs années à un problème d'ensablement et d'envasement de son chenal d'accès, long de 50 km et pas assez profond, ce qui nécessite des travaux de dragage, d'approfondissement et d'entretiens réguliers de ce chenal (figure 46). Les sédiments dragués (sable et argiles) sont reversés en aval dudit chenal, vendu aux particuliers ou alors utilisés pour remblayer les routes dégradées.

« Avec l'appui du gouvernement de la République, deux dragues sont en cours d'acquisition. Une drague aspiratrice en marche de 3 000 m³ et une drague aspiratrice stationnaire. À ces acquisitions nouvelles, la drague polyvalente « Chantal Biya » est en cours de réhabilitation au Chantier naval et industriel du Cameroun », déclare Cyrus Ngo'o, le DG du PAD, dans une interview publiée ce mois d'octobre 2018, dans le journal interne de l'autorité portuaire⁵.

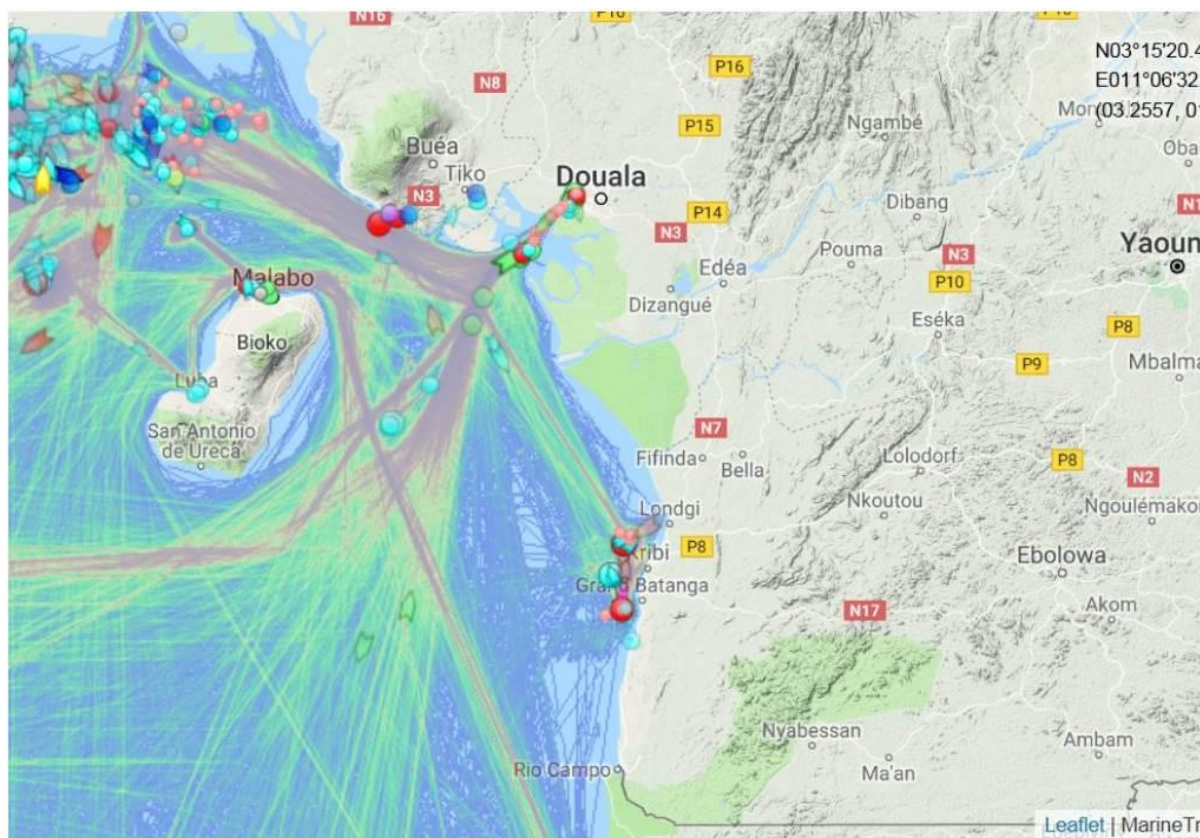


Figure 46 : Canal du PAD dans circuit maritime du Golfe de Guinée

Source : (<https://www.marinetraffic.com/en/ais/home/centerx:9.3/centery:3.8/zoom:8>)

Le quotidien camerounais de l' « économie », dans sa une du mardi 2 juillet 2019 annonçait l'arrivée d'un nouveau dragueur pour le PAD. Ce qui fait penser que les opérations de dragage vont désormais se multiplier pour la prospérité de cette entreprise et au grand détriment de l'environnement (photo 2).

⁵ <https://www.investiraucameroun.com/index.php/transport/0510-11492-le-port-de-douala-acquiert-deux-dragues-dont-une-de-3000-m3-pour-avoir-un-chenal-et-les-pieds-de-quai-bien-entretenus>



Photo 2 : La une du quotidien de l'économie centrée sur l'acquisition des dragueurs par le PAD.

BILAN

Somme toute, il était question dans ce chapitre de ressortir et d'analyser les facteurs de l'érosion côtière à Cap Cameroun et à Kribi. Cette analyse s'est appuyée sur l'exploitation des données démographiques, marégraphiques, climatiques et l'exploitation de la littérature existante. Ceci a permis de conclure du point de vue des facteurs externes à ces deux localités que les marées se sont intensifiées à Cap Cameroun entre 2010 et 2017, avec des hauteurs d'eau atteignant parfois plus de 2 m. La situation est moins alarmante à Kribi, où la moyenne des hauteurs de marées se situe à 1,2 m. Le climat (précipitation, température...) a connu une évolution contrastée, alternant les années très pluvieuses et moins pour certaines. Les précipitations moyennes annuelles se situent autour de 4 000 mm à Douala et à 2 825 à Kribi, pour une température de 27°C.

Les facteurs anthropiques identifiés sont la croissance démographique, l'urbanisation, le dragage du PAD, la construction du PAK, le prélèvement du sable sur les côtes kribiennes, les aménagements au front de mer, la destruction de la mangrove. Cette deuxième catégorie de facteurs apparaît comme prépondérante, eu égard son ampleur.

La théorie de la « *réciprocité* » ou de la « *complexité* » Hilhost convoquée dans ce travail trouve ainsi tout son fondement.

VII- APPORT DE LA TELEDETECTION ET DES GIG DANS LA GESTION DE L'EROSION CÔTIÈRE A CAP CAMEROUN ET KRIBI

Cette partie cherche à quantifier/cartographier l'érosion côtière sur la bande littorale entre l'embouchure du Wouri et du Nyong, à modéliser la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol et à proposer des pistes de réflexions pour réduire la vulnérabilité des populations. Les outils Digital Shoreline Analyse System (DSAS) sous ArcGis 10.2® et Erdas Imagine® sont utilisés pour la cartographie de l'érosion côtière et l'occupation du sol respectivement. Les images de types Landsat (des années 1973, 1986, 2000 et 2017 sont utilisées dans les deux cas, pour extraire les traits de côtes et la tendance de l'occupation du sol (voir chapitre Méthodologie)

VII.1. modélisation de la dynamique de l'occupation du sol à partir des images landsat.

VII.1.1. Modélisation de la dynamique de l'occupation du sol à Kribi

La prise en compte de la configuration de l'environnement immédiat dans la gestion de l'érosion côtière est déterminante. Notamment dans ce contexte marqué par une anthropisation accrue de l'espace côtier. Kribi se trouve être au centre de plusieurs enjeux (grands projets structurants⁶) dont la réalisation impact considérablement l'environnement physique.

➤ Entre 1984 et 2000

Le traitement cartographique d'une image Landsat de 1984 de la bande kribienne révèle que la région présentait encore un aspect relativement naturel, avec une domination de la forêt atlantique (72%) et des forêts secondaires (10 %). Les forêts dégradées étaient de faibles proportions (3 %) et les sols nus se concentraient autour des routes et des habitations se concentrent autour du centre urbain. Les unités d'agro-industries (Socapalm et Hévécam) étaient déjà présentes.

Un second traitement cartographique des images satellites montre de profonds changements, au début des années 2000. Le paysage littoral a subi de profondes mutations avec par endroits, de véritables ruptures du point de vue physionomique et structurel. La forêt dense est passée de 72 % à 67 % (2004), soit une perte de 5 %. Les forêts secondaires quant à elles ont engrangé des superficies, passant à 10 % en 1984 à 24 %, soit un accroissement de 14 %. Les forêts dégradées se sont étendues d'une valeur de 5,2 % au départ, pour atteindre 8,23 % en

^{6 6} Programme de construction de grandes infrastructures (principalement dans les domaines de l'énergie, transport - ports et autoroutes -, des télécommunications, mines...) en vue d'articuler l'émergence économique du Cameroun à l'horizon 2035 (MINEPAT, DSCE, 2009).

2004. Il en est de même pour les sols nus. Le paysage d'autre fois à dominance naturelle se trouve alors émietté du fait des activités humaines.

➤ **État du paysage en 2016**

Les résultats des traitements cartographiques des images Landsat de 2016 confirment le constat de 2000. La transformation du paysage s'est faite de façon croissante. C'est ainsi que la forêt dense est passée de 67 % en 2004 à 58,78 % en 2016 ; la forêt secondaire de 17 % en 2004 à 23 %, avec une forte tendance vers la dégradation. Les forêts dégradées se sont étendues passant de 8,23 % en 2004 à 11,28 % en 2016 de même que les sols autour de la ville. Entre autres contingences de cette évolution, les superficies des plantations agro-industrielles (Socapalm et Hevecam) se sont accrues et les projets structurants ont pris corps. Certains de ces derniers, à l'instar du complexe industrialo portuaire, du fait de leur grande emprise spatiale et des externalités négatives des activités sont concomitamment responsables de la déforestation et des pollutions diverses. En 2006, peut être en guise de réponse à la dynamique de déforestation sur la bande littorale kribienne, le Ministère de la Forêt et de la Faune (MINFOF), a créé, à la lisière de ses plantations, une forêt communautaire dont la gestion a été confiée à la Commune de Kribi II. Cette décision marque la fin de l'extension des plantations de Socapalm vers la partie Est de la Commune. Cependant, l'octroi par l'État, à la même période, de deux ventes de coupe⁷ (de 231,13 et 255,51 ha) dans la partie Sud attenante au port de Kribi, apparaît paradoxal. Aussi, la construction du port en eau profonde et les aménagements connexes qui l'accompagnent (construction d'une autoroute Edéa-Kribi, et du chemin de fer) sont des aménagements sources de transformation profonde du paysage littoral (figure 47, 48 & 49)). Ce dernier connaît ainsi, une nouvelle configuration visuelle qui s'accompagne cependant de la pollution sonore et olfactive.

⁷ Superficie de forêt bien délimitée et attribué à un exploitant forestier pour le prélèvement des espèces de bois, suivant le respect de la réglementation en vigueur, notamment le Diamètre Minimal d'Exploitabilité (DME).

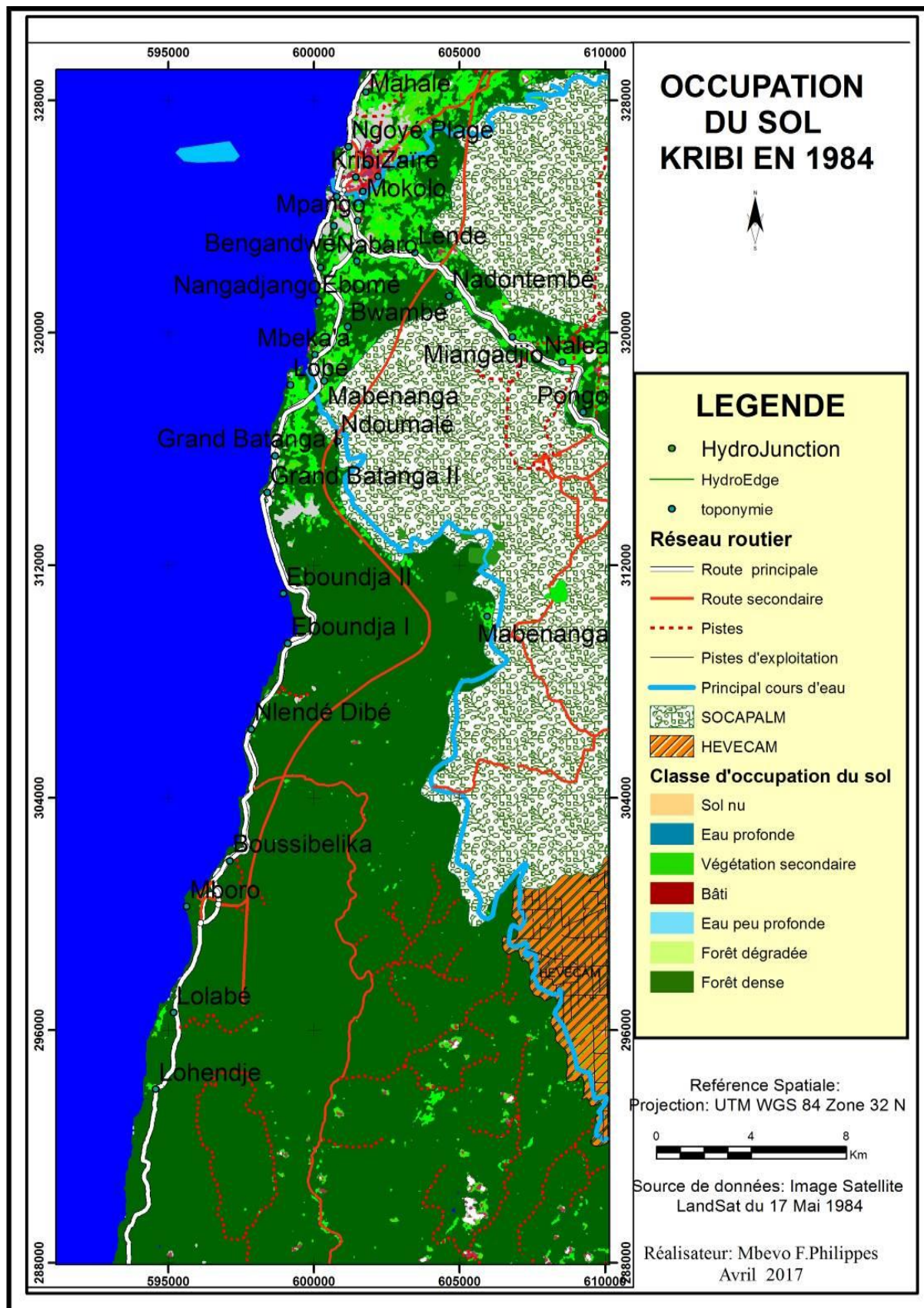


Figure 47 : État de l'occupation du sol sur le littoral kribien en 1986

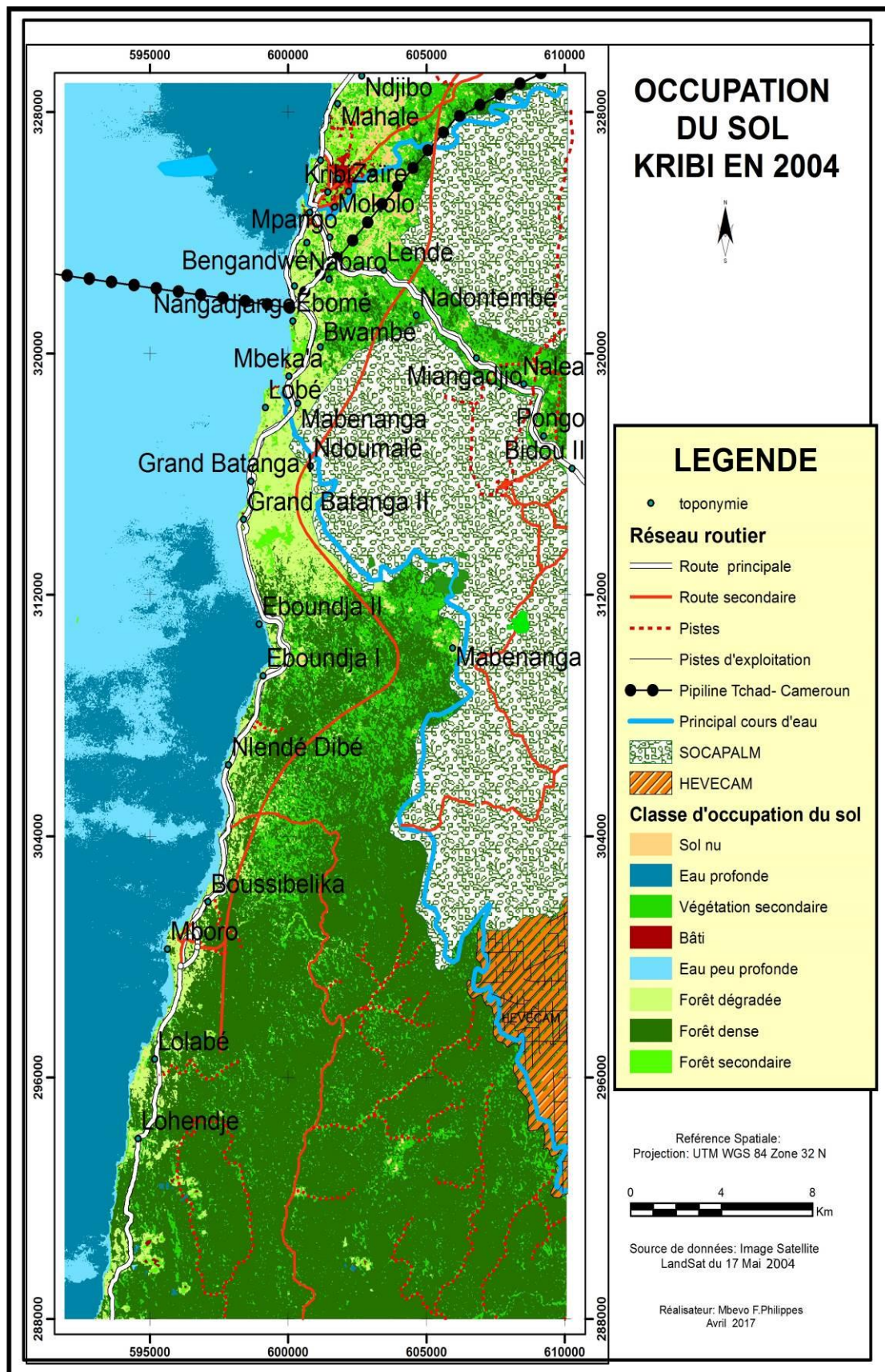


Figure 48 : État de l'occupation du sol sur le littoral kribien en 2004

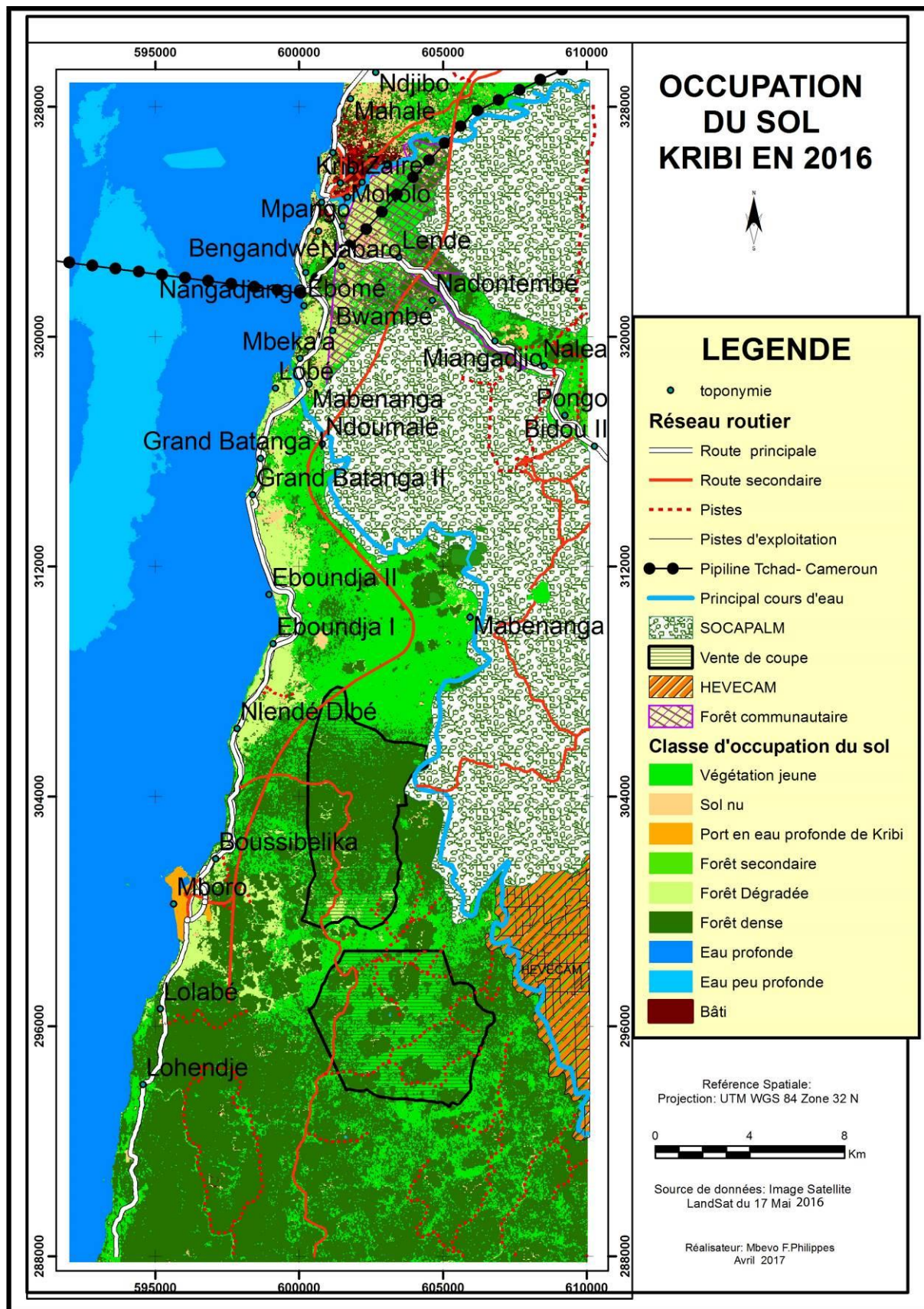


Figure 49 : État de l'occupation du sol sur le littoral kribien en 2016

Somme toute, la dynamique dégradante de l'occupation du sol sur le littoral kribien est une réalité. La transformation du milieu naturel est accrue et ses conséquences se lisent déjà sur la physionomie de l'espace et sur le sens de l'évolution des classes d'occupation du sol. L'analyse des superficies de ces classes rend cette réalité plus appréhensible (figure 50).

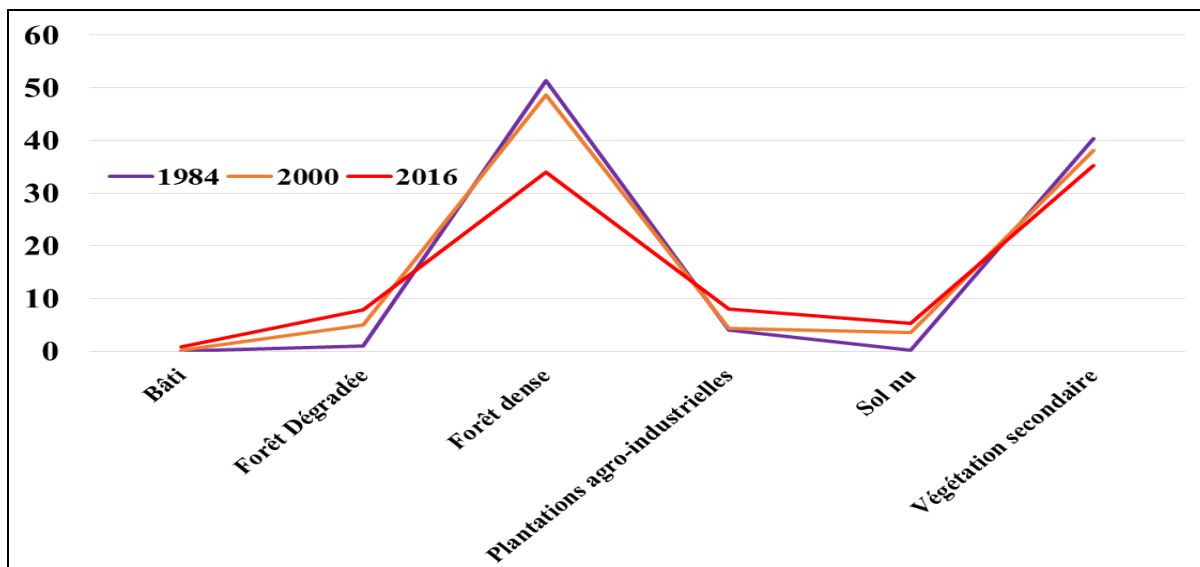


Figure 50 : Évolution des superficies d'occupation du sol sur le littoral kribien entre 1984 et 2004

Le constat est clair, certains éléments du paysage ont connu une dynamique progressive et régressive pour d'autres. La période pendant laquelle la dynamique est plus intense est celle comprise entre 2000 et 2016. C'est en cet espace de temps que l'environnement naturel a subi une forte transformation, marquée par une dégradation considérable de la forêt dense, une extension des plantations agro-industrielles et une augmentation des espaces bâtis (figure 51).

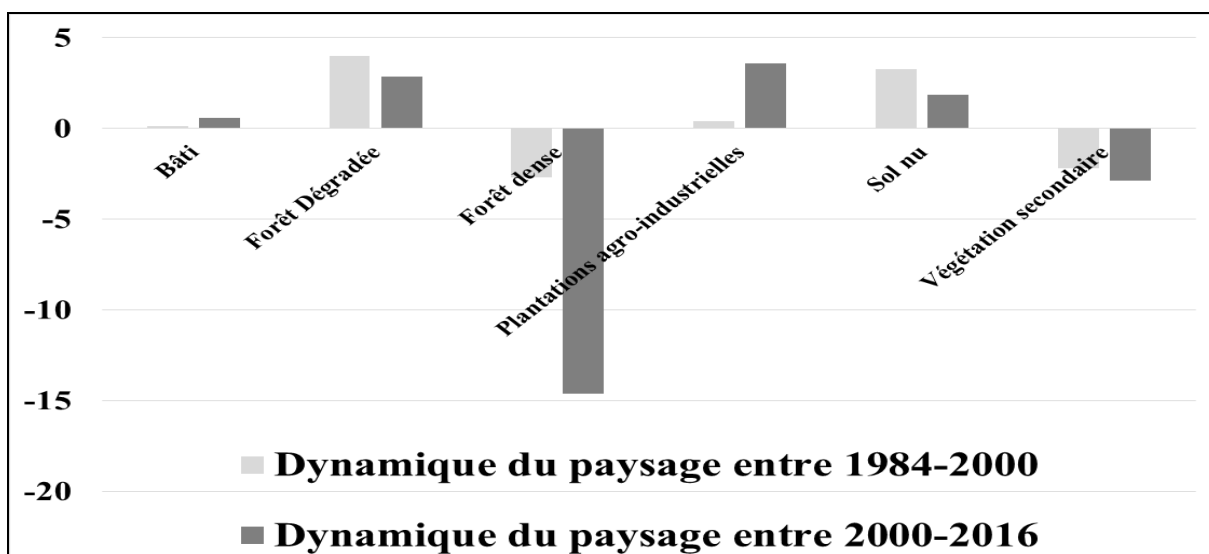


Figure 51: tendance mitigée du paysage littorale kribien (Source des données : Image Landsat de 1984, 2000 et 2016).

Le constat de la dégradation des ressources naturelles est établi. Celle-ci est essentiellement liée aux interventions humaines de plus en plus accrues sur la bande kribienne. La théorie de la tragédie des biens communaux de Garret Hardin, (1968) trouve ainsi son fondement sur cette bande côtière qui fait l'objet de plusieurs convoitises.

VII.1.2. Modélisation de la dynamique de l'occupation du sol à Cap Cameroun et ses environs

Cette rubrique consiste à appréhender et à interpréter la dynamique de l'occupation du sol (figure 52) à travers les différentes superficies des classes thématiques définies lors de la classification. Cette analyse qui est basée sur la comparaison des superficies des différentes années retenues dans le cadre de l'étude a permis de mieux appréhender la dynamique des différentes classes d'occupation du sol.

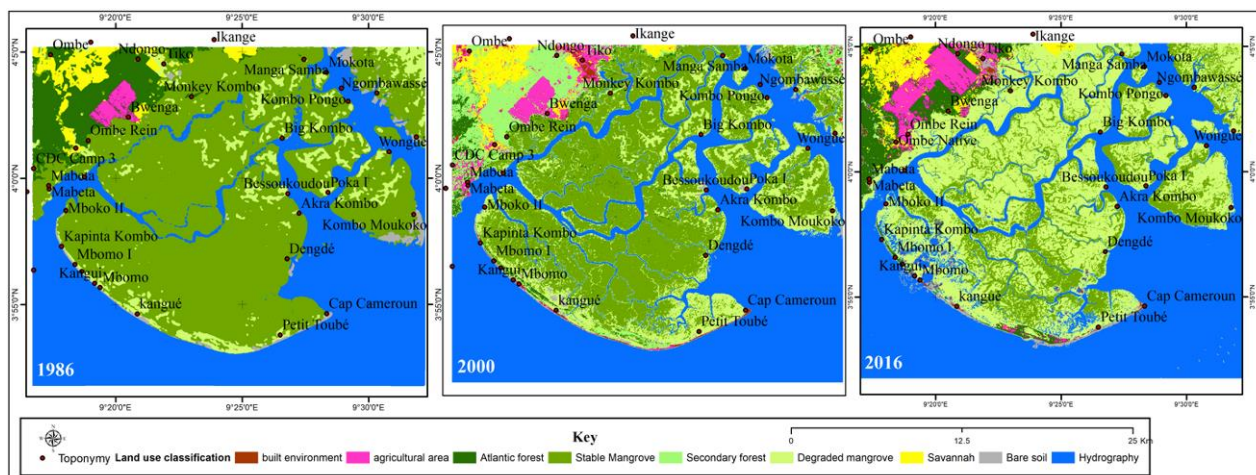


Figure 52 : Dynamique de l'occupation du sol à Cap Cameroun entre 1986 et 2016

Cette classification montre une dégradation de la mangrove autour de Cap Cameroun. Les missions de vérifications sur le terrain effectué en 2015 (dans le cadre d'une autre étude) ont permis de mieux affiner les résultats. La dégradation de cette mangrove est une réalité, à mettre compte des pressions anthropiques in situ. Toutefois il peut y avoir une certaine exagération car, les images traitées ont été prises en saison sèche et leur résolution de 30 m ne constitue pas un atout. Le tableau 8 ci-contre est une synthèse des superficies d'occupation du sol (tableau 7).

Tableau 7 : Synthèse des superficies d'occupation du sol

Classe thématique	1986	(%) 1986	Dynamique entre 1986 et 2000	2000	(%) 2000	Dynamique entre 2000 et 2016	2016	(%) 2016
Atlantic forest	4507.02	5.99	1.92	5865.01	7.92	-3.33	3410.82	4.59
Degraded mangrove	6978.14	9.28	11.16	15143.03	20.44	7.68	20889.78	28.11
Savannah	1639.71	2.18	0.33	1862.57	2.51	-1.98	397.87	0.54
Agricultural area	1228.43	1.63	0.48	1564.07	2.11	0.74	2114.99	2.85
Hydrographie	24916.40	33.14	2.96	26743.30	36.09	5.59	30975.70	41.69
Stable mangrove	34762.60	46.23	-16.47	22049.50	29.76	-9.38	15140.50	20.38
Built environnement	208.20	0.28	0.09	275.19	0.37	0.99	1011.66	1.36
Bare soil	954.27	1.27	-0.47	589.04	0.80	-0.31	362.71	0.49
	75194.77	100.00		74091.714	100.00		74304.02	100.00

Dans cette dynamique, certaines classes d'occupation du sol ont connu une évolution progressive et d'autres régressives (figure 53).

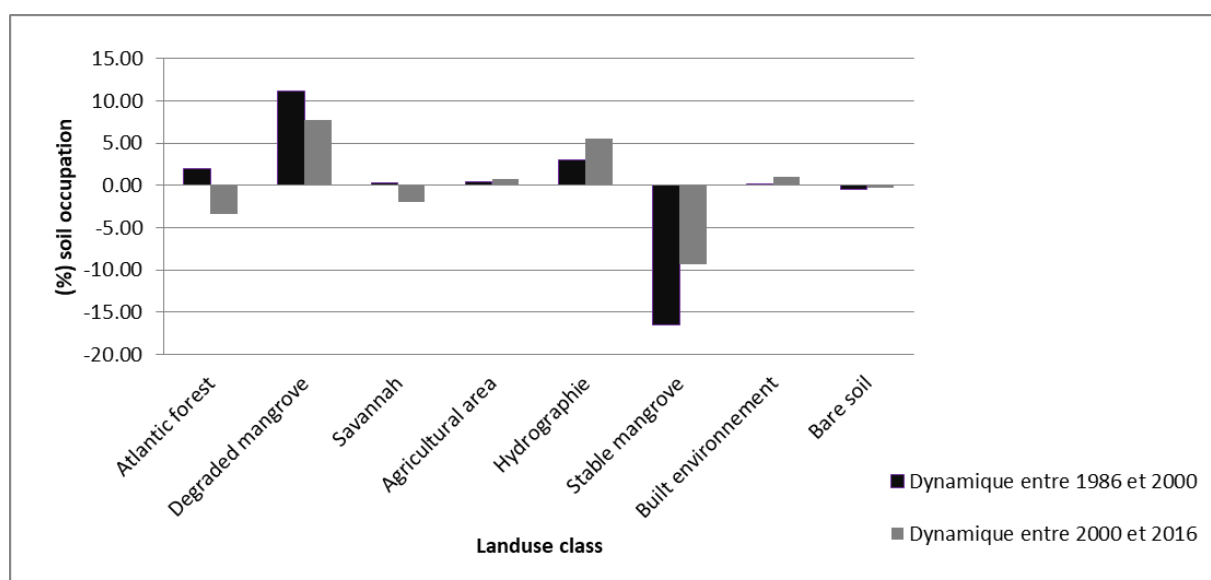


Figure 53: pertes et regain en mangrove à Cap Cameroun et ses environs (1986-2016)

VII.1.2.1. Analyse prospective

Ce modèle inspiré de l'analyse de Markov (logiciel Idrisi Selver®) va de l'Hypothèse selon laquelle: dans 100 ans, si rien n'est fait, cap Cameroun disparaîtrait complètement de la surface de la terre. Justement le résultat de ce modèle est inquiétant, quoiqu'il reste à mieux calibrer et à faire de nouveaux essais (figure 54).

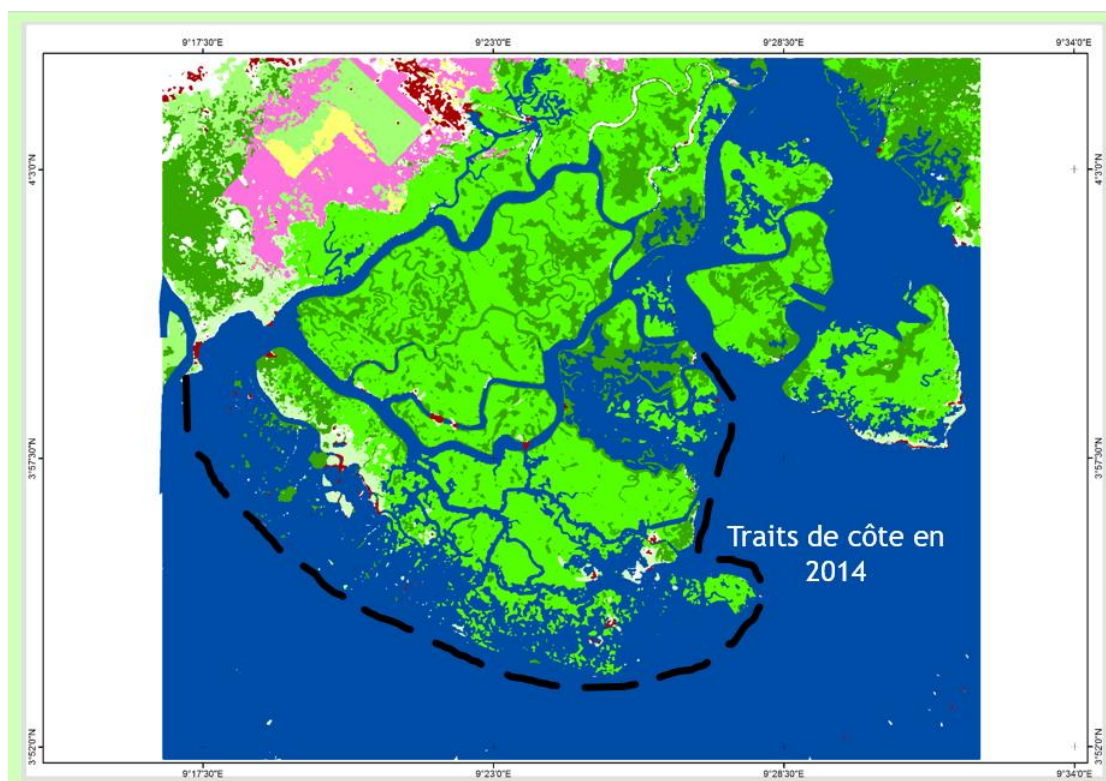


Figure 54 : modèle projeté de l'occupation du sol à Cap Cameroun dans 100 ans

VII.1.2.2. Vérification

Certes la télédétection offre une foule d'information sur des étendues importantes, mais il est souvent difficile de pouvoir identifier réellement, à partir de la télédétection, les différents types d'occupation de sol qui existent sans la connaissance a priori du terrain ; surtout avec les images de faible résolution. C'est la raison pour laquelle l'acquisition des données de terrain et l'utilisation de fonds de cartes existantes et crédibles est nécessaire pour réaliser une classification supervisée des images de télédétection (Sidi Tanko., 2012).

Il est évident de pouvoir réaliser une classification supervisée sur des grandes étendus homogènes. Mais le problème se pose au niveau des zones de transition, les portions de l'image où il y a des mélanges de classes et les zones perturbées par les anomalies atmosphériques et ou topographiques. L'obligation de la vérité terrain s'impose. Une descente sur le terrain est donc important afin de décrire réellement les différents types d'occupation de sol et corriger les erreurs de classification. Sellin et al. (2015) utilisant les images à haute résolution (Spot 5 ; Worldview-2 et BDORTHO IRC) dans leur étude affirment que : « *quelle que soit l'image, les résultats montrent trop de confusion entre les végétations pour que les procédures soient utilisées telles quelles* ».

➤ Validation par observation de terrain

Deux missions de terrain ont été fait dans la réserve de mangrove de Mabe en 2017 pour valider cette classification au compte d'une ONG Camerounais qui avait initié un projet allant dans le sens de la protection de l'environnement dans cette zone. Malheureusement, le projet n'avait pas reçu de financement et n'a donc pas pu évoluer. C'est la raison pour laquelle les validations se sont arrêtées sur la portion Sud de ladite réserve (figure 55). Nous avons effectué un relevé avec 73 points, identifiant la mangrove stable, dégradée et des zones de culture.

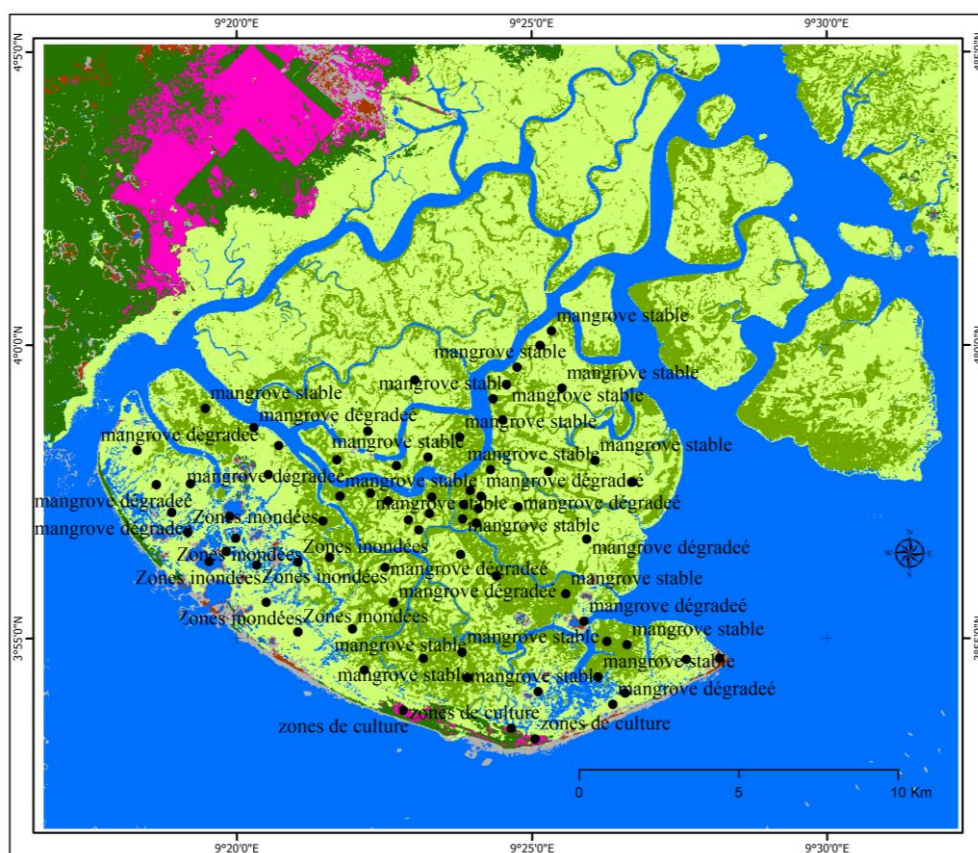


Figure 55 : Validation de la classification effectuée en 2017 ?

Les petites zones agricoles identifiées à Toubé au contact de l'océan sont effective (planche photo 78)



Planche photo 8 : Quelques photos illustratives des zones agricoles à Toubé (Cliché : Mbevo, 2017)

➤ Validation à travers l'atlas du MINEPAT (2014)

Le MINEPAT a produit un état de l'occupation du sol en 2014 qui sert de référence au Cameroun pour tout ce qui est classification. Ce fond de carte avec une résolution de 10 m, couplé aux données d'enquête de terrain a permis :

- Le ré-échantillonnage de l'image

Cette opération consiste à réaffecter certains pixels mal classés dans les classes d'occupation du sol leur est propres. Les pixels inclus sont maintenus de façon permanente, pour éviter des doublons dans l'inventaire dans cette amélioration de la précision de la classification (GFOI⁸ 2016).

- Affinement des statistiques

Les superficies classifiées de façon erronée sur les images Landsat ont été ré-classifiées dans chacune des images prises individuellement, afin d'éviter que la correction d'une erreur dans un secteur de l'image n'entraîne une autre erreur dans un secteur différent (Soucy-Gonthier et al. 2003). Le filtre modal de Gautier, 1996 est appliqué pour éliminer les pixels isolés qui

⁸ Initiative mondiale pour l'observation des forêts

bruitent l'image. Les statistiques de ces pixels sont affectées dans les classes au sein desquelles ils appartiennent normalement.

Cette carte de base a grandement servi pour les cartes de 1986 et 2000.

VII.2. Modélisation de l'érosion côtière à Cap Cameroun et à Kribi (à travers l'outil « DASAS »).

VII.2.1. Modélisation de l'érosion côtière dans l'estuaire du Wouri

L'estuaire est subdivisé en trois sections dont celle de Cap Cameroun, celle proche de l'embouchure du fleuve Wouri et la dernière autour de l'île de Manoka.

VII.2.1.1. La zone autour de Cap Cameroun

Cette zone apparaît plus dynamique par rapport aux autres sections. L'évolution du trait de côte à cet endroit est mitigée. Elle connaît depuis la période comprise entre 1973-1986 le phénomène d'érosion. Cette érosion va se voir ralentir entre la période allant de 1986-2000, pour amorcer une autre phase érosive entre 2000-2017.

Entre 1973 et 1986, le linéaire présente une situation effective, notamment sur la façade maritime où est situé Cap Cameroun, Toubé, Kangué et autres (figure 56).

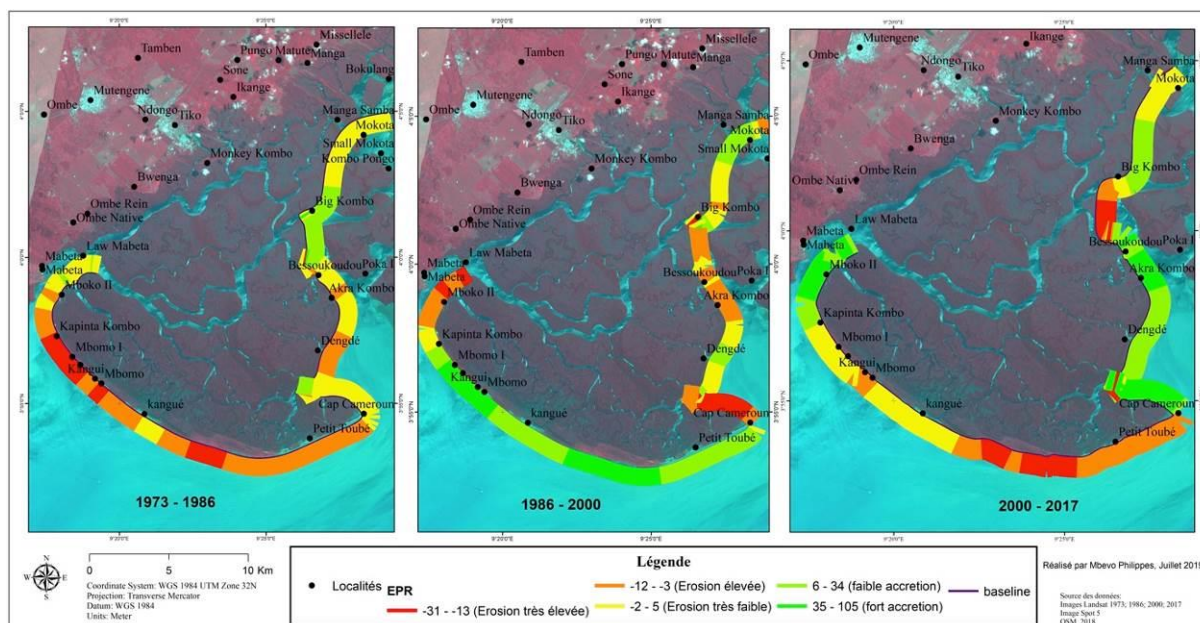


Figure 56 : Modèle d'érosion autour de Cap Cameroun entre 1973 et 2017 en EPR (m/an)

Cette section compte **566 transects** dont plus de 325 sont en érosion. L'analyse des diagrammes montre un revers de la situation entre 1986-2000, qui se traduit par une certaine accretion. Les pixels en engraissement sont à 294 (figure 57, 58 & 59).

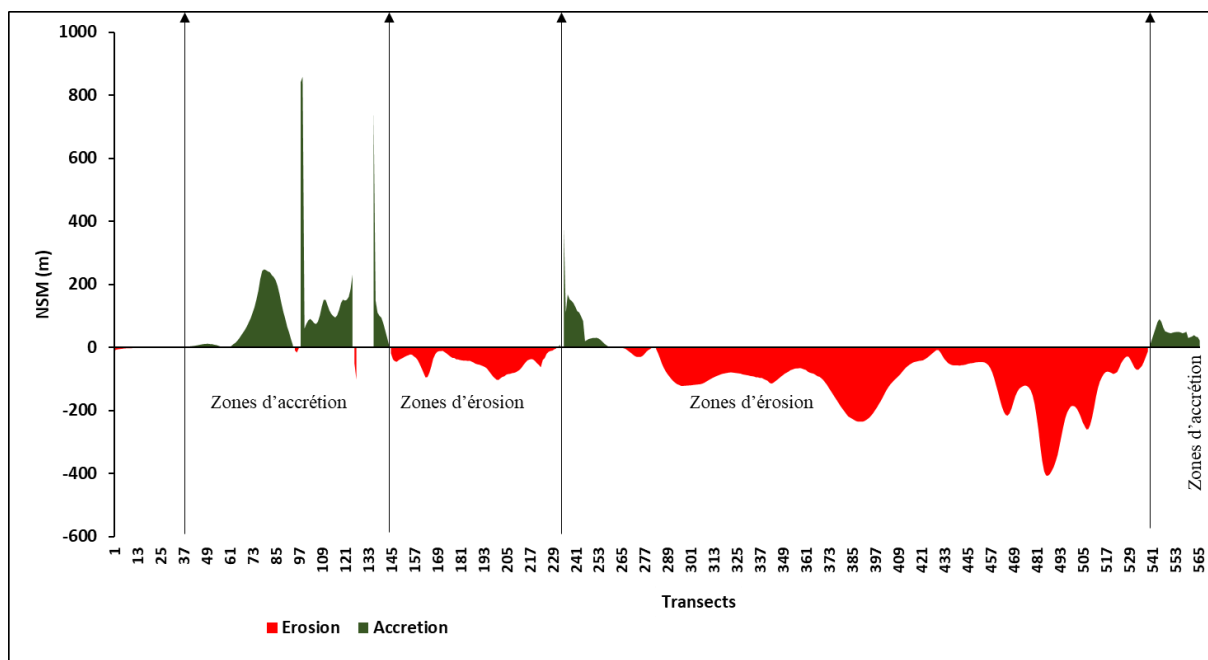


Figure 57 : Mouvement net du trait de côte (NSM) à Cap Cameroun entre 1973-1986 (en mètre)

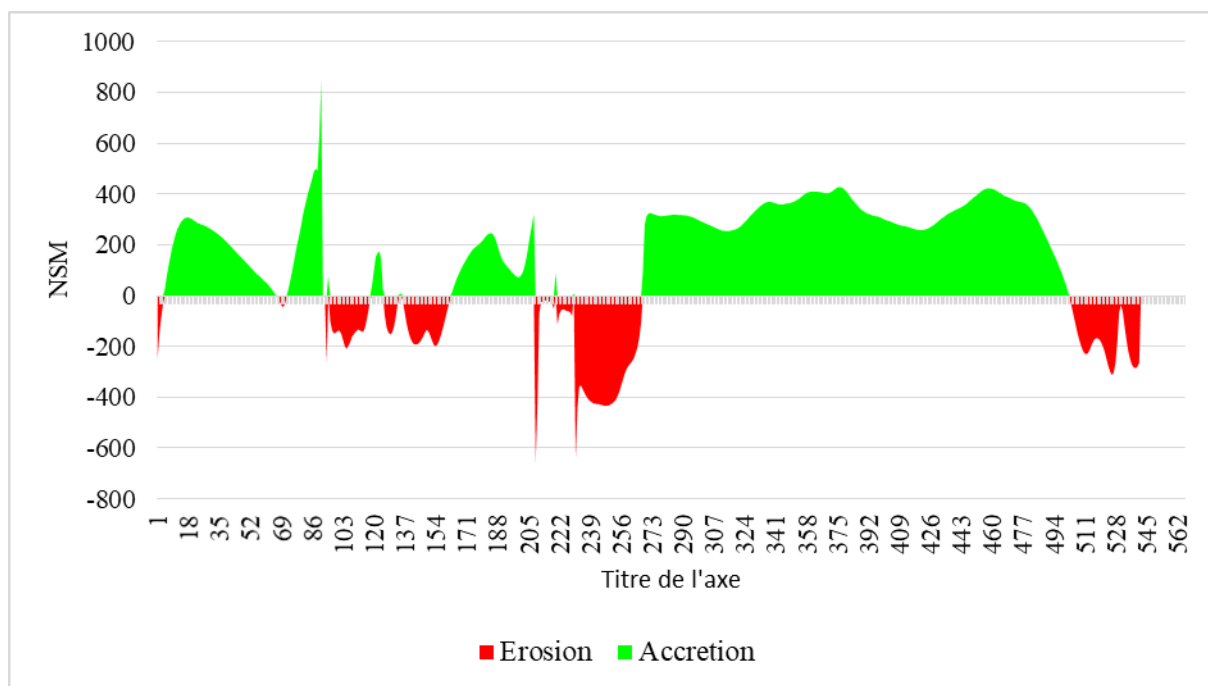


Figure 58 : Mouvement net du trait de côte (NSM) à Cap Cameroun entre 1986-2000(en mètre)

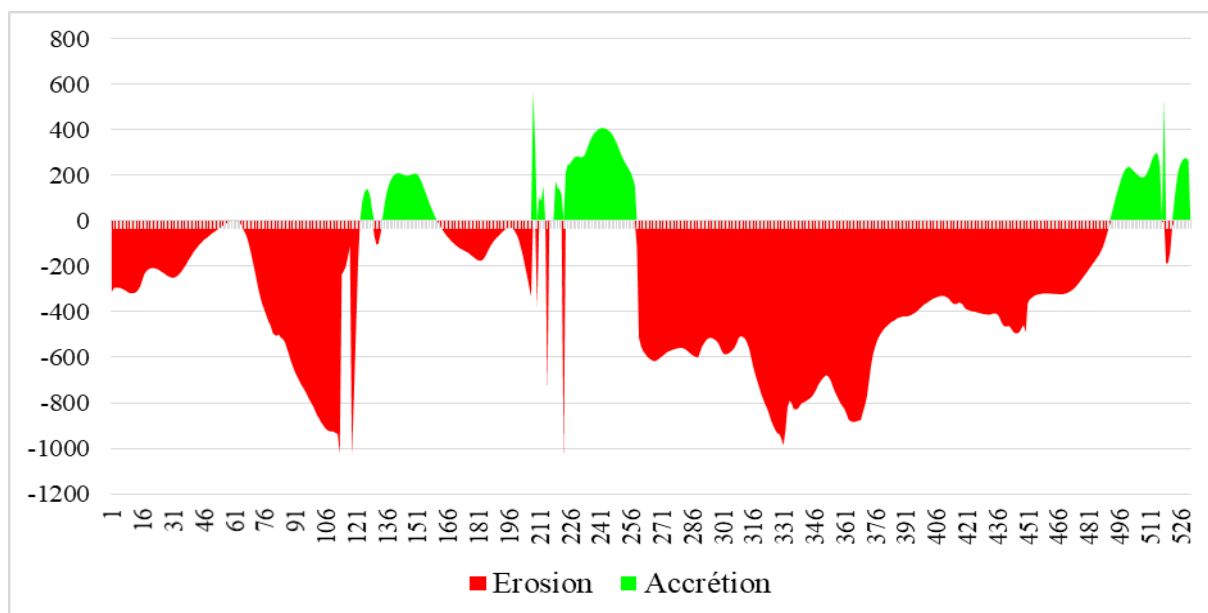


Figure 59 : Mouvement net du trait de côte (NSM) à Cap Cameroun entre 2000-2017(en mètre)

Une synthèse des statistiques de la dynamique du trait de côte à Cap Cameroun en EPR et en NSM est faite pour mieux visualiser le taux de recul annuel (tableau 8).

Tableau 8 : Synthèse statistique de la dynamique du trait de côte à Cameroun

Érosion	Paramètres	Recul/accrétion (1973_1986)	Recul/accrétion (1986_2000)	Recul/accrétion (2000_2017)	Variab les	entre 1973&1986	entre 1986&2000	entre 2000&2017	
	EPR (m/an)	-0.38	-0.30	-1.12	Max	-31	-46.06	-211.13	
NSM(m)	-3.04	-4.17	-19.22	Max	-407.08	-652.09	-1062.03		
				Moy	-39.6	-58.40	-326.8		
	Nombre de Transects					396	170	519	
	Pourcentage					70.09	31.42	82.25	
Accrétion	EPR (m/an)	0.15	0.96	0.18	Max	105.29	845.37	34.9	
	NSM(m)	1.86	13.47	2.76	Moy	2	13.39	3.0	
Max					858.42	845.37	572.53		
		Nombre de Transects					169	371	112
		Pourcentage					29.91	68.58	17.75

La section proche de l’embouchure du Wouri (figure 60) présente une dynamique semblable à celle observée plus haut, à la différence qu’elle présente plutôt une accrétion entre 2000-2017. Elle est constituée de **847 transects**.

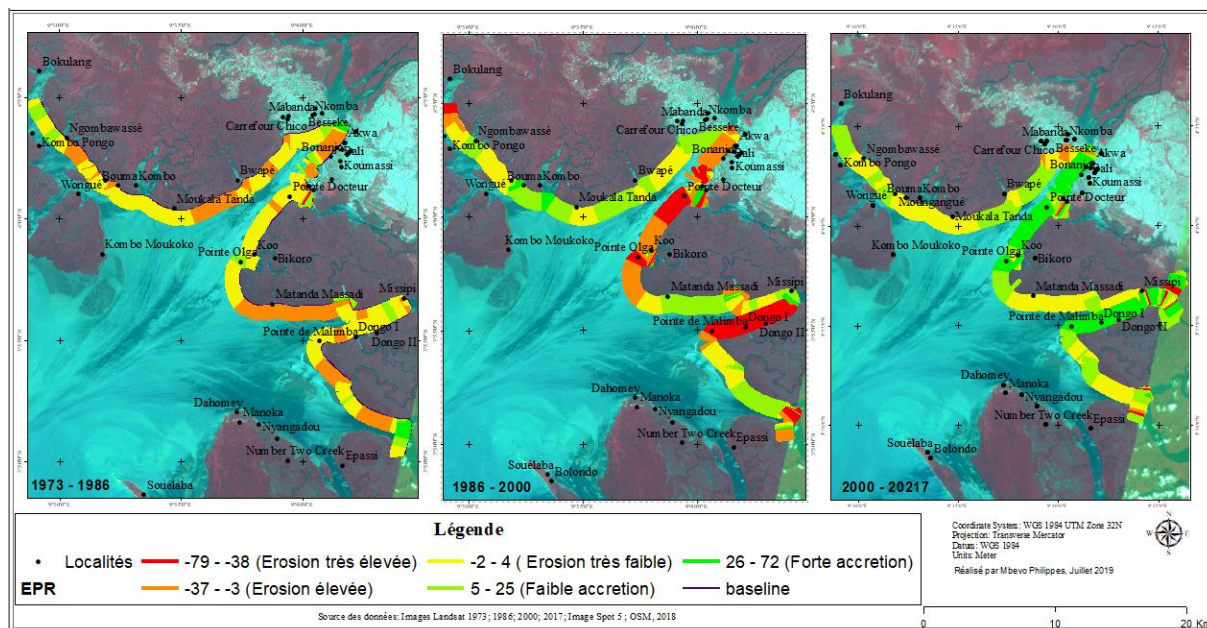


Figure 60 : Modèle d’érosion autour de l’embouchure du Wouri en EPR (m/an)

Les figures 61, 62 & 63 représentent la variation d’érosion et d’accrétion suivant la figure précédente. On constate un fort taux d’érosion entre 1986-2000. La situation se renverse progressivement jusqu’en 2000-2017.

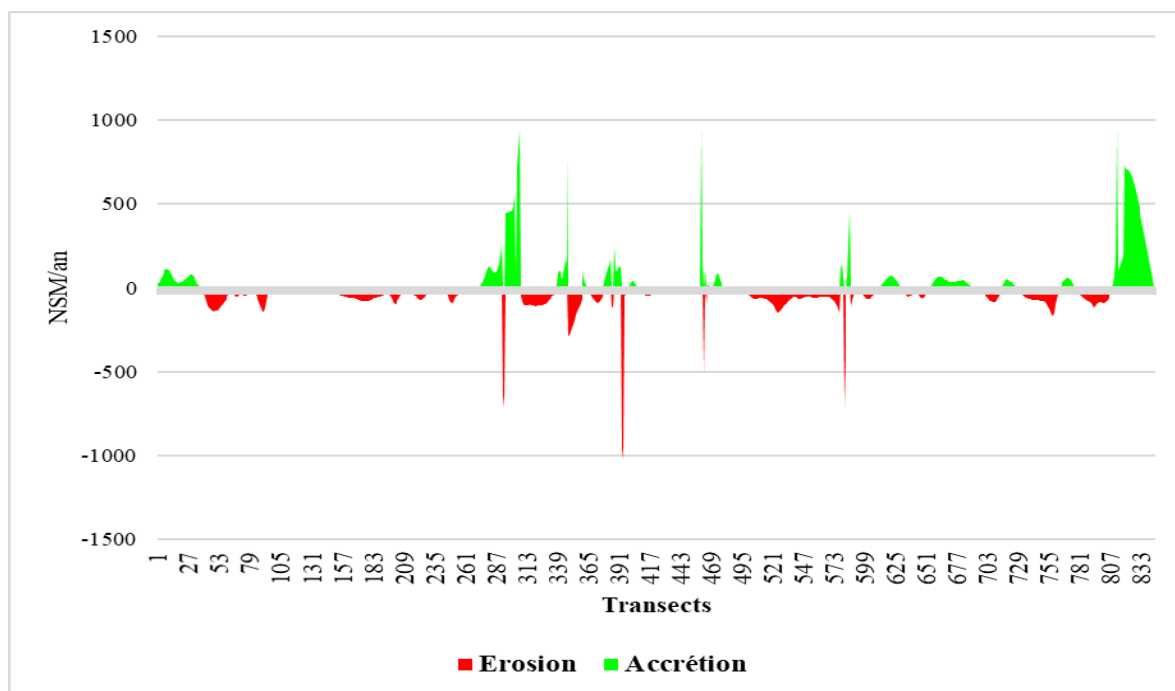


Figure 61 : Mouvement net du trait de côte (NSM) autour de l’embouchure du Wouri entre 1973-1986 (en mètre)



Figure 62 : Mouvement net du trait de côte (NSM) autour de l'embouchure du Wouri entre 1986-2000 (en mètre)

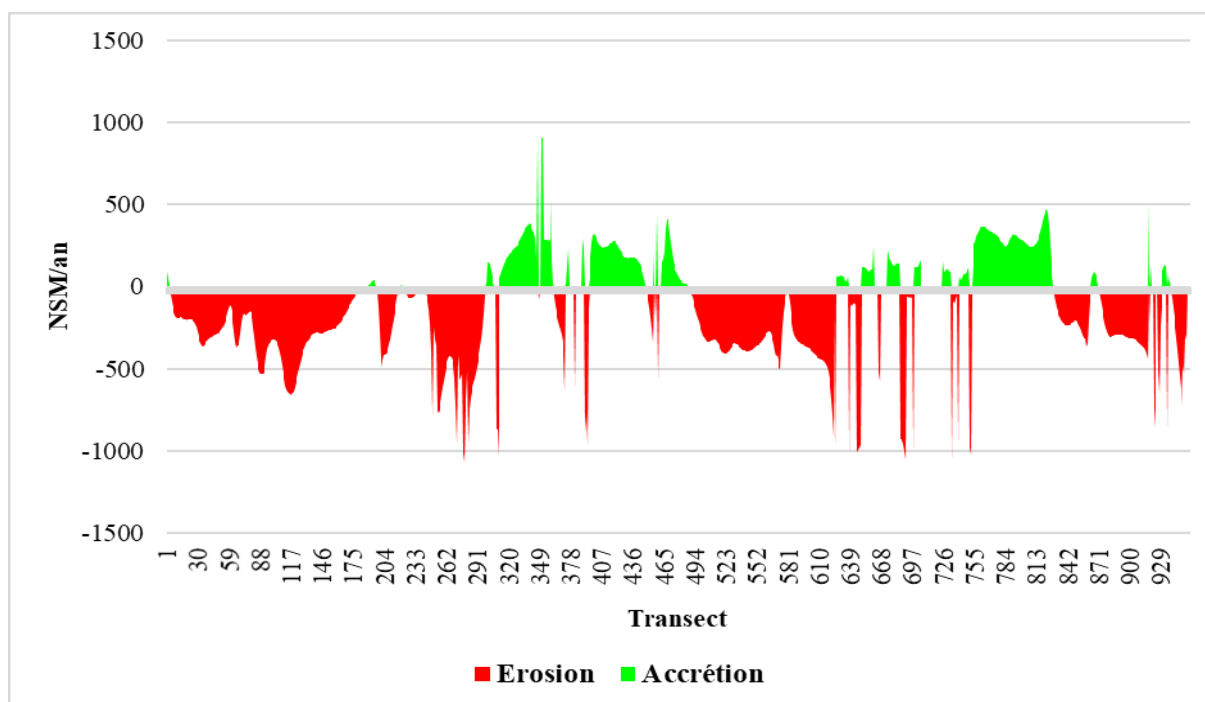


Figure 63 Mouvement net du trait de côte (NSM) autour de l'embouchure du Wouri entre 2000-2017

La figure précédente, à première vue, ne semble pas épouser la ce qui est décrite sur l'EPE (figure 60). Il faut plutôt regarder le nombre de transects en érosion (591 sur 957), quel que soit le taux. Ces graphiques ne prennent en compte que les transects érodés et en accrétion dans discrétisation.

La section autour de l'île de Manoka compte 432 pixels dont le modèle d'érosion est le suivant (figure 64).

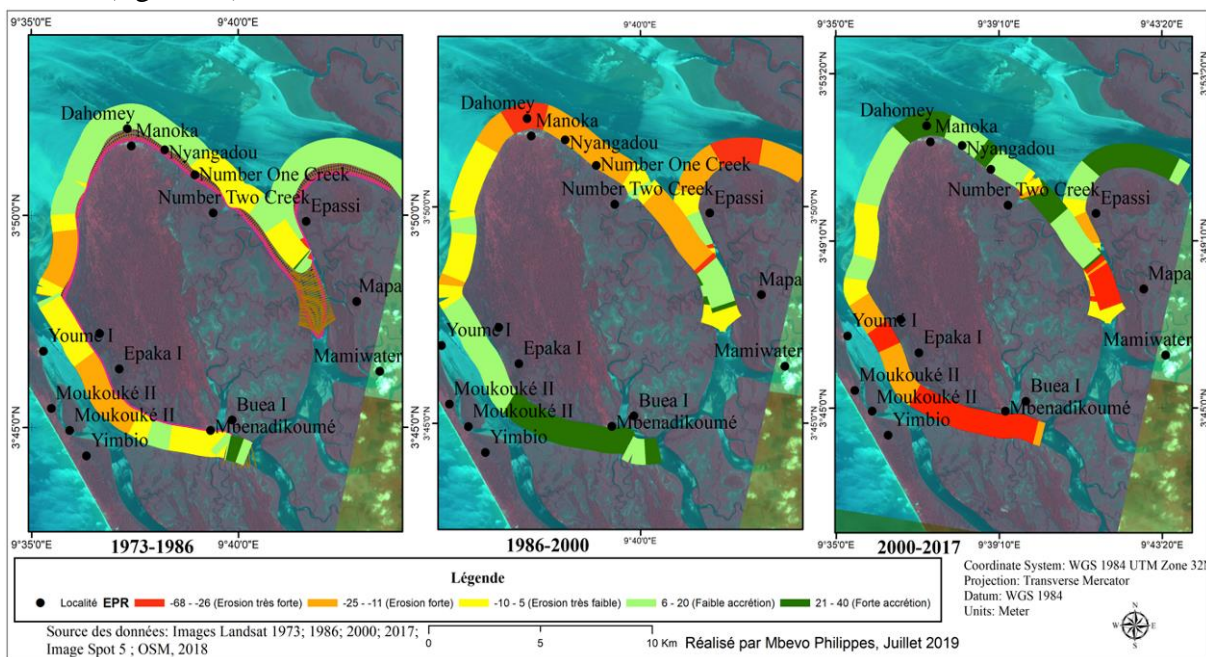


Figure 64 : Modèle d'érosion autour de l'île de Manoka en EPR (m/an)

Les graphiques ci-contre représentent le profil d'érosion de la zone autour de l'île de Manoka (figure 65, 66, 67, &).

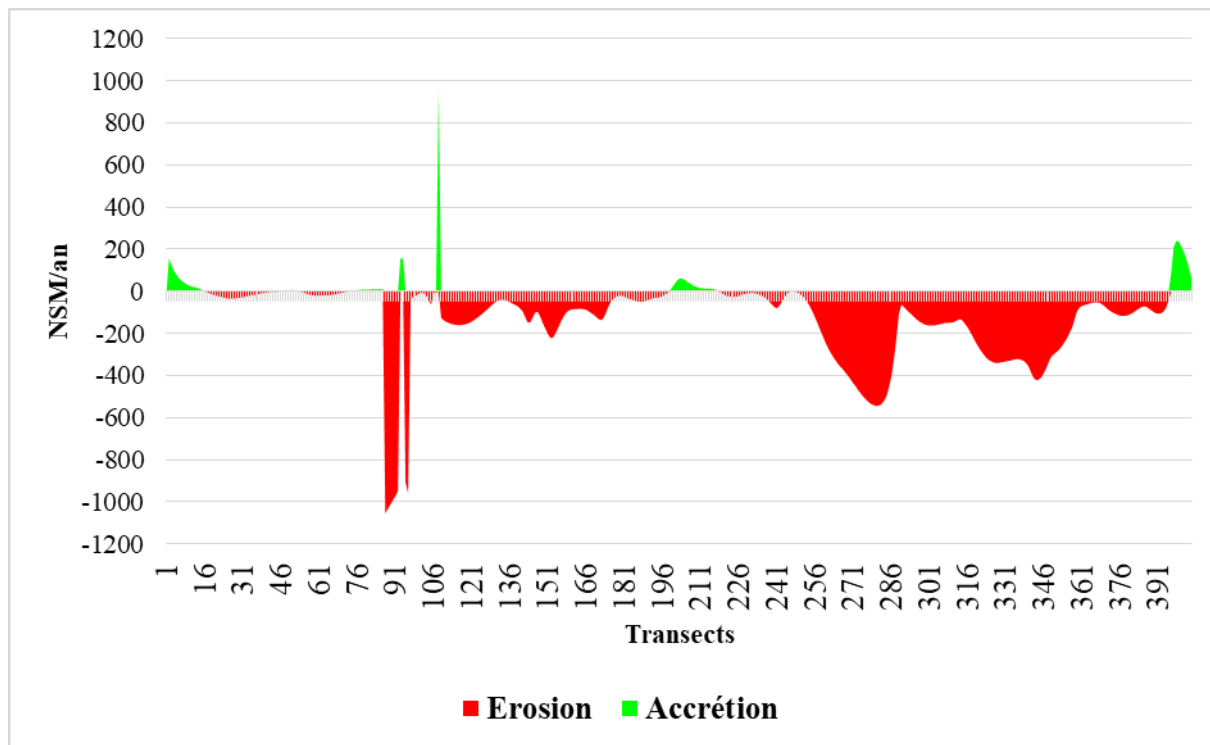


Figure 65 : Mouvement net du trait de côte (NSM) autour de l'Île de Manoka entre 1973-1986 (en mètre)

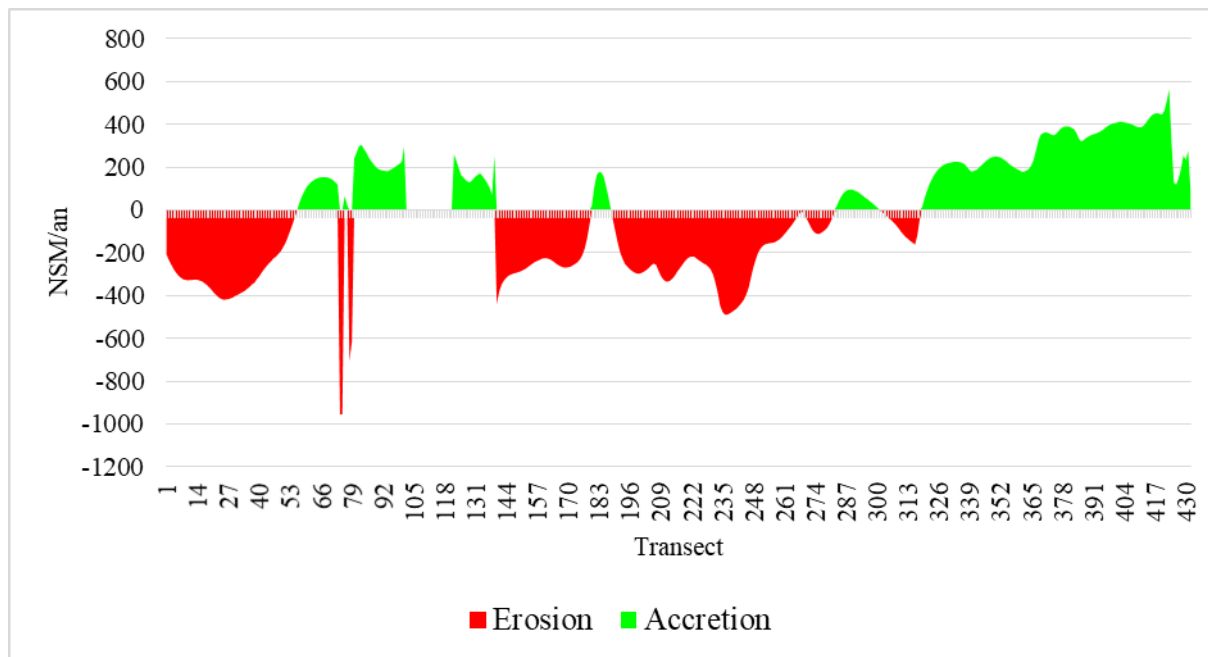


Figure 66 : Mouvement net du trait de côte (NSM) autour de l'Île de Manoka entre 1986-2000 (en mètre)

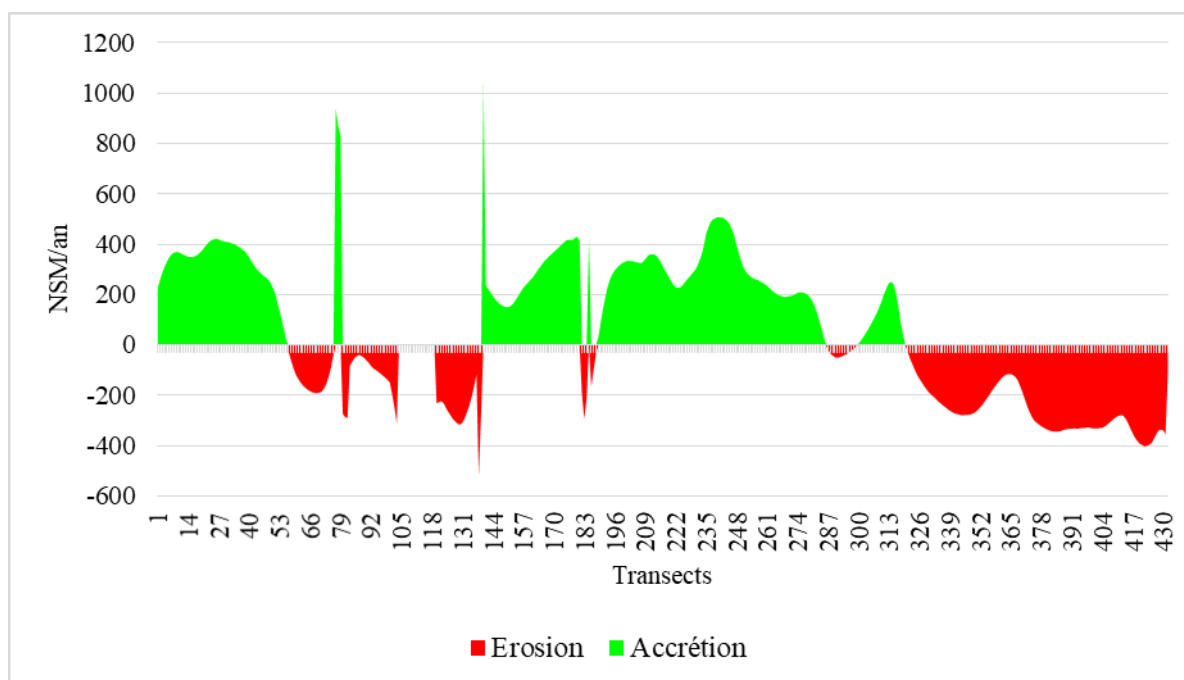


Figure 67 : Mouvement net du trait de côte (NSM) autour de l'Île de Manoka entre 2000-2017(en mètre)

La dernière section est celle de la flèche littorale qui protège l'île de Manoka. Elle compte **256 transects**. Celle-ci jouerait un rôle déterminant dans la stabilisation des côtes de Cap Cameroun. En effet, lorsqu'elle s'engraisse en sédiment, elle a tendance à rétrécir le chenal et par conséquent amplifie la vitesse des marées. Elle présente une certaine stabilité entre 1973-

1986, bien qu'une tranche importante connaisse une faible érosion. Son accrétion va se renforcer davantage entre 1986-2000 (par endroits), avant de connaître une érosion entre 2000-2017 (figure 68).

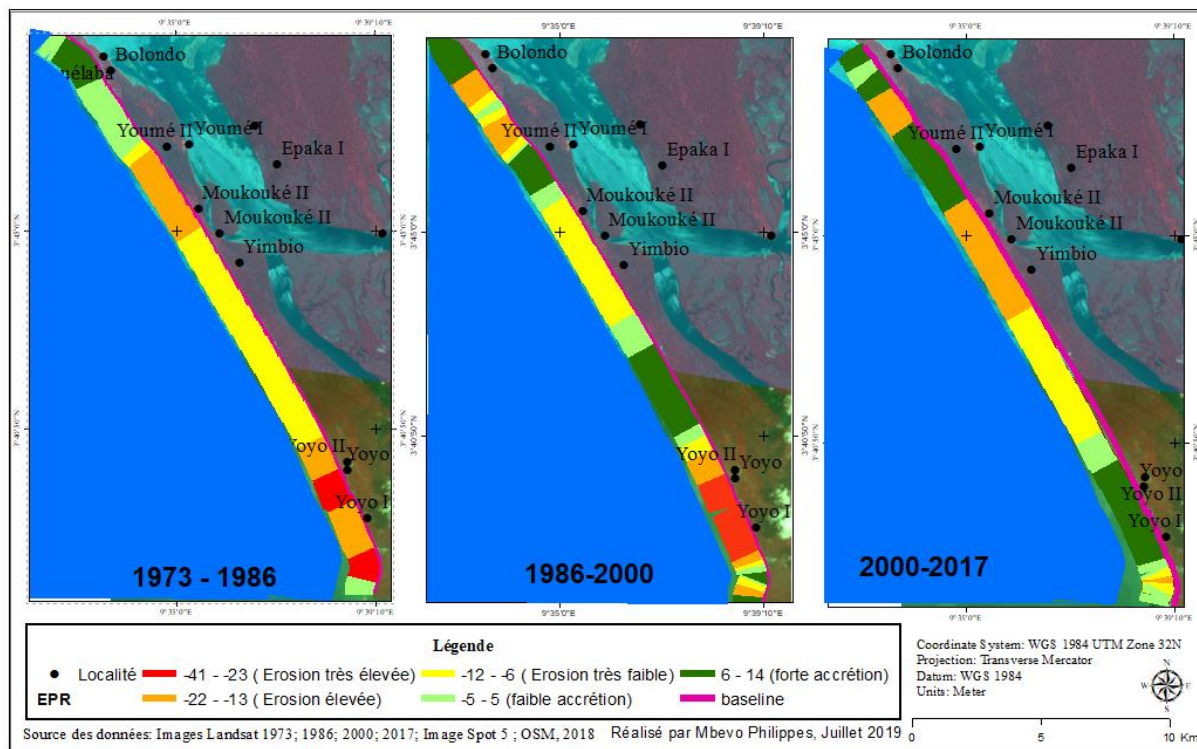


Figure 68 : Modèle d'érosion le long de la flèche littorale le long de l'île de Manoka en EPR (m/an)

Les figures 69, 70 & 71 traduisent la dynamique du trait de côte entre 1973 et 2017

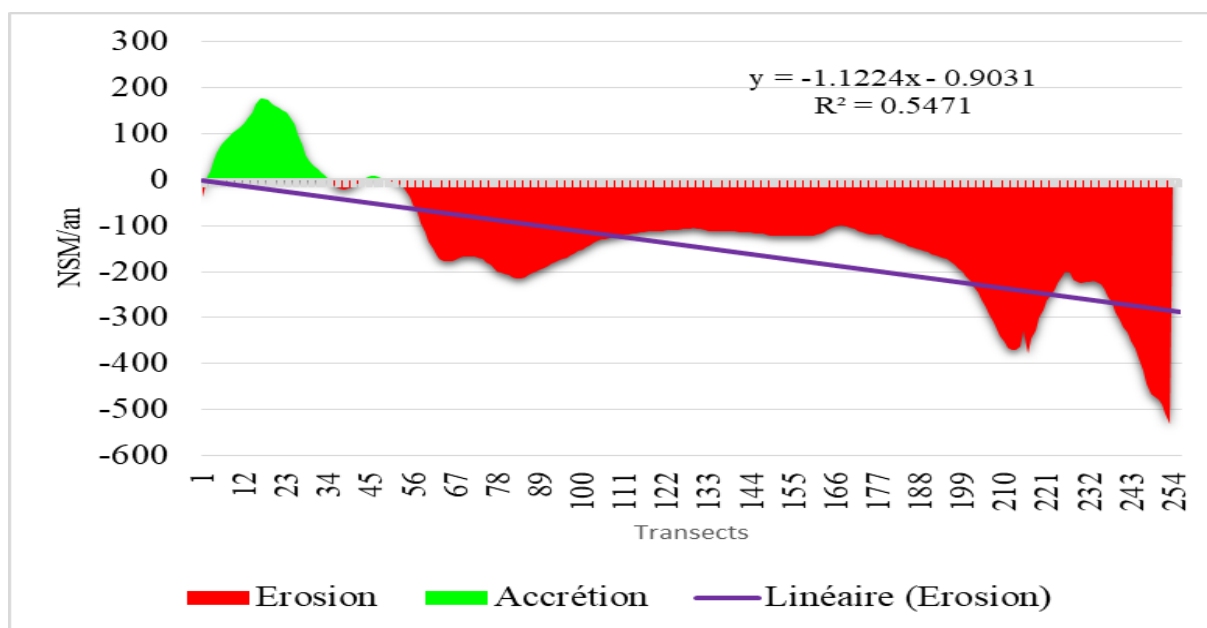


Figure 69 : Mouvement net du trait de côte (NSM) le long de la flèche littorale entre 1973-1986 (en mètre)

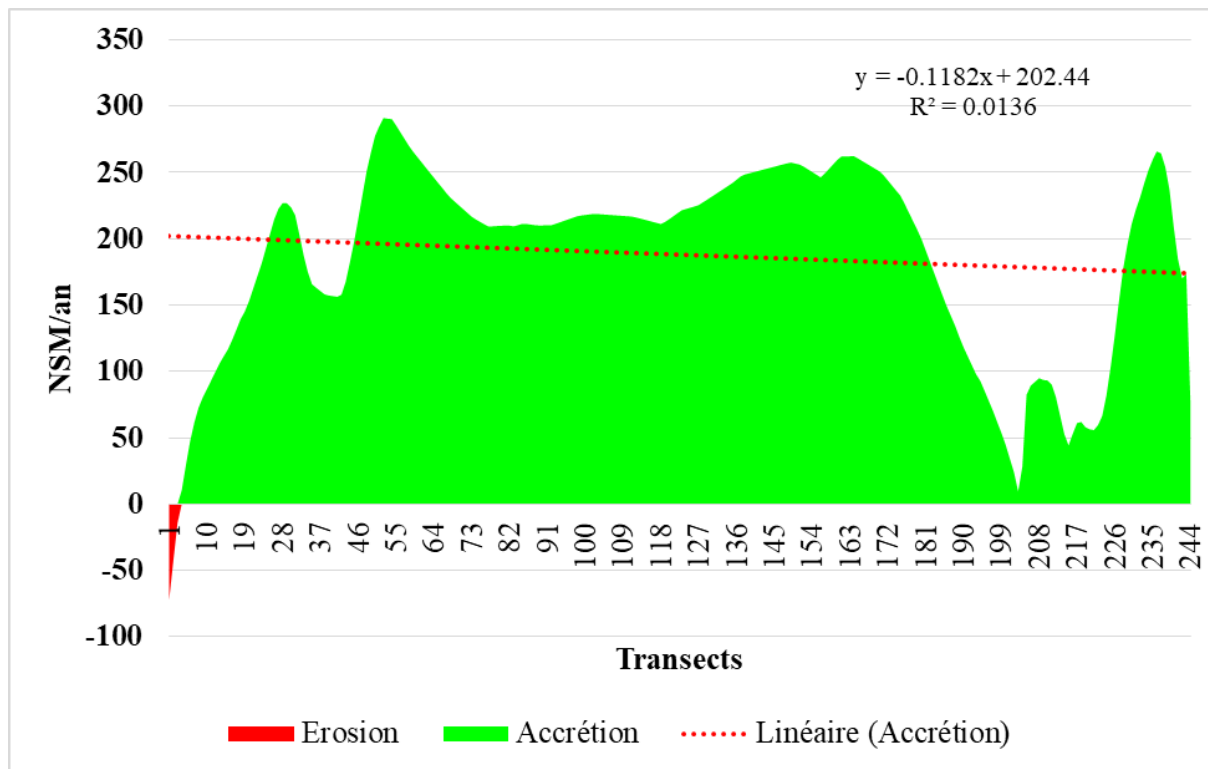


Figure 70 : Mouvement net du trait de côte (NSM) le long de la flèche littorale entre 1986-2000 (en mètre)

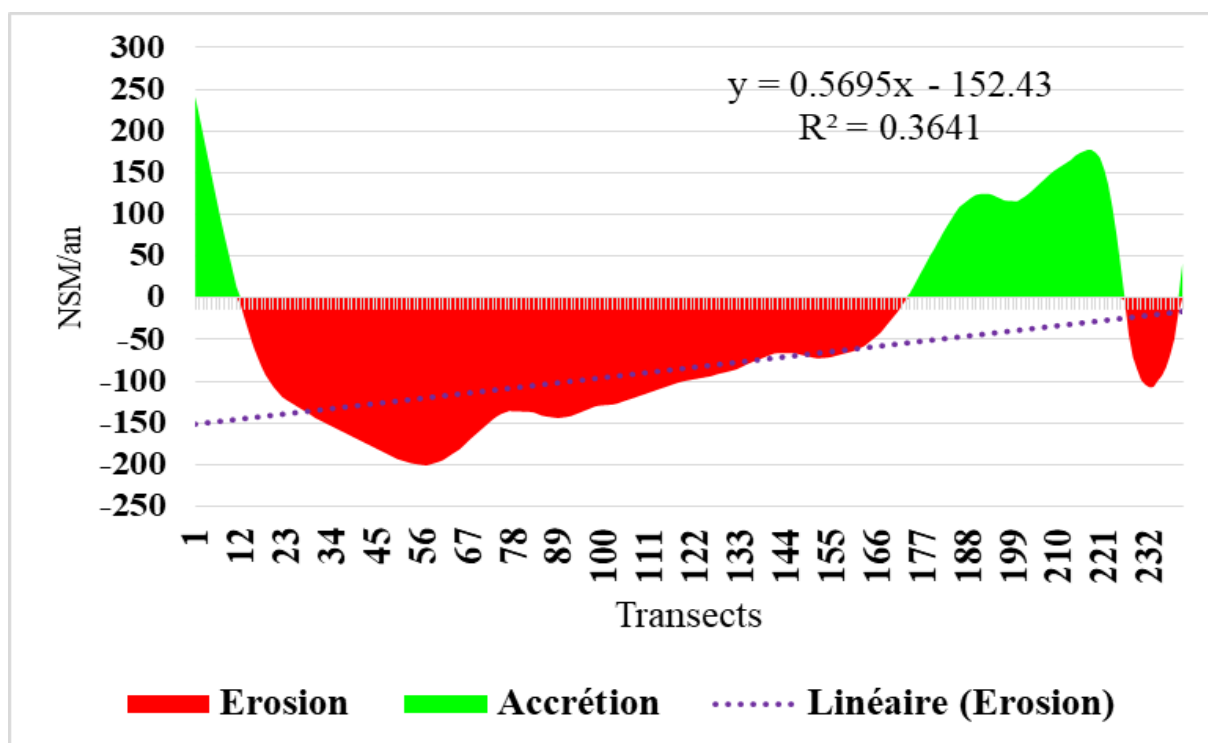


Figure 71 : Mouvement net du trait de côte (NSM) le long de la flèche littorale entre 2000-2017 (en mètre)

De façon synthétique, le tableau 9 représente le taux annuel de démaigrissement et d’engrondissement des quatre sections.

Tableau 9 : Synthèse démaigrissement et d’engrondissement des quatre sections.

Sections	1973-1986	Recul annuel (13 ans)	1986-2000	Recul annuel (14 ans)	2000-2017	Recul annuel (17ans)
Section 1	-2.7	-0.2	-9.13	-0.6	-16.9	-0.9
Section 2	-0.25	-0.01	12.93	0.9	-10.97	-0.64
Section 3	-8.97	-0.69	-0.73	-0.05	2.3	0.13
Section 4	-10.23	-0.7	13.44	0.96	-3.1	-0.18
Moyenne	-5.5375	-0.4	4.12	0.29	-7.1675	

La figure 72 permet d’avoir un aperçu global de la situation de l’érosion côtière dans l’estuaire du Wouri entre 1973-2017.

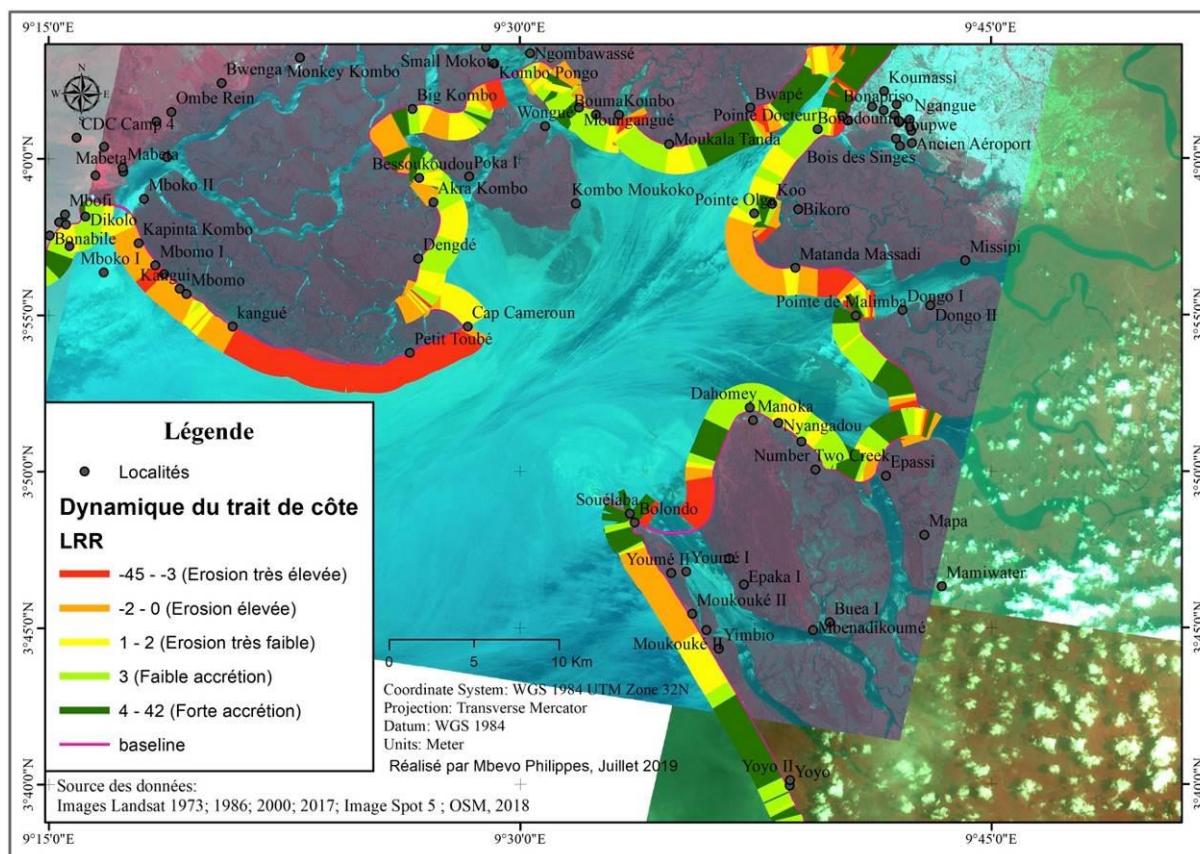


Figure 72 : Synthèse de l’érosion côtière dans l’estuaire du Wouri en LRR (m/an)

L’analyse montre sur l’ensemble du linéaire une forte alternance des transects en érosion et ceux en accrétion. La bande côtière où se trouve Cap Cameroun est la plus érodée (figure 73).

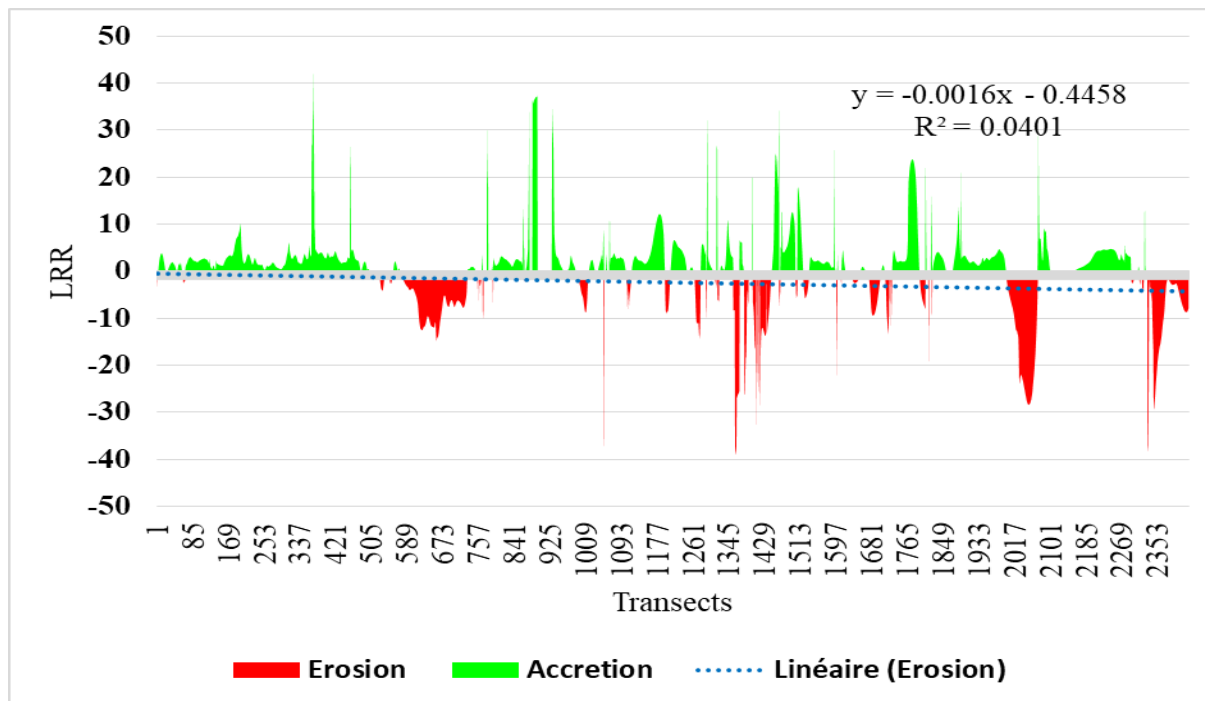


Figure 73 : Mouvement du trait de côte entre 1973-2017 en NSM (en mètre)

Les analyses précédentes sont complétées par les observations de terrain, le témoignage des personnes ayant vécu longtemps sur l'espace intertidal et l'exploitation des images Google Earth des années 2000 et 2016.

Les observations de terrains ont permis de relever les vestiges (restes de maisons, tronc d'arbres...) pouvant témoigner de l'effectivité de l'érosion côtière. Il y a eu au total quatre (04) descentes de terrain : 02 en 2014, 01 en 2015 et 01 tout récemment en mai 2019. L'indice le plus palpable est celui de la présence de l'antenne de la radio FM qui, construite en plein milieu du territoire en 1992, se retrouve aujourd'hui à plus de 300 m dans la mer (Planche photo 9). De plus notre analyse a montré l'absence d'érosion entre 1986 et 2000, donc ce retrait a dû avoir lieu après cette date.



Planche photo 9 : preuves de l'érosion côtière à Cap Cameroun (cliché : Mbevo, 2015)

La superposition des images Google Earth des années 2000 et 2016 sont également permis de confirmer cette situation préoccupante. Elles montrent (en 2016) la disparition totale de ce qu'était Cap Cameroun en 2000, avec des reculs allant par endroits à plus de 481 m (figure 74). Ce recours aux images satellites Google Earth dans l'analyse des catastrophes naturelles en lien avec l'aménagement du territoire fut soutenu par Ozer (2014), notamment dans les pays en développement.

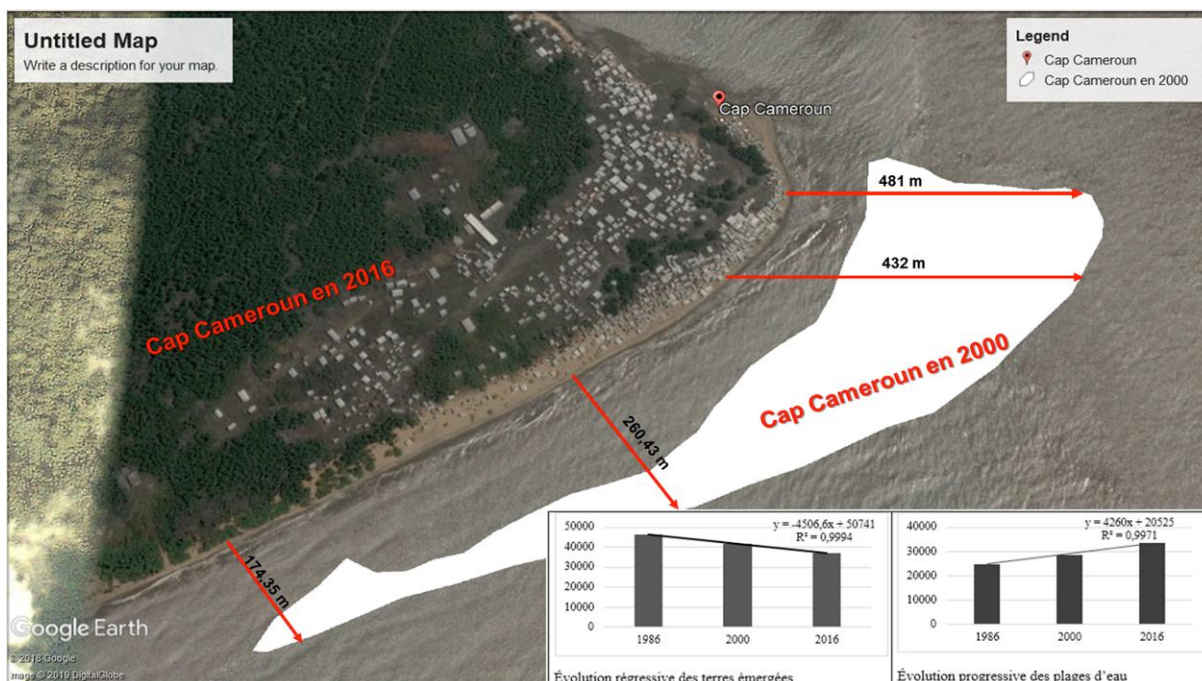


Figure 74 : Érosion côtière à Cap Cameroun vue sous l'angle des images de très hautes résolutions de type Google Earth (2000 & 2016).

VII-2-2- Modélisation de l'érosion côtière à Kribi

Contrairement à Cap Cameroun, le linéaire de Kribi a connu une relative stabilité jusqu'au début des années 2000 avec les travaux liés à la construction du PAK. Cette modélisation s'articule ainsi autour de deux grands moments (avant et après l'implantation du PAK) et une synthèse sur toute la période observée (figure 75).

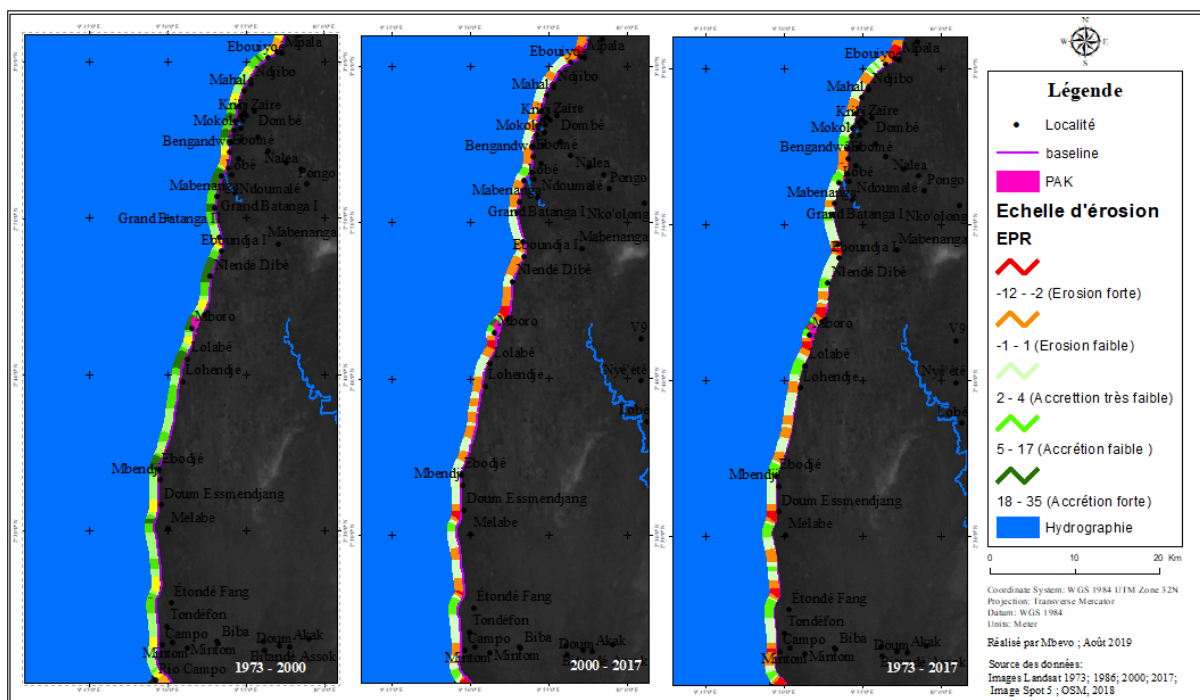


Figure 75 : Synthèse de l'érosion côtière sur le littoral kribien en EPR (m/an)

VII.2.2.1. Avant la construction du port

De 1973 à 2000 périodes précédant l'implantation du PAK et de sa digue de protection, la côte était stable (Figure 76). Cette stabilité du trait de côte est due au fait que durant cette période, cette zone n'était pas urbanisée, bref gardait encore son caractère naturel. La présence de la forêt constituait une barrière naturelle pour l'érosion. Le pic d'accrétion (entre 2000 et 2017) est de 142,68 m observé au transect numéro 378 dans le village **Lolabé** en aval de la digue portuaire actuelle et le pic d'érosion est de +72,85 m observé au transect est en amont de la digue portuaire, dans l'actuel village Mboro et le transect numéro 120 à Lendé Dibé. Plusieurs autres petits pics d'accrétion sont observés de part et d'autre.

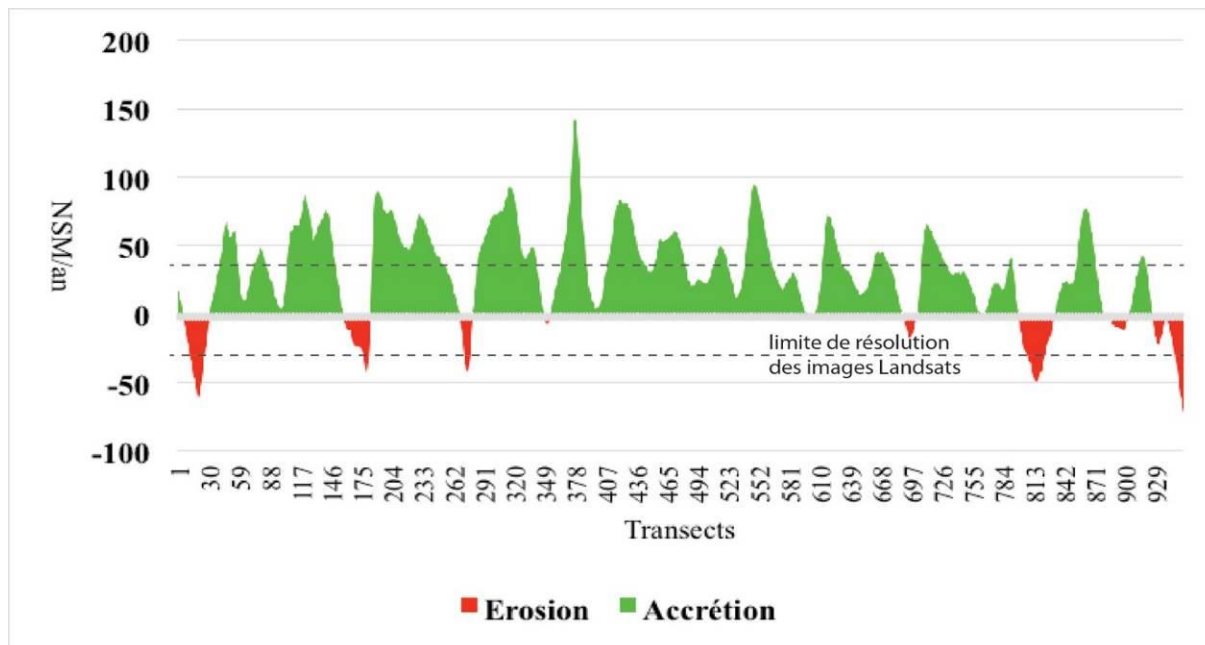


Figure 76 : Dynamique du trait de côte avant la construction du PAK, de 1973 à 2000 en NSM (en mètre).

VII.2.2.2. Après l'implantation du PAK

Cette période située entre 2000-2017 connaît une dynamique régressive du trait de côte. Le seul pic d'accrétion observé est local en amont du PAK, ce à cause de l'accumulation des sédiments piégés pas la digue de protection du port (figure 77).

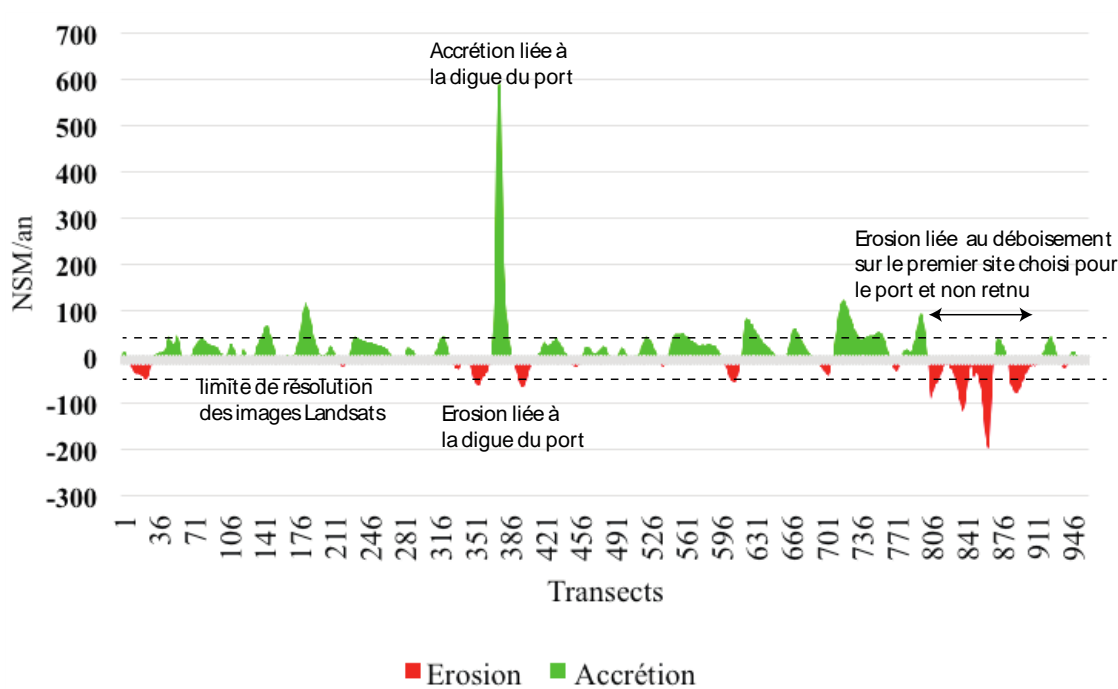


Figure 77 : Dynamique du trait de côte après la construction du PAK, de 2000 à 2017 en NSM (en mètre).

VII.2.2.3. Synthèse du mouvement du trait de côte entre 1973-2017

Sur l'ensemble de zone d'étude et entre 1973 et 2017, le linéaire présente une certaine stabilité (figure 78). En effet, +72,32 % du trait est resté stable (transects portant la valeur 0), +1,3 % en accrétion et 26,33 % en érosion.

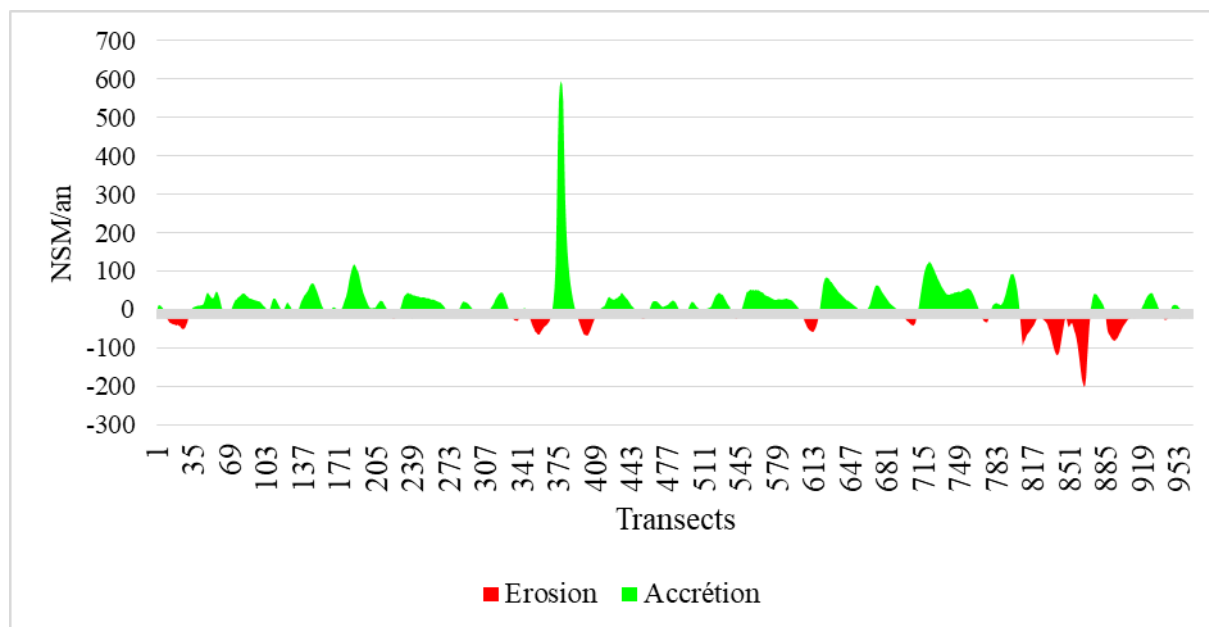


Figure 78 : Dynamique du trait de côte entre 1973 – 2017.

Pour plus de visibilité, une synthèse des statistiques est faite dans le tableau 10 ci-contre.

Tableau 10 : Synthèse des mouvements et du recul du trait de côte à Kribi entre 1973 et 2017

Érosion	Paramètres	Recul/accrétion (1973_2000)	Recul/accrétion (2000_2017)	Recul/accrétion (1973_2017)	Variabiles	entre 1973&2000	entre 2000&2017	entre 1973&2017
	EPR (m/an)	-0.01	-0.04	-0.01	Max	-2.7	-11.84	-3.36
NSM (m)	-0.15	-0.71	-0.30	Max	-72.85	-200.9	-147.73	
				Moy	-4.09	-12.07	-13.2	
Nombre de Transects						190	357	269
Pourcentage						19.87	36.99	28.02
Accrétion	EPR (m/an)	0.05	0.08	0.03	Max	5.29	35.11	15.62
	NSM (m)	1.25	1.39	1.22	Moy	1.25	1.39	1.22
Max					142.68	595.82	687.4	
	Nombre de Transects					766	608	691
	Pourcentage					80.13	63.01	71.98

BILAN

Somme toute, il était question à travers cette partie, de mobiliser les outils de la géomatique afin qu'ils puissent jouer un rôle déterminant dans la gestion de l'érosion côtière dans les localités de Cap Cameroun et de Kribi. Ces outils révolutionnaires que sont entre autres la télédétection et les systèmes d'information géographiques (SIG) sont mis à contribution dans ce travail pour comprendre les dynamiques et mutations environnementales qui se sont opérées dans les localités de Cap Cameroun et Kribi. Celles-ci sont en lien avec le phénomène d'érosion côtière qui s'y produit. La cartographie de l'occupation du sol a montré une forte dégradation du couvert de mangrove à Cap Cameroun et du couvert forestier à Kribi.

Le constat établi à Kribi est que la forêt dense est passée de 67 % en 2004 à 58,78 % en 2016 ; la forêt secondaire de 17 % en 2004 à 23 %, avec une forte tendance vers la dégradation. Les forêts dégradées se sont étendues passant de 8,23 % en 2004 à 11,28 % en 2016 de même que les sols nus autour de la ville.

À Cap Cameroun, la situation est similaire. La dégradation de ma mangrove est avérée. Les mangroves stables qui couvraient une superficie de plus de 34 762,6 ha en 1986 (soit 46,23 %) sont passées à 15 140,50 ha en 2016 (28,38 %).

L'érosion s'est accentuée à Cap Cameroun sur d'autres portions de l'estuaire du Wouri. Des reculs allant de +- 0,3 m/an à +-1,12 m/an sont quantifiés. L'estuaire est en pleine dynamique. Des engraisements alternent avec des démaigrissements avec comme principaux facteurs l'homme et la dynamique marine et climatique.

La situation est encore à un stade initial à Kribi, mais s'annonce avec violence ce depuis la construction du PAK et de sa digue de protection. Plus de 72,32 % du trait est resté stable, 1,3 % en accrétion et 26,33 % en érosion.

Face à cette situation, les autorités semblent jouer la carte de l'indifférence à Cap Cameroun, contrairement à Kribi où un certain nombre de mesures sont prises depuis 2012 au moins.

Il reste à analyser les différentes stratégies locales de gestion de ce phénomène et proposer des mesures engageables afin de réduire la vulnérabilité des populations qui y vivent.

VIII- EFFETS NÉFASTES DE L'ÉROSION CÔTIÈRE A CAP CAMEROUN ET KRIBI ET STRATÉGIES DE REPONSE.

La situation environnementale actuelle sur le littoral camerounais impose la mise sur pied des techniques et stratégies de gestion durable des territoires, dans un contexte de développement durable. En effet, cette partie du Cameroun dispose des ressources dont la gestion et la préservation sont un impératif : une vaste superficie de forêt littorale, des écosystèmes de Mangrove (estuaires du Rio-Del-Rey et du Wouri), des géomorphosites (Chutes de la Lobé)

Ainsi, la portion littorale de Cap Cameroun fait face à d'importants phénomènes d'érosion Côtière. Des conséquences comme la destruction des maisons, le déplacement des populations, le recul du trait de côte, entre autres. Sur le second, il s'annonce depuis le début des années 2000. Ce même phénomène s'annonce à Kribi depuis la construction du port autonome de Kribi et sa digue de protection.

Cette partie vise à ressortir les effets néfastes de l'érosion côtière, analyser les stratégies de gestion sur les deux sites d'étude, en ressortant les réponses des pouvoirs publics et des populations locales.

VIII.1. Évaluation les conséquences néfastes de ces risques sur les populations

La déforestation/dégradation des mangroves et les effets néfastes qui en découlent est bien réelle dans l'estuaire du wouri. Pourtant, les mangroves sont une source importante de revenus, non seulement pour le pays, mais également pour les populations avoisinantes. Vu la situation alarmante, une gestion de ces écosystèmes s'impose pour juguler les dégâts afin de les préserver pour les générations futures.

Les facteurs sus-évoqués se sont ainsi combinés pour engendrer des bouleversements environnementaux considérables sur ces espaces côtiers à écologie fragiles. Il en résulte de nombreux risques naturels à gérer, des populations vulnérables et des écosystèmes fragilisés. L'érosion côtière figure au rang de ces risques et s'avère plus intense à Cap Cameroun où les reculs allant de ± 07 m à $\pm 1,7$ m sont identifiés tout en s'annonçant à Kribi mais sans effets très pervers, car plus de 72,32 % du trait est resté stable, 1,3 % en accrétion et 26,33 % en érosion. Le chapitre suivant vise à mieux analyser ces dynamiques environnementales sur les deux sites d'étude.

Cette situation nous invite à évaluer les différentes conséquences de ces bouleversements environnementaux sur les populations qui y vivent, ainsi que les mesures étatiques en faveur de la maîtrise des effets néfastes induits.

VIII.2. Les déplacés et habitations détruites

La digitalisation des images Google Earth des années 2000 et 2016 ont permis de constater que plus de 379 maisons sont détruites par l'érosion au Cap Cameroun et environ. Le nombre de déplacé est estimé à plus de 1 236 habitants (figure 79).

Malgré ces conditions difficiles, la croissance démographique est galopante à Cap Cameroun. En 2016, on dénombre plus de 780 maisons contre 379 en 2000 (figure 76). Ce qui témoigne d'une augmentation de la population, laquelle est actuellement, entièrement localisée dans la réserve de mangroves de Mabe, d'où la forte dégradation observée dans cet écosystème (classification Landsat 2016).

Ces multiples changements environnementaux, le phénomène de déplacement de la population d'un site à un autre (dans la même localité) à cause de catastrophes naturelles, concerne la majorité ou presque tous les pays Africains. Celle à Cap Cameroun n'est donc pas pire, car il y en a encore plus affligeantes de par le monde. Nous avons en mémoire ceux de l'Afrique de l'Ouest (Gemenne et al., 2017). Il en est de même au Cap Haïtien, où les catastrophes naturelles et les chocs politiques ont entraîné un déplacement massif de la population (Clervil (2017).

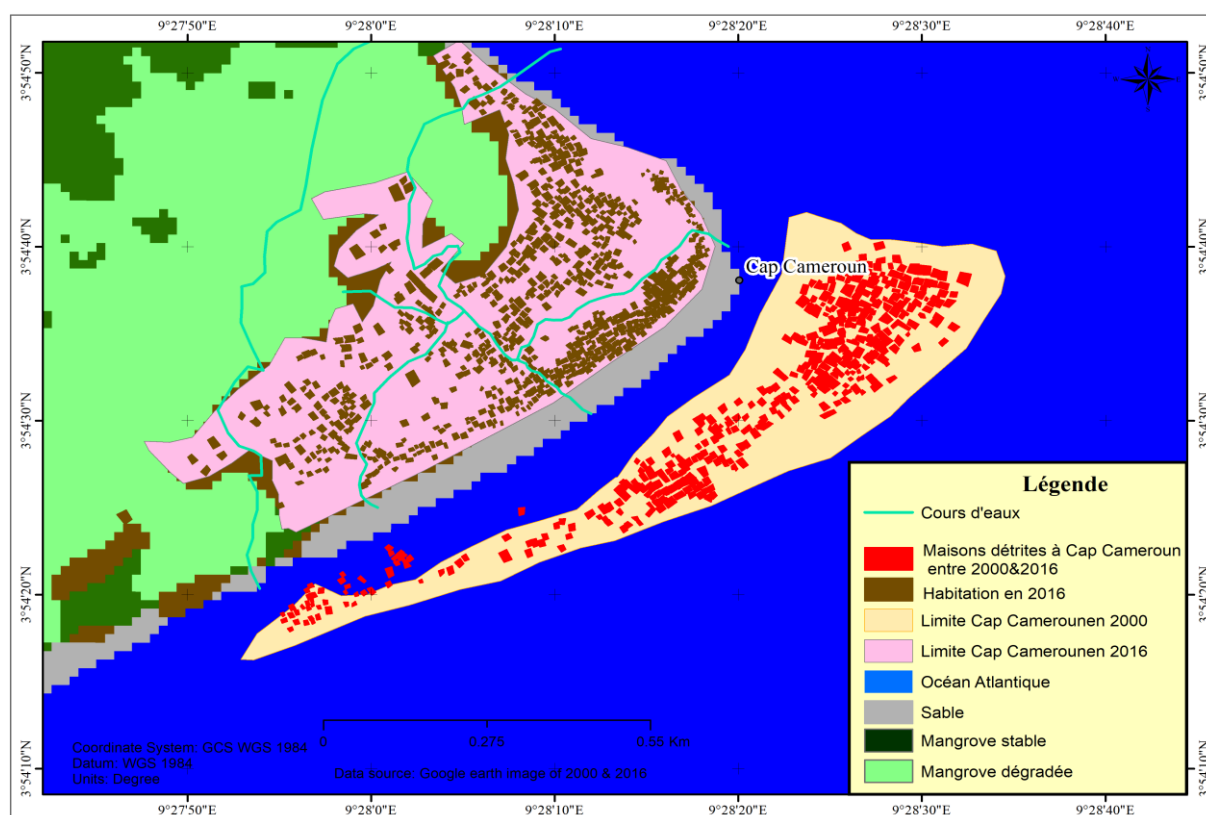


Figure 79 : maisons détruites par l'érosion côtière à Cap Cameroun entre 2000 et 2016 (Source : digitalisation des images Google Earth de 2000 et 2016)

VIII.3. Évaluation des réponses étatiques

VIII.3.1. Création des institutions dédiées à la gestion des risques

VIII.3.1.1. La création de la Mission d'Étude pour l'Aménagement de l'Océan (MEAO)

La création de la Mission d'Étude pour l'Aménagement de l'Océan (MEAO) a été Créée par un décret présidentiel N° 99 / 195 du 10 septembre 1999. J'ai effectué un stage au sein de cette institution.

Ses missions :

➤ Réaliser ou faire réaliser sous sa responsabilité, toute prospection, enquêtes, études et expérimentations lui permettant de présenter au Gouvernement, dans un délai de deux (02) ans au maximum, à compter de la date de la première réunion du conseil d'administration, un rapport général contenant des propositions appropriées, concrètes et détaillées sur les actions à entreprendre en vue d'un développement local rapide, intégré et global de la zone d'intervention ;

➤ De proposer dans cette zone à l'insertion spatiale et humaine cohérente des équipements et des projets de toute nature, lancés par l'État ou pour son compte.

Il s'agit plus concrètement de :

- Veiller à la sauvegarde des ressources naturelles environnementales et touristiques de la zone ;
- Suivre les procédures d'occupation rationnelle du domaine public maritime, du domaine national et du domaine privé de l'État dans le Département de l'Océan.
- Participer à la mise en œuvre de toute opération d'envergure à caractère économique et social, en cours ou en projet entrepris par l'État ou les opérateurs privés.

Sa composition/organigramme :

Il comprend deux grandes instances : le Conseil d'administration et la direction générale.

Selon l'**ARTICLE 7-** (1) Le Conseil d'Administration comprend dix (10) membres. Il est composé ainsi qu'il suit :

Président : une personnalité nommée par décret du président de la République.

Membres :

- Un représentant de la Présidence de la République ;
- Un représentant des Services du Premier ministre ;
- Un représentant du ministère en charge de l'aménagement du territoire (MINAT) ;
- Un représentant du ministère en charge des finances (MINFI) ;
- Un représentant du ministère en charge de l'agriculture (MINADER) ;
- Un représentant du ministère en charge d'élevage et des pêches (MINEPIA) ;
- Un représentant du ministère en charge de l'environnement MNEPDED ;

- Un représentant du Conseil Régional ;
- Un représentant du personnel élu.

La direction générale est constituée de deux grandes divisions à savoir la Division des études et de la prospective, la Division des ressources humaines et financières. Chaque division est constituée de cellules.

Suivant l'ARTICLE 26.- (1) Sous le contrôle du Conseil d'Administration, le Directeur Général est chargé de l'application de la politique générale et de la gestion de la MEADEN.

À ce titre, elle est chargée notamment :

- de préparer le projet de budget et de performance, de produire le compte administratif ainsi que le rapport annuel de performance ;
- de préparer les résolutions du Conseil d'Administration, d'assister avec voix consultative à ses réunions et d'exécuter ses décisions ;
- d'assurer la direction technique, administrative et financière de la MEADEN ;
- de proposer un plan de recrutement du personnel au Conseil d'Administration ; de nommer le personnel sous réserve des compétences dévolues au Conseil d'Administration ;
- de gérer les biens meubles, immeubles, corporels et incorporels de la MEADEN, dans le respect de son objet social et des pouvoirs du Conseil d'Administration ;
- de représenter la MEAO dans tous les actes de la vie civile et en justice.

La figure 80 qui suit est l'organigramme de la MEAO.

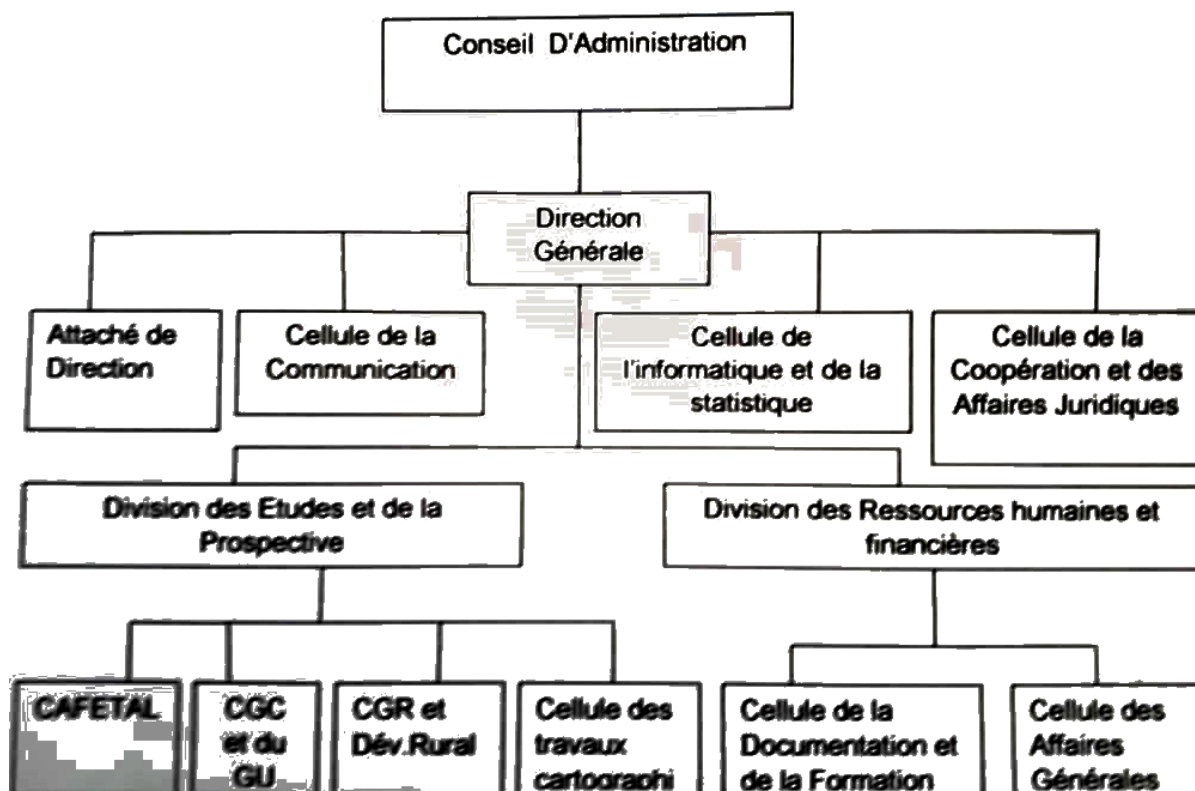


Figure 80 : Organigramme de la MEAO.

Le personnel de la MEAO

Peut faire partie du personnel de la MEAO :

- le personnel recruté directement ;
- les fonctionnaires en détachement et les agents de l'État relevant du Code du travail mis à la disposition de la MEAO ;
- le personnel occasionnel, saisonnier et temporaire dont les modalités de recrutement, de rémunération et de rupture du contrat sont fixées par les statuts du personnel.

Le stage effectué dans cette structure, bien que de courte durée a permis d'avoir une idée sommaire sur son fonctionnement. Telle que prévu dans le décret portant création de la MEAO, elle fut créée pour servir de tête pensante du processus d'aménagement du département de l'Océan (qui a pour chef-lieu Kribi). Comment ne pas la créer alors que cette ville est en pleine mutation (sociale, économique, environnementale...) ?

Malheureusement, de petites failles sont constatées dans son fonctionnement, notamment :

- le déficit de financement qui souvent n'arrive ou alors arrive en retard ;
- Le manque d'équipement ;
- L'absence ou le faible niveau de collaboration avec le port autonome de Kribi ;
- Un faible rayonnement au niveau national et même local ;

Perspectives d'amélioration du fonctionnement la MEAO

- Il faut autonomiser la structure du point de vue financier ;
- Former le personnel sur les questions de gestion de l'environnement et de la maîtrise des techniques de l'aménagement du territoire;
- Créer et équiper des laboratoires de recherche au sein de la MEAO ;
- Construire un siège pour la structure ;
- La MEAO doit établir des liens de coopération avec des centres de recherche (nationaux ou internationaux) pour un transfert d'expertise.
- ...

VIII.3.1.2. La direction de la protection civile (DPC)

Elle fut créée par la loi N° 86/016 du 6 décembre 1986. Cette porte sur la réorganisation générale de la protection civile qui a abrogé la loi de 1973.

La Protection Civile assure avant tout une mission régalienne du Gouvernement, ayant une vocation interministérielle et transversale qui incombe au président de la République, chef de l'État qui en définit la politique générale. Elle constitue un des trois axes stratégiques majeurs des attributions du Ministère de l'Administration Territoriale et de la Décentralisation depuis l'organisation du travail gouvernemental du 9 décembre 2011. Des structures de concertation et de collaboration ont été mises en place pour faciliter le développement et l'efficacité des

mesures de Protection Civile sur l'étendue du territoire national aux plans stratégique (a) et opérationnel (b). Malheureusement, ce service semble absent dans les grandes villes camerounaises.

Sur le plan organisationnel

À ce registre nous pouvons relever les principaux organes de coordination que sont le Conseil National de la Protection Civile (CNPC), l'Observatoire National des Risques (ONR) et la Plate-forme Nationale pour la Réduction des Risques de Catastrophes (PNRC).

- Le Conseil National de la Protection Civile, organisme consultatif du président de la République en matière de Protection Civile, a été créé le 12 mars 1996. Il regroupe l'essentiel des hauts responsables gouvernementaux du secteur sous les auspices du Secrétaire Général de la Présidence de la République.

- L'Observatoire National des Risques quant à lui est un mécanisme de veille sécuritaire mis en place par arrêté du Premier ministre, Chef du Gouvernement le 19 mars 2003 et dont la mission consiste à collecter, analyser, stocker et diffuser les informations sur les risques tant naturels qu'humains. Ses points focaux se recrutent tant au niveau des autres administrations interpellées par ces questions que dans les services des dix gouverneurs de région.

- La Plate-forme Nationale pour la Réduction des Risques de Catastrophes pour sa part est un cadre permanent de concertation et d'échange d'informations entre l'ensemble des partenaires nationaux et internationaux de la Protection Civile. Créée par arrêté de septembre 2010 du MINAT, elle œuvre à l'implémentation du Cadre d'Action de Hyogo 2005-2015 qui milite pour l'intégration des préoccupations de Protection Civile dans tous les plans et programmes de développement afin que les Nations et Communautés soient plus résilientes face aux catastrophes.

Sur le plan opérationnel

Nous avons à ce niveau les structures plus pratiques chargées de mettre en œuvre les mesures de Protection Civile à l'instar des Cellules de Veille Sécuritaire, la Commission d'Agrément des Plans d'Urgence et la Commission d'Analyse des Risques de Construction.

- Les Cellules de Veille Sécuritaire sont des mécanismes de collaboration au niveau local, placés auprès des Autorités Administratives (Gouverneurs de région, Préfets) suivant les termes d'une circulaire du 15 janvier 2010 du Ministre d'État, Ministre de l'Administration Territoriale et de la Décentralisation, dans le cadre du renforcement des mesures de prévention des risques dans les unités administratives de l'État.

➤ La Commission d’Agrément des Plans d’Urgence quant à elle est une plate-forme interministérielle, placée sous l’égide du Ministère de l’Industrie, des Mines et du Développement Technologique, chargée d’approuver les outils d’opération interne en cas de crise que les établissements classés (entreprises potentiellement pourvoyeuses de risques) soumettent à la validation des pouvoirs publics avant le démarrage de leurs activités et sur une base bi annuelle pour la mise à jour.

La Commission d’Analyse des Risques de Construction pour sa part est un mécanisme de concertation en matière d’élaboration des normes de construction des immeubles de grande hauteur ou à usage public d’importance. Elle est logée au Ministère des Travaux Publics et regroupe les principaux intervenants de la chaîne de la Protection Civile en matière de bâtiment.

VIII.3.1.3. L’observatoire National des Risques (ONR)

Cet organe a été créé par **l’arrêté n° 037/PM du 19 mars 2003** portant création, organisation et fonctionnement d’un Observatoire National des Risques.

Il classe comme risque : la coupe abusive de bois qui expose les populations aux effets néfastes des changements climatiques ; l’afflux massif des réfugiés entraînant la hausse de la criminalité, les enlèvements, la demande sans cesse croissante en matière d’éducation et sanitaire ; les accidents de circulation dus en grande partie au mauvais état des véhicules et des chaussées ainsi que l’inconscience des chauffeurs. Il y a également les risques liés aux feux de brousse, les incendies, les mouvements de masses (éboulements, effondrement,...), les noyades les glissements de terrain, les **inondations**, la liste étant loin d’être exhaustive. L’Observatoire National des Risques dont l’une des missions est de répertorier ces menaces afin de sensibiliser les populations. Ses démembrements régionaux contribuent aussi à la mise en œuvre des actions visant la prévention des catastrophes.

Mais malheureusement, il reste non opérationnel et a du mal à se déployer sur le terrain et à répondre promptement aux besoins des sinistrés enregistrés à l’échelle nationale.

VIII.3.1.4. L’Observatoire National des Changements climatiques

Créé par **décret présidentiel N° 2009/410 du 10 décembre 2009**, l’ONACC vient concrétiser la volonté du gouvernement camerounais de participer à l’effort international de réduction des gaz à effet de serre et de stabilisation de climat mondial. L’Observatoire a pour mission de suivre et d’évaluer les impacts socio-économiques et environnementaux, des mesures de prévention, d’atténuation et/ou d’adaptation aux effets néfastes et risques liés à ces changements (article 4, alinéa 1). En tant que tel, l’Observatoire exerce ses missions en liaison avec les administrations publiques, leurs démembrements territoriaux, les

établissements, centres et instituts de recherches basés sur le territoire national. Il peut, en outre, établir des partenariats avec des organismes étrangers remplissant des missions similaires. Cet observatoire est resté à la traîne et n'a pas encore véritablement marqué la scène. L'espoir réside actuellement sur la nomination d'un directeur en sa tête qui, jouit d'une belle expérience en question de changement climatique.

Le constat désolant ici est celui de la non-applicabilité de textes et la non-opérationnalisation des institutions dédiées à la gestion de l'environnement. Tout ceci fait en sorte que tous ces instruments ont du mal à se concrétiser sur le terrain. Dans bien de cas, ils sont plus, ils sont plus réactifs qu'actifs. La loi sur l'orientation de l'aménagement du territoire qui consacre le caractère géostratégique et prioritaire des zones côtières ne se fait pas ressentir dans sur le terrain. Il en est de même pour la DPC et l'ONR. Les populations semblent donc délaissées et se trouvent obligées de développer leurs propres initiatives d'adaptation pour faire face au risque d'inondation dans la ville de Douala. Toutefois, on note des efforts de part et d'autre de la communauté urbaine de Douala. De grands chantiers d'infrastructures sont lancés et sont en cours de réalisation. Ce qui fait croire que dans un futur proche, la ville de Douala pourra faire face efficacement au risque d'inondation, même si beaucoup de choses restent à faire.

VIII.3.1.5. Les textes de loi

Plusieurs lois ont été votées au Cameroun en rapport à avec la gestion et la protection de l'environnement. Nous avons entre autres :

- Décret N° 98/031 du 9 mars 1998 portant organisation des plans d'urgences et de secours en cas de catastrophes ou de risques majeurs.
- La loi n° 90-47 du 19 décembre 1990 relative à l'état d'urgence ; La loi-cadre sur l'environnement
- La Loi n° 96/12 du 5 août 1996 portant loi-cadre relative à la gestion de
- La loi n° 2004/003 du 21 avril 2004 régissant l'urbanisme au Cameroun ;
- la loi n° 201/008 du 6 mai 2011 portant orientation pour l'aménagement et le développement durable du territoire au Cameroun.

VIII.3.2. Une multitude de projets à forte connotation environnementale à Kribi

Une quinzaine de projets (réalisés et en cours de réalisation) sont identifiés à Kribi⁹. Quoique certains soient « contre l'environnement », il y en a qui militent en faveur de la protection du littoral ainsi que la conservation de la biodiversité, impulsés par la MEAO. Telles sont les cas des projets de création du Parc Marin de « MANYANGUE NA ELOMBO-

⁹ Confère annexe 4

CAMPO » ; Projet GCP/CMR/030/GEF « Based Management and Conservation of mangrove Cameroon » ; le Projet COST (Collaborative Action for Sustainable Tourism) ; le projet d'aménagement et d'électrification de la plage de Ngoye-Kribi à des fins touristiques et le projet d'étude sur l'impact de l'érosion marine sur les côtes kribiennes : de l'embouchure du Nyong à celle du Ntem.

VIII.4. Les mesures de protection in situ

VIII.4.1. Mesures entreprises par l'État : Construction des édifices de protection contre l'érosion côtière à Kribi

Gérer durablement les risques naturels dans une ville comme Kribi revient à coup sûr à envisager des mesures susceptibles de juguler les effets néfastes de ceux-ci. Ces mesures vont des aménagements testés et approuvés à l'opérationnalisation des lois existant dans le domaine. En 2012, une digue fut construite pour protéger les chutes de la Lobé contre l'érosion côtière (Planche photo 10). Cette initiative fut salubre, au regard de l'intérêt que revêt ce site convoité par l'UNESCO comme patrimoine mondial.



Planche photo 10 : Construction d'une digue pour la protection des chutes de la Lobé à Kribi. (Cliché : Mbevo, 2018 ; Tchindjang, 2012)

Elles consistent aussi en la mise en place des dispositions adéquates pour empêcher ou minimiser la production du phénomène générateur d'érosion et, afin de contrecarrer ses effets néfastes. Il serait également intéressant de renforcer les capacités des populations à faire face à la catastrophe, à travers des campagnes de sensibilisation et d'éducation environnementales.

Malheureusement la digue n'a eu que la durée d'une rose. Elle s'est vue déchaussée 2015 puis détruite en 2017 par le phénomène dont elle était censée combattre (planche photo 11). On se pose dès lors la question de savoir pourquoi les ouvrages de protection (coûtent aussi cher) ont une si faible durée de vie ! ?



Planche photo 11 : Digue de protection des chutes de la Lobé en pleine ruine (cliché : Mbevo 2017)

VIII.4.2. Proposition des mesures à envisager pour une adaptation durable et efficace à érosion côtière à Cap Cameroun et à Kribi.

VIII.4.2.1. La promotion du développement urbain participatif

Le développement participatif urbain se définit comme l'implication des habitants dans les processus de préparation, de conception et de réalisation d'un projet de développement à caractère urbain. Une telle initiative demande l'intégration des acteurs à la fois publics, privés et de la population (Gaillardou, 2007), afin de garantir la cohérence des actions et l'efficacité des résultats. Cette notion concerne donc à la fois la participation des habitants, mais également la coordination des acteurs détenteurs du pouvoir décisionnel. En procédant de la sorte, les citoyens urbains de Kribi vont se retrouver dans le modèle d'aménagement implémenté et par conséquent, vont œuvrer à sa pérennité. Cette approche de développement

améliore considérablement les politiques en matière d'environnement et d'aménagement du territoire (Felli, (2006).

VIII.4.2.2. Réglementer les spéculations foncières et les processus d'acquisition des terres

Le projet du Port en eau profonde de Kribi et les opérations d'indemnisation qui s'en sont suivies ont orchestré d'une part, une ruée vers l'appropriation foncière; des spéculations en sont nées et l'environnement s'est vu profondément morcelé et transformé. D'autre part, ce projet a induit ou intensifié la croissance de la population urbaine qui, venue de toute part, est animée par le désir de trouver un emploi à Kribi. Ce phénomène de la croissance urbaine n'est pas récent à Kribi, comme dans nombreuses autres villes camerounaises. La nécessité de mettre en application la loi fixant le régime foncier et domanial au Cameroun (2009) s'impose, afin de discipliner les appétits de plus en plus croissants, voire égoïstes et démesurés de certains Camerounais manifestement opportunistes.

Cette forte croissance urbaine entraîne des conflits d'usage et par conséquent, compromet la stabilité environnementale de la ville de Kribi et ses environs. Il faut donc planifier les installations humaines, soit en construisant davantage des logements sociaux, ou alors limiter l'occupation des espaces non constructibles. En clair, l'appropriation foncière ne doit pas se faire dans l'anarchie (Nkamkeu & Bryant, 2010).

VIII.4.2.3. la promotion des espaces verts et la libération du front de mer et des bas-fonds marécageux.

Les espaces verts ont jadis fait la fierté de nombreuses villes africaines. En offrant à sa population des aires de promenade et de recueillement, ils participent également à la stabilisation du littoral, surtout quand les espèces d'arbres sont bien choisies. Ces espaces sont en voie de disparition dans la ville de Douala et de Kribi. Leur réhabilitation rehausserait, non seulement le caractère attractif de ces villes, mais aussi, ferait asseoir son caractère de ville « écologique ».

VIII.4.2.4. Poursuivre le projet d'aménagement et d'électrification de la plage de Ngoye-Kribi

Dans un processus de ville durable, une ville comme Kribi gagnerait à promouvoir une telle initiative. L'aménagement touristique permettrait en même temps de préserver les atouts naturels de cette ville, tout en promouvant la rentabilité économique. Il accroîtrait la

compétitivité de la filière touristique (balnéaire) au Cameroun à travers les attraits de type internationaux, tant prisés par les touristes occidentaux. Dans le souci de préserver l'environnement et le droit des populations locales, le (ministère de l'Économie, de la Planification et de l'Aménagement du Territoire (MINEPAT, 2014) a donc à l'occasion ordonnée une étude d'Impact Environnemental et social (EIES) dont le rapport a été validé. Il faut donc poursuivre le projet.

VIII.4.2.5. La nécessité d'un plan ORSEC pour les villes de Douala et Kribi.

Le gouvernement pourrait s'inspirer en la matière du système Français en adaptant sa politique de gestion des risques, l'Organisation des Plans d'Urgence et de Secours en cas de catastrophe majeure de la France (ORSEC). Cette approche permettra de distribuer les rôles, afin de mieux organiser les secours en cas de crise. Ceci est d'une importance capitale au moment où on a très souvent du mal à répondre à la question de savoir qui doit organiser les secours en cas de crise ? Pourtant les textes sont clairs, mais l'applicabilité retarde. En réalité, la Direction de la Protection Civile (DPC) est l'organe en charge de cette organisation et par conséquent, doit avoir des représentations jusqu'au niveau local. Et à juste titre, elle est assurée au niveau régional par le Gouverneur, au niveau départemental par le préfet et au niveau d'arrondissement par le Sous-Préfet. Malheureusement, la décentralisation de tous ces pouvoirs n'est pas effective et expose par conséquent les populations des villes de Douala et Kribi aux effets négatifs des inondations et de l'érosion côtière. D'ailleurs, lors de sa descente à Douala après les inondations de juin 2015, le Ministre de l'Urbanisme, du Développement Urbain et de l'Habitat et du (MINUDUH) soulignait lors de la réunion de crise, la nécessité de « mettre sur pied cet organisme et de former son personnel ». La figure 81 ci-dessous est une proposition d'adaptation de ce plan ORSEC pour la ville de Douala (figure 81).

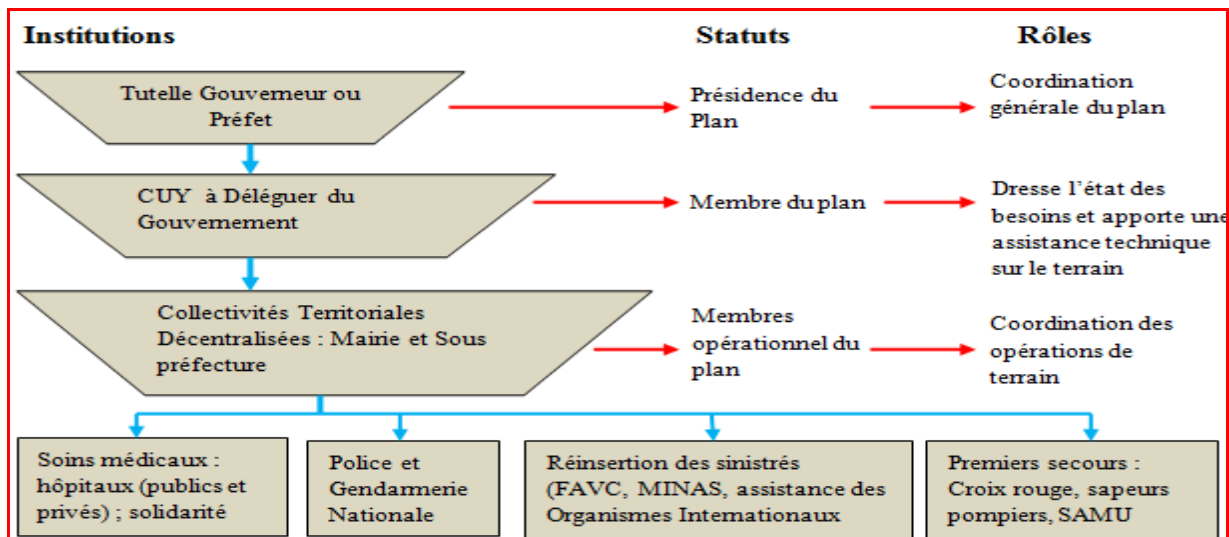


Figure 81 : Adaptation du plan ORSEC à la gestion des catastrophes à Douala. (Source : Adaptée d'ORSEC France et Voundi, 2016)

VIII.4.2.6. La construction des épis sur les côtes kribiennes

Les épis sont des ouvrages de protection du littoral, perpendiculaires au trait de côte dont la principale fonction est de réduire, voire stopper le transit hydro sédimentaire. Quand ils sont courts, ils n'agissent que sur les sédiments mobilisés par les jets de rive. Mais quand ils sont longs, ils agissent sur le transport des courants littoraux notamment dans la zone de déferlement. Étant donné que la construction de ces ouvrages peut créer des situations d'érosion en aval, il est préférable de les disposer en amont d'un obstacle naturel (pointe rocheuse, platier rocheux, ouvrage de défense portuaire...) (Bougis, non daté).

Le dimensionnement de l'épi doit dépendre de la charge sédimentaire, de la capacité de charriage des courants marins. Il doit être normalement écourté pour ne pas perturber fondamentalement la houle responsable de l'érosion. **Sa longueur** doit également tenir compte de la profondeur du rivage où il est bâti.

Son espacement entre deux épis va ainsi dépendre de l'obliquité de la houle dominante sur la côte. Bougis propose cette formule pour calculer les espacements entre deux épis consécutifs, en notant « a » l'angle entre la direction de propagation de la houle dominante et la normale à la plage, qui est aussi celui entre les lignes de crêtes de la houle dominante et le trait de côte, « A » la distance entre la racine de l'épi et le trait de côte moyen recherché, la longueur « L » de l'épi, et « E » l'espacement entre deux épis.

$$E < (L - A) \frac{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}{\operatorname{tg} \alpha}$$

On pourrait envisager de construire une série d'épis en amont du FAK sur une distance de près de 35 km (proposition faite sans aucune étude préalable) jusqu'à la ville de Kribi.

VIII.5. Analyse des stratégies locales de réponse

VIII.5.1. Les occupants du front de mer

Les populations riveraines du littoral kribien, face au caractère agressif de la mer, entreprennent des actions pour faire face au phénomène. Ces, initiatives, loin d'être les plus adéquats et efficaces, permette tout au moins à se maintenir. Elles se résument en la disposition d'un cordon pierreux associé entre l'aléa et les enjeux (planche photo 12).



Photo N° 1: L'un des défis à relever concernera la Protection des berges contre l'érosion marine



Photo N° 2: L'avancée de la mer est par endroits Spectaculaire, comme ici à Mboamanga



Photo N° 3: Les riverains essayent de lutter comme ils peuvent, mais pour combien de temps encore ?



Planche photo 12 : l'Érosion côtière à l'œuvre sur le littoral kribien et mesures locales de réponse inefficace (Source : CUK, 2015).

VIII.5.2. les pêcheurs

Après la construction du PAK, les pêcheurs font écho du fait que les bruits du port ont considérablement éloigné les poissons. « *Il faut désormais aller à plus de 20 km pour espérer*

réaliser une bonne pêche » affirmait Jonathan, un pêcheur nigérian. Pour faire face à cela, ceux-ci se sont associés dans de petits groupes (formels et informels) :

- Ils sont plus de 58 pêcheurs traditionnels, 800 pêcheurs artisanaux regroupés en GIC dont 18 % étrangers (nigériens, ghanéens, Sao toméens...) ;
- Une société semi-industrielle de pêche maritime (DICAL) est installée et emploie plus de 70 pêcheurs ;
- Plus de 6 groupes d'initiatives communes (GIC) de pêcheurs sont répertoriés dans le cadre du projet de développement halieutique communautaire Atlantique (PDHCA), MEAO, (2002). Ils s'occupent de la pêche semi-industrielle et la commercialisation des produits halieutiques.

VIII.5.3. le rôle des ONG

Suivant les travaux de Mbevo et al. (2017), 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 lancé un projet dénommé « gestion communautaire durable et conservation des écosystèmes des mangroves ». Ce projet a permis le reboisement (planche photo 12A&B) 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).



Planche photo 13A & B : Cas de régénération de la mangrove dans le Ntem, Sud Cameroun (cliché : Fankem, 2016).

BILAN

Tout compte fait, ce chapitre visait à analyser les effets néfastes de l'érosion côtière et les stratégies de gestion sur les deux sites d'étude que sont Cap Cameroun et Kribi, en ressortant les réponses des pouvoirs publics et des populations locales.

Il en ressort que les principaux effets indésirables sont la destruction des maisons, le recul drastique du trait de côte à Cameroun et la mise en ruine de plus de 379 maisons, forçant à la relocalisation plus de 1 236 habitants. Au niveau de Kribi, ce sont les déchaussements de troncs d'arbres, la destruction d'habitation...

Face à cette situation, la réaction des pouvoirs publics s'est d'abord faite par la mise en place d'un cadre légal et institution et des lois. Ensuite, des actions ont été menées sur le terrain à Kribi pour contrer l'érosion. Il s'agit entre autres de la construction des digues de protection, des enrochements, entre autres. Rien n'est fait à Cap Cameroun où le phénomène est encore plus important.

Les populations locales tentent de se maintenir en migrant sur de nouveaux sites, en renforçant la résistance de leur maison. Ces actions sont moins résilientes au regard de l'occurrence permanente de l'érosion côtière. La nécessité de mettre sur pied des mesures d'adaptation efficaces s'impose à Cap Cameroun, afin de réduire la vulnérabilité des populations.

IX.DISCUSSION CONCERNANT L'ÉROSION OBSERVÉE ET LES FACTEURS EXPLICATIFS

L'érosion côtière est un phénomène complexe dont les facteurs sont à la fois terrestres, marins et même astronomiques. Elle affecte les côtes de façon différente, en fonction de leur structure pédologique, du niveau d'anthropisation, entre autres. Le constat qui émerge des analyses précédentes est celui de sa répartition de l'érosion sur la presque totalité des deux sites d'étude.

La situation dans l'estuaire du Wouri apparaît encore plus préoccupante au regard de son ampleur à Cap Cameroun et sur bien d'autres sections dudit estuaire. En faisant le rapprochement entre ce phénomène d'érosion actuellement significative et les facteurs explicatifs évoqués, une certaine corrélation semble s'établir.

Ce chapitre cherche à consolider ce possible lien entre érosion observée et les facteurs explicatifs traités, notamment la croissance démographique et la pression sur les espaces de mangrove, la marée, le climat... Les observations de terrain faites en 2014, 2015 et tout récemment en mai 2019 lors du Stage à la MEAO, le témoignage des personnes ayant longtemps vécu sur l'espace intertidal viendront en appui.

La littérature existante est également mise à contribution pour mieux établir cette corrélation.

IX.1. Érosion côtière et marée

Suivant les dires de Sa Majesté Muléma (chef traditionnel de Cap Cameroun) « *les précipitations ne sont pas responsables de l'érosion côtière à Cap Cameroun, mais plutôt la marée* ». Cette déclaration se confirme en se référant aux résultats du traitement des données de marée et de précipitation. Il se trouve que les plus fortes marées se produisent en saison sèche dans cette localité. Une corrélation similaire a été faite par Brière (2005), parlant de l'hydrodynamique des plages adjacentes d'Anglet. Il souligne « *l'action prépondérante des marées sur la dynamique sédimentaire* ». De même, s'intéressant des côtes béninoises, ivoiriennes et ghanéennes, Tomety (2013) a clairement établi un lien étroit entre les marées et les courants marins sur la destruction des plages. Les périodes de hautes marées correspondraient aux moments où les plus grandes destructions sont observées. C'est la même situation que vit Cap Cameroun actuellement.

IX.2. Dragage du chenal du PAD et érosion côtière

Les opérations de dragage du chenal à bateaux du PAD entraînent un prélèvement important de sédiment. Le vide créé par ce prélèvement augmente la profondeur du chenal, entraînent un

resserrement de l'onde de marée. Cette amplification de l'énergie des marées et l'accentuation de l'érosion côtière à Cap Cameroun seraient dues en partie (i) au dragage du chenal du PAD, lequel entraînerait un vide sédimentaire qui donne de l'énergie à la marée. Augris (2001) souligne à cet effet l'importance de la configuration du fond marin dans la vitesse de propagation des marées. Plus l'épaisseur sédimentaire de fond est importante, plus elle participe à la diminution de la vitesse des courants marins et celle des marées.

Ne serait-il pas mieux de déposer les sédiments issus du dragage dans les zones à déficit sédimentaire comme Cap Cameroun, plutôt que de les rendre ou de déverser hors de la mer ? Ces sédiments pourraient être repris, puis « *refoulés* » vers les sites en érosion (Ozer et al., 2017).

Par ailleurs, fort des observations faites sur place les résultats issus du traitement de la dynamique du trait de côte, semble-t-il, l'engraissement de la flèche littorale autour de l'île de Manoka, notamment sur son extrémité orientée dans l'océan pour en partie expliquer l'érosion côtière à Cap Cameroun (figure 82).

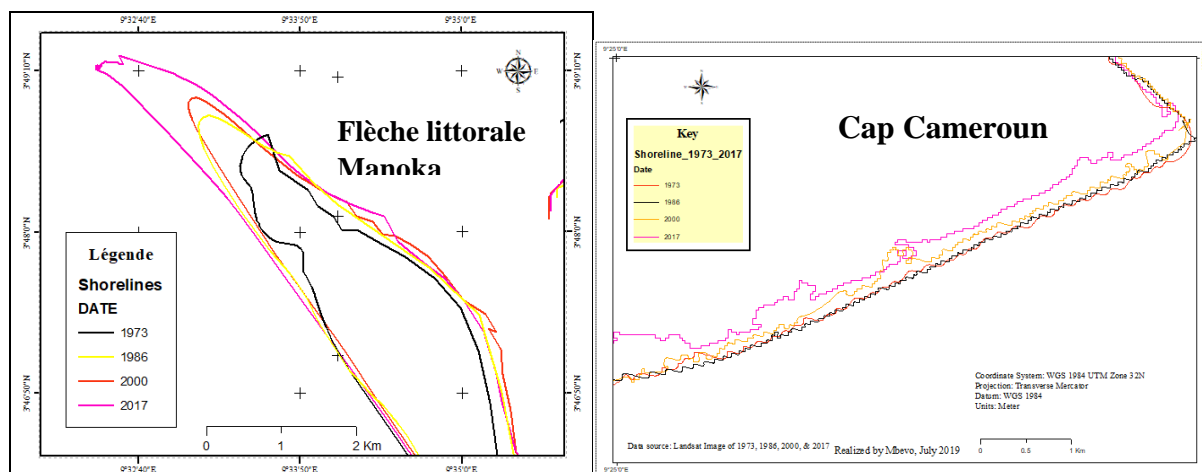


Figure 82 : dynamique progressive du trait de côte autour de la flèche littorale de Manoka et dynamique régressive à Cap Cameroun entre 1973 et 2017.

Cet enrichissement sédimentaire de la flèche participerait à rétrécir le chenal de marée de l'estuaire et à accroître l'érosion de son extrémité nord à Cap Cameroun. On observe une situation un peu similaire au niveau de l'estuaire de la Somme avec au sud, une propagation de la flèche et la partie nord soumise à l'érosion à cause des courants de marées.

IX.3. Dégradation du couvert végétal et accentuation de l'érosion côtière

La mangrove joue un rôle déterminant dans la stabilisation des espaces côtiers. Sa dégradation ou sa déforestation apparaît comme un facteur de vulnérabilité et dont de la réduction de ses fonctions voire de ses services écosystémiques.

La croissance des populations de pêcheurs à Cap Cameroun, Manoka, bref dans l'estuaire induit ipso facto la destruction de la mangrove. Cette destruction rime avec l'érosion côtière. En observant la carte d'occupation du sol de 2016, on constate que les zones de stagnation d'eau (en dehors du chenal habituel) sont les espaces où la mangrove a disparu ou mieux est dégradée. En 1985, une telle corrélation avait déjà été établie par Syaka Sadio (1985), qui soulevait la responsabilité de l'homme (à travers les défrichements pour les besoins énergétiques, de mise en culture des terres...) dans l'accentuation de l'érosion au Sénégal. Dans ce même pays, Ackermann et al., (2006) souligne le rôle crucial du couvert végétal dans la stabilisation du delta du Sine – Saloum (Sénégal).

À Kribi, la diminution de la mangrove sur la zone littorale a aussi un effet important. Ceci est particulièrement bien mis en évidence sur le premier site choisi pour l'implantation du port où un déboisement complet a été effectué. Une érosion importante est maintenant en cours. Au niveau du site actuel du port malgré la construction d'une digue, l'érosion est encore localement limitée au nord du site, ceci probablement à cause de la persistance encore de la forêt de mangrove à proximité du site et de la localisation de la ville beaucoup plus au nord. Cependant la destruction de la mangrove s'accélère dans cette zone aussi.

Cette situation de dégradation/destruction de la mangrove est d'autant plus importante au Cameroun que la FAO a tiré la sonnette d'alarme, en quantifiant à plus de 300 ha la superficie perdue par an (FAO, 2006). Suivant une étude récente, la réserve de mangrove de Mabe où est située Cap Cameroun aurait perdu une superficie de plus de **1 162,25 ha sur 30 ans**, soit un taux de 13,68 % de son territoire (Mbevo, 2019).

IX.4. La croissance démographique et l'érosion côtière

La croissance démographique en cours dans l'estuaire du Wouri est porteuse d'impacts environnementaux importants. Douala, la principale ville économique apparaît comme le siège de toute cette dynamique démographique. Sa population croît, les besoins augmentent et la pression les ressources naturelles s'accroît. C'est ce qui se passe à Cap Cameroun, avec l'augmentation croissante de la communauté de pêcheurs. D'ailleurs, Plus de 65% de produits halieutiques qui alimentent la ville de Douala viennent de Cap Cameroun. Les techniques de

fumages de poisson telles que pratiquées in situ sont destructrices de l'environnement. Elles font abusivement recours au bois de la mangrove. Dzalla (2013) soulignait déjà cette forte anthropisation dans l'estuaire du Wouri (plus précisément dans la réserve Douala-Edéa) et les impacts environnementaux qui en résultent. Au rang de ces impacts il y a l'intrusion marine, les inondations, la pollution des sols et bien évidemment l'érosion côtière.

La bande côtière Kribi-Campo aussi souffre de cette intervention humaine inadaptée constitue actuellement une menace non négligeable sur l'environnement (Fongzossié et al. 2013)

Cette relation croissance démographique-érosion côtière n'est cependant pas l'apanage des côtes camerounaises. C'est une problématique planétaire. S'intéressant aux cas des archipels de l'Ouest de l'océan indien, Cazes-Duvat (2005) prévoyait une certaine aggravation de l'érosion côtière à cause de la croissance démographique : « *Quoi qu'il en soit, la forte croissance démographique aggravera l'érosion côtière et accélèrera la dégradation des récifs coralliens* ».

En Côte d'Ivoire, Touré et al., (2012) souligne l'influence des activités humaines sur l'évolution des espaces littoraux de la baie de Port-Bouët. La croissance démographique qui est le principal facteur de cette dynamique littorale serait à l'origine des risques naturels dont l'érosion côtière.

IX.5. Aménagement côtier et érosion côtière

L'hypothèse d'une corrélation directe entre aménagement du littoral et l'amplification de l'érosion de l'érosion côtière n'est plus à démontrer. Parlant d'aménagements, le littoral camerounais en a connu depuis les indépendances. Les équipements comme les ports, les barrages, les hôtels en bordure de mer... sont autant de constructions qui entravent significativement le dynamique hydro sédimentaire.

Au niveau de l'estuaire du Wouri, la construction du PAD dans les années 1968 apparaît comme un facteur majeur des perturbations hydro sédimentaire. Ensuite, il y a eu la construction du barrage hydroélectrique de Songloulou sur le plus grand fleuve du Cameroun : la Sanaga. Ce fleuve a la particularité d'être très riche en sédiment, car parcourt un bassin-versant très anthropisé. En allant vers le Sud, il y a tout récemment la construction du PAK, du barrage de Memve'ele (figure 83). Il faut également souligner la présence de nombreux établissements¹⁰ hôteliers, restaurants et autres bordant le littoral kribien.

¹⁰ Confère annexe 3

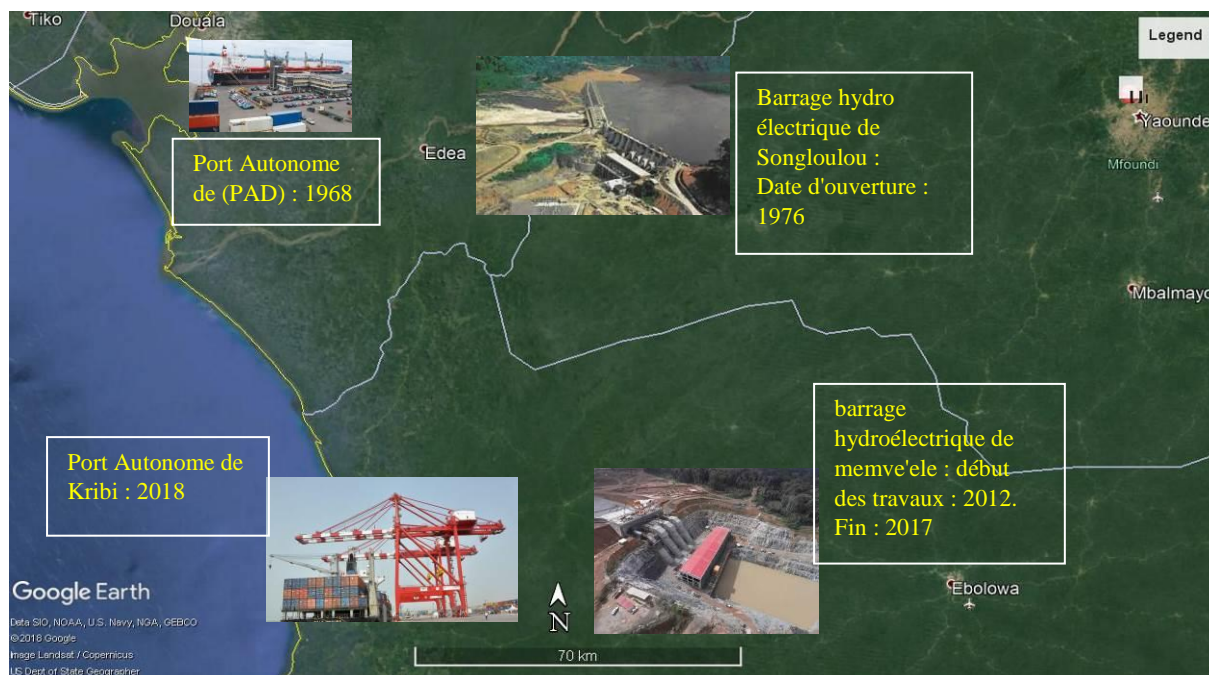


Figure 83 : Quelques aménagements lourds sur le littoral camerounais

Pour ce qui est des barrages, nous avons en mémoire le cas du barrage d'Akossombo en 1963 sur la Volta au Ghana (qui piègerait plus de 90% des sédiments en transit vers les côtes togolaises), a créé une forte érosion sur les côtes togolaises, a induit « l'affouillement des piles du pont de la route internationale Accra-Lomé, située une quarantaine de kilomètres à l'aval » (Rossi, 1996 : 15).

Suivant Ellison (2012), le linéaire côtier de l'estuaire du Wouri au Cameroun aurait subi un recul estimé à plus de 3 m sur les 30 dernières années. Cap Cameroun à lui seul aurait subi plus de 89% de de recul. Fossi Fosti (2018) confirme cette tendance au niveau de Cap Cameroun en montrant des reculs disproportionnés qui vont de $+0,7\text{m/an}$ à plus de $+2,4\text{m}$ sur une période de plus de 48 ans.

Un système de facteurs concourt ainsi à la manifestation du phénomène d'érosion côtière à Cap Cameroun et à Kribi. Ils sont à la fois naturels et anthropiques, comme l'a si bien souligné Ozer et al., (2017) : « À l'installation d'infrastructures importantes s'ajoutent d'autres paramètres naturels ou humains qui influencent également l'évolution du trait de côte »

L'érosion côtière n'est cependant pas une problématique camerounaise, encore moins africaine. Elle touche aussi plus de 40% des côtes de l'Union Européenne (European Commission, 2004)

Le recours aux outils de la télédétection dans ce travail a été d'une importance capitale. Ils facilitent la gestion de l'environnement et la prise de décision, notamment en matière de

risques naturels, aménagement du territoire, entre autres. Comme le soulignaient Cheikh et al., (2007 : 26), « *La télédétection est un outil pertinent pour la recherche en zone littorale et pour l'évaluation de risques naturels* ».

X. CONCLUSION GÉNÉRALE

Tout compte fait, ce travail intitulé « **gestion des risques naturels sur le littoral camerounais : cas de l'érosion côtière à Cap Cameroun et à Kribi** » visait à faire une analyse des facteurs amplificateurs de l'érosion côtière à l'œuvre dans ces deux localités, l'ampleur de l'érosion actuelle et les défaillances observées dans les stratégies locales et étatiques de gestion.

Toute analyse faite, il apparaît que l'érosion côtière est présente dans ces deux localités avec des intensités différentes. Elle est plus sévère à Cap Cameroun qu'à Kribi. Les facteurs explicatifs sont à la fois naturels (le climat, la marée...) et anthropiques (le prélèvement du sable, l'urbanisation, le dragage du chenal du PAD, l'aménagement portuaire autour de Kribi...). Ce schème de facteurs combinés participe ainsi à l'aggravation du phénomène d'érosion côtière et bien d'autres aléas sur le littoral camerounais.

En tant que science et technologique de l'espace, ce travail a fait recours aux techniques de la géomatique, notamment la télédétection et les SIG. Ces outils révolutionnaires ont facilité les analyses du point de vue de l'acquisition des données d'observation de la terre, de la modélisation de la dynamique de l'occupation du sol et de l'érosion côtière à Cap Cameroun et à Kribi. Compte tenu du fait que le transit hydro sédimentaire le long des côtes camerounaises s'effectue suivant le courant de dérive orienté du Sud vers le Nord, tout aménagement contrariant cette dynamique s'avère catastrophique.

Dans l'estuaire du wouri, l'analyse de l'érosion côtière a permis de constater un recul de $+0,38$ m/an entre 1973-1986 ; $+3,30$ entre 1986-2000 et un recul de $-1,12$ entre 2000-2017; un léger engraissement de $0,15$ m/an entre 1986-2000. Une forte dynamique s'opère alors dans l'estuaire. Cap Cameroun y apparaît comme le hot spot de en termes d'érosion, avec les reculs les plus exceptionnels. L'exploitation des images Google Earth des années 2000 et 2016 et les observations de terrain ont permis de confirmer cette situation.

Au niveau de Kribi, avant la construction du port (1973-2000), une stabilité presque globale des traits de côte soit 80,25 %. Après l'implantation portuaire (2000 et 2017) un recul du trait

de côte (érosion) en aval soit s'est installé, touchant plus de 65 % du linéaire et, une accrétion en amont de la digue soit 62, 02 % du tronçon. L'analyse globale de l'évolution des traits de côte de (1973-2017) a permis de conclure que 72,32 % du trait est resté stable, 1,3 % en accrétion et 26,33 % en érosion.

Face à cette situation, les pouvoirs publics réagissent en créant un cadre légal et institutionnel orienté vers la gestion de l'environnement. Malheureusement ces lois tellement généreuses sont presque restées des slogans. Les actions menées sur le terrain sont disproportionnées et semblent plus se confiner vers les zones à hautes valeurs économiques (Kribi) qu'à celle où le phénomène d'érosion est plus intense (Cap Cameroun).

Pour faire face à cette situation, les populations construisent des maisons portatives sur pilotis, se délocalisent vers hinterland, renforcent la résistance de leur maison...

La nécessité de construire des épis le long du littoral kribien s'impose, afin de réguler le transit hydro sédimentaire et stabiliser davantage le rivage. À Cap Cameroun, il faut revégétaliser le front de mer, réguler l'installation des populations car, « *car, il suffit d'apporter des casiers de bière à la chefferie pour bénéficier d'une parcelle de terrain à Cap Cameroun* » déclarait une autorité traditionnelle.

Les résultats obtenus dans ce travail devront être validés par les mesures topographiques de terrain et, les modifications à long terme de la bathymétrie devront être analysées et l'utilisation des images satellites de très hautes résolutions. Une modélisation du transit sédimentaire dans la zone devra être faite ceci afin de mieux planifier l'aménagement de la côte de Kribi et celui de Cap Cameroun. À cet effet une campagne de mesure topographique a été faite le 26 août 2018 et 27 août 2018 à Mboro à partir d'un GPS différentiel (RTK) par le PAK (annexe I).

Nous souhaitons que ce travail serve de base pour une étude plus approfondie, pourquoi pas dans une thèse de Doctorat PhD, afin de mieux comprendre la dynamique de cet espace littoral qui apparaît suffisamment complexe.

BIBLIOGRAPHIE

- Ackermann, G., Alexandre, F., Andrieu, J., Mering, C., & Ollivier, C. (2006). Dynamique des paysages et perspectives de développement durable sur la petite côte et dans le delta du Sine-Saloum (Sénégal). *Vertigo-la revue électronique en sciences de l'environnement*, 7(2).
- AgroParis Tech, (2016). Théorie de la gestion sociale des écosystèmes, des ressources et de l'environnement.
- 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.
- Amanejieu, A., (2018). Analyse temporelle de la représentation du risque d'inondation de 1980 à 2018 à Douala-Cameroun. Mémoire de fin de formation en Gestion des Risques et Catastrophes (GRC), Université de Liège, 93p.
- Augris, C., & Clabaut, P. (2001). Cartographie géologique des fonds marins côtiers: exemples le long du littoral français. Editions Quae.
- Bair, J-P et Muselle M., (2019). Cadre institutionnel et juridique de la gestion des crises. In Brunet S., Fallon C., Ozer P., Schiffino N., & Thiry A., (Dir) « Risques, planification d'urgence et gestion de crise ». p33-52.
- Barusseau, J.-P., (1985). « Essai d'évaluation des transports littoraux sableux sous l'action des houles entre Saint-Louis et Joal (Sénégal) », Bulletin de liaison de l'Association Sénégalaise pour l'Etude du Quaternaire en Afrique, Dakar, N°58-59 - Juin 1980 p.31-39.
- Belzile, L-A., (2008). Comprendre l'érosion côtière. Communication présentée à l'occasion de l'atelier de formation et d'échanges à Saint-Siméon. Repérée à l'URL: <http://pdf.coursgeologie.com/Comprendre%20l'erosion%20cotiere.pdf>
- Beseme, J. L., (1995). Influence de l'occupation des sols sur les inondations. Ingénieries, EAT, 17-24.
- Bijlsma, L., Ehler, C. N., Klein, R. J. T., Kulshrestha, S. M., McLean, R. F., Mimura, N., Nicholls, R. J., Nurse, L. A., Perez Nieto, H. E., Stakhiv, Z., Turner R. K. & Warrick R. A. (1996). Coastal Zones and Small Islands, in R. T. Watson, M. C.
- Boyoguin Bidias, D., (2017). Titre : dynamique des zones côtières ; effets des activités anthropiques sur la recharge sédimentaire d'un segment de plage de la localité de Kribi. Rapport rédigé et soutenu en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur des Travaux Halieutiques. Université de Douala, Institut des Sciences Halieutiques (ISH), 35p
- Brière, C. (2005). Etude de l'hydrodynamique d'une zone côtière anthropisée: l'embouchure de l'Adour et les plages adjacentes d'Anglet (Doctoral dissertation, Pau).
- Brunet, S., & Schiffino N., (2019). Analyse des risques. In Brunet S., Fallon C., Ozer P., Schiffino N., & Thiry A. (Dir) « Risques, planification d'urgence et gestion de crise » p297-310.
- Byrnes, M.R., Anders F.J. , 1991. *Accuracy of shoreline change rates as determined from map and aerial photographs*. Shore and Beach, vol. 59, n°1, p. 17 - 26.

- Cazes-Duvat, V. (2005). Les archipels de l'ouest de l'océan Indien face à l'érosion côtière (Mascareignes, Seychelles, Maldives). *Annales de géographie*, 644(4), 342-361. doi:10.3917/ag.644.0342.
- Cheikh, O. S., Ahmed, M., Ozer, P., & Ozer, A. (2007). Risques d'inondation dans la ville de Nouakchott (Mauritanie). *Geo-Eco-Trop*, 31, 19-42. En ligne : URL : http://www.geocotrop.be/uploads/publications/pub_311_58990.pdf
- Chouari, W., (2017). Évaluation des terres à risque de submersion marine liée aux changements climatiques : le cas de Sebkhha de l'Ariana (Tunisie Nord-Orientale). In revue territoire d'Afrique, N°9. « Les impacts du changement climatique sur les littoraux d'Afrique ». Pp29-40.
- Clervil, L., (2017). Travail de fin d'études: Analyse du risque de déplacement de populations lie au projet de développement municipal et de résilience urbaine (mdur): le cas des habitants des quartiers shada et la fossette, commune de cap-haïtien, haïti".
- Crichton, D. (1999). The risk triangle. *Natural disaster management*, 102, 103.
- CUK, (2013). *Plan directeur de l'urbanisation de la ville de Kribi. Ministère de l'habitat et du développement urbain (MINHDU), Cameroun, CUK, 101p.*
- CUK, (2015) : Rapport sur l'Élaboration du plan d'occupation du sol de la commune de Kribi I. 275p.
- Din, N., Saenger, P., Jules PR., Siegried DD & Basco F., (2008). Logging activities in mangrove forests: A case study of Douala Cameroon', *African Journal of Environmental Science & Technology*, vol. 2, no. 2, pp. 22-30.
- Dolan, R., Hayden B.P., May P., May S., (1980). The reliability of shoreline change measurements from aerial photographs. *Shore and Beach*, vol. 48, n°4, p. 22 - 29.
- Dzalla Ngangué, G.C., (2013). Mangrove de l'estuaire du Wouri : Enjeux de l'anthropisation d'un écosystème humide tropical et impacts environnementaux. Thèse de Doctorat, Université de Douala, 446p.
- Ellison, J.C. (2012) Climate change vulnerability assessment and adaptation planning for mangrove systems. World Wildlife Fund, Washington DC. 142 pp. en ligne URL: https://c402277.ssl.cf1.rackcdn.com/publications/382/files/original/Climate_Change_Vulnerability_Assessment_and_Adaptation_Planning_for_Mangrove_Systems.pdf?1345748387
- 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.
- European Commission (2004) – *Living with coastal erosion in Europe: sediment and space for sustainability. Part II Maps and statistics*. Report Directorate General of Environment, European Commission, Brussels, 25 p.
- Fangue Nzeuga, H. & Tchawa, P., (non daté). Observation et analyse des paysages littoraux de la région kribienne à partir d'un Système d'Information Environnemental basé sur les Images ERS et optiques.
- 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, (2006). 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. 37pp.
- FAO, (Agriculture Organization of the United Nations) (1994). Forest Resources Development Branch, & United States. Forest Service. Tropical Forestry Program.. Mangrove forest management guidelines (Vol. 117). Food & Agriculture Org..

- Felli, R. (2006). Développement durable et démocratie: la participation comme problème. Urbia, Les cahiers du développement urbain durable, 3, 11-28. En ligne : https://serval.unil.ch/resource/serval:BIB_67E0A1A67EA3.P001/REF.pdf
- Fletcher, C.H., Romine, B.M., Genz, A.S., Barbee, M.M., Dyer, M., Anderson, T.R., Lim, S.C., Vitousek, S., Bochicchio, C. et Richmond, B.M., (2011). *National assessment of shoreline change: Historical shoreline change in the Hawaiian Islands*. U.S. Geological Survey OpenFile Report 2011–1051.
- Fongzossie, F. E., Sonwa, D. J., Kemeuze, V., Mengelt, C. & Nkongmeneck B. (2013). « Assessing climate change vulnerability and local adaptation strategies in the Kribi-Campo coastal ecosystems, South Cameroon.» 19p.
- Fosso, L. C., (2014). « Stratégies endogènes d'adaptation aux changements climatiques : cas des populations autochtones autour du parc national de Boumba Bek, Est-Cameroun. ». Mémoire de Master, Université de Dschang, Cameroun. 98p
- Gaillardou, C., (2007). Les enjeux environnementaux, économiques, sociaux et politiques de l'accès à l'eau dans l'agglomération de Lima et plus spécialement dans les quartiers dits « asentamientos humanos», quel avenir pour une ville assoiffée ? (Mémoire de DEA de géographie, mention développement, sociétés et cultures, Université de Bordeaux III).
- Gemenne, F., Blocher, J. M. D., De Longueville, F., Vigil Diaz Telenti, S., Zickgraf, C., Gharbaoui, D., & Ozer, P., (2017). Changement climatique, catastrophes naturelles et déplacements de populations en Afrique de l'Ouest. *Geo-Eco-Trop: Revue Internationale de Géologie, de Géographie et d'Écologie Tropicales*, 41(3).
- Georges, J., Jansen, S., Jackson, J., Meyrieux, A., Sadowska, A., & Selmes, M. (2008). Alzheimer's disease in real life—the dementia carer's survey. *International journal of geriatric psychiatry*, 23(5), 546-551.
- GFOI 2016, Intégration des données de télédétection et d'observation au sol pour l'estimation des émissions et des absorptions de gaz à effet de serre dans les forêts: Méthodes et pratiques recommandées par l'Initiative mondiale pour l'observation des forêts, Version 2.0, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome. 303p.
- Ghaleb, F., Shaban, A. & Jaquet, J-M., (2004). Apport de la Bande Infrarouge Thermique du Capteur ETM+ de Landsat dans la détection de la pollution de l'eau de mer sur le Littoral libanais. (Rev. contemporary publishing international), (vol. 4, n°2,) P. 197-209.
- GIEC, (2007). Bilan des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du GIEC. Genève, Suisse: 114p.
- Gordon Nwutih, A., 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+). 14p.
- Guyomarc'h, J. P., & Le Foll, F., (2011). Milieux côtiers, ressources marines et société. Ceser Bretagne, www.ceser-bretagne.fr. 294p. en ligne: URL: https://www.bretagne.bzh/upload/docs/application/pdf/201112/milieux_cotiers_ressources_marines_et_societe_internet_light_2011-12-07_10-15-49_709.pdf.
- Hardin, G. (1968). *The Tragedy of the Commons*. science, v. 162.
- Hardisty., Juncker., Horn., Hesp., (1999). Morphological and temporal variation of transgressive dunefields. In imbituba jaguaruna, region santa catarine, 145p.
- Himmelstoss, E.A., Zichichi, J.L., Thieler, E.R., et Ergul, Ayhan., (2009). *Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.3 An ArcGIS extension for calculating shoreline change*. U.S. Geological Survey Open-File Report 2008-1278.

- Jamont, M.F., (2004). Etude des aléas naturels sur le «Sud Vendée et marais Poitevin. Rapport de phase 2 Caractérisation des aléas de référence. Disponible à l'adresse : . www.vendee.gouv.fr/IMG/pdf/Rapport_Phase_2.pdf
- Joanna, C. E. and Zouh, I., (2012). Vulnerability to Climate Change of Mangroves: Assessment from Cameroon, Central Africa. *Biology*, 1, 617-638 ; doi:10.3390/biology1030617.22p
- Kelman, A. (2003). A river and its city: the nature of landscape in New Orleans. Univ of California Press.
- Keugne Signe, E.R., (2018). Gestion de l'érosion côtière sur le littoral Sud du Cameroun. Mémoire de Master de Spécialisation en GRC, Université de Liège, département de géographie. 49P.
- Kramkimel et Bousquet, (1987). Mangrove d'Afrique et du Madagascar : les mangroves du Cameroun. CEE, SECA, Luxembourg : 127-147
- Kuété, M., et Assongmo, T., (2002). « Développement contre Environnement sous les Tropiques : l'exemple du littoral de la région de Kribi (Cameroun) », Les Cahiers d'Outre-Mer [En ligne], mis en ligne le 23 septembre 2010, consulté le 01 août 2019. URL : [http:// com.revues.org/1003](http://com.revues.org/1003) ; DOI : 10.4000/com.1003
- Lahlah Salah, (2004). Les inondations en Algérie. Actes des Journées Techniques/ Risques Naturels: Inondation, Prévision, Protection /Batna15/16/décembre 2004.
- Mangor, K. (2001). Shoreline management guidelines. 462p. en ligne URL : https://www.dhigroup.com/upload/campaigns/shoreline/assets/ShorelineManagementGuidelines_Feb2017-TOC.pdf
- Matandra Sadrack, B., (2002). Observatoire des risques naturels au Cameroun relation pluies inondation et plan ORSEC : le cas des villes côtières de Kribi, Douala et Limbé, mémoire de Master, Université de Paris VII, in Mémoire online.
- Mbevo Fendoung, P. (2019). Vulnérabilité et adaptation des populations de cap Cameroun aux risques naturels. In Tchindjang, M. Steck, B. & Bopda, A. (Dir). Construire la ville portuaire de demain en Afrique Atlantique. P583-625. En ligne sur : <http://hdl.handle.net/2268/236530>
- 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 6e mémoire de Master en géographie, Univ Yaoundé1, 173p.
- Mbevo Fendoung, P., Tchindjang M., Fongnzossié E., (2017). « Analyse par télédétection de la vulnérabilité de la réserve de Mangrove de Mabe face aux changements climatiques, entre 1986 et 2014 ». Revue « Territoire Afrique », Université de Montpellier 3, Paris. Numéro thématique sur « Les impacts du changement climatique sur les littoraux en Afrique ». P53-65. En ligne : URL : <http://hdl.handle.net/2268/238117>
- MEAO, (2002). Schéma d'aménagement et de développement durable du département de l'Océan. Bilan diagnostic, volume II. 254p.
- MEAO, (2016). Assistance à maîtrise d'ouvrage auprès de l'unité opérationnelle de la réalisation du complexe industrialo-portuaire de Kribi. TDR - Etudes pour le développement économique multisectoriel. 29p.
- Mena, M. S., Tchawa, P., Amougou, J. A. & Tchotsoua, M., (2016). « Les changements climatiques à travers les modifications du régime pluviométrique dans la région de Kribi (1935-2006) », Rev. Ivoir. Sci. Technol., 28 (2016) 389 - 407 389, ISSN 1813-3290, <http://www.revist.ci>, 18p.
- Mfombam Nsangou, G.C. (2016). Contribution de la modélisation à l'évaluation du trait de côte. Mémoire de Master professionnel en cartographie, télédétection et SIG appliqués à la gestion durable des territoires, Yaoundé, Université de Yaoundé 1. 147p.

- MINEPAT, (2009), Document de Stratégie pour le Croissance et l'Emploi (DSCE). Cadre de référence de l'action gouvernementale pour la période 2010-2020, Cameroun, 34-40, 174p
- MINEPAT/ PCFC, SANYS Global Consulting, SAFEGE et E-CARE (2014), Rapport final de l'étude d'impact environnemental et social sommaire du projet d'aménagement et d'électrification de la plage de ngoye-kribi à des fins touristiques, 123-128, MINPAT, 234p
- MINEPDED, (2015) Plan National d'Adaptation aux Changements Climatiques
- MINHDU, (2014). Plan Directeur d'Urbanisme de la ville de Kribi. Rapport justificatif. 101 p.
- Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature., (2010). Étude préliminaire de la deuxième phase du projet de conservation et de gestion participative des Écosystèmes de mangrove au Cameroun. Rapport final présenté par ENVI-REP CAMEROON.
- 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.
- Mouliom Njikam A., (2012). Dynamique du rivage kribien de 1973 à nos jours. Mémoire de master en géographie, Université de Yaoundé 1
- Nkankeu, F., & Ngamini, A. (2010). Droits fonciers au Cameroun: Evolution de l' époque coloniale aux réformes nationales. NKANKEU F et BRYANT C (2010) Regards multidisciplinaires sur les conflits fonciers et leurs impacts socio-économico-politiques au Cameroun, Laboratoire de Développement durable et dynamique territoriale, Université de Montréal, 7-24.
- OPED, (2010). Fumoirs améliorés : alternative à la dégradation de la mangrove pour le bien-être des femmes de l'Afrique Centrale.
- Ovono Z. M., (2017). Effet des changements climatiques en Afrique Centrale : le cas de l'érosion côtière sur le littoral du Gabon. In revue territoire d'Afrique, N°9. « Les impacts du changement climatique sur les littoraux d'Afrique. Pp 17-27.
- Oyedotun, T.D.T., (2014). *Shoreline Geometry: DSAS as a Tool for Historical Trend Analysis*. *Geomorphological Techniques*, Chap. 3, Sec. 2.2 (2014), 12, 2047-0371.
- Ozer, P. (2014). Catastrophes naturelles et aménagement du territoire: de l'intérêt des images Google Earth dans les pays en développement. *Geo-Eco-Trop: Revue Internationale de Géologie, de Géographie et d'Écologie Tropicales*, 38(1), 209-220. En ligne : URL : <http://hdl.handle.net/2268/181131>
- Ozer, p., 2019. Les risques naturels. In « Risques, planification d'urgence et gestion de crise ». In Brunet S., Fallon C., Ozer P., Schiffino N., & Thiry A. (Dir) « Risques, planification d'urgence et gestion de crise » p95-117.
- Ozer, P., Hountondji, Y. C., & De Longueville, F. (2017). Evolution récente du trait de côte dans le golfe du Bénin. Exemples du Togo et du Bénin. *Geo-Eco-Trop: Revue Internationale de Géologie, de Géographie et d'Écologie Tropicales*, 41(3).
- Raffleau S., (2008). Planting dynamics and management of oil palm smallholdings in Cameroon: limiting factors and reason for practices. *Sciences of the Universe*. AgroParisTech, [En ligne] URL <https://pastel.archives-ouvertes.fr/pastel-00004759>, Consulté le 19 mai 2016.
- Renn, O., Klinke, A., (2004). « Systemic risk : a new challenge for risk management ». *European molecular Biologie Organization Report*, no. 5 : 41-46.
- Rey T. & Fanget C., (2017). Inadéquation entre les temporalités côtières et le temps de décision et des actions au Sénégal : l'exemple de la brèche de barbarie. In revue

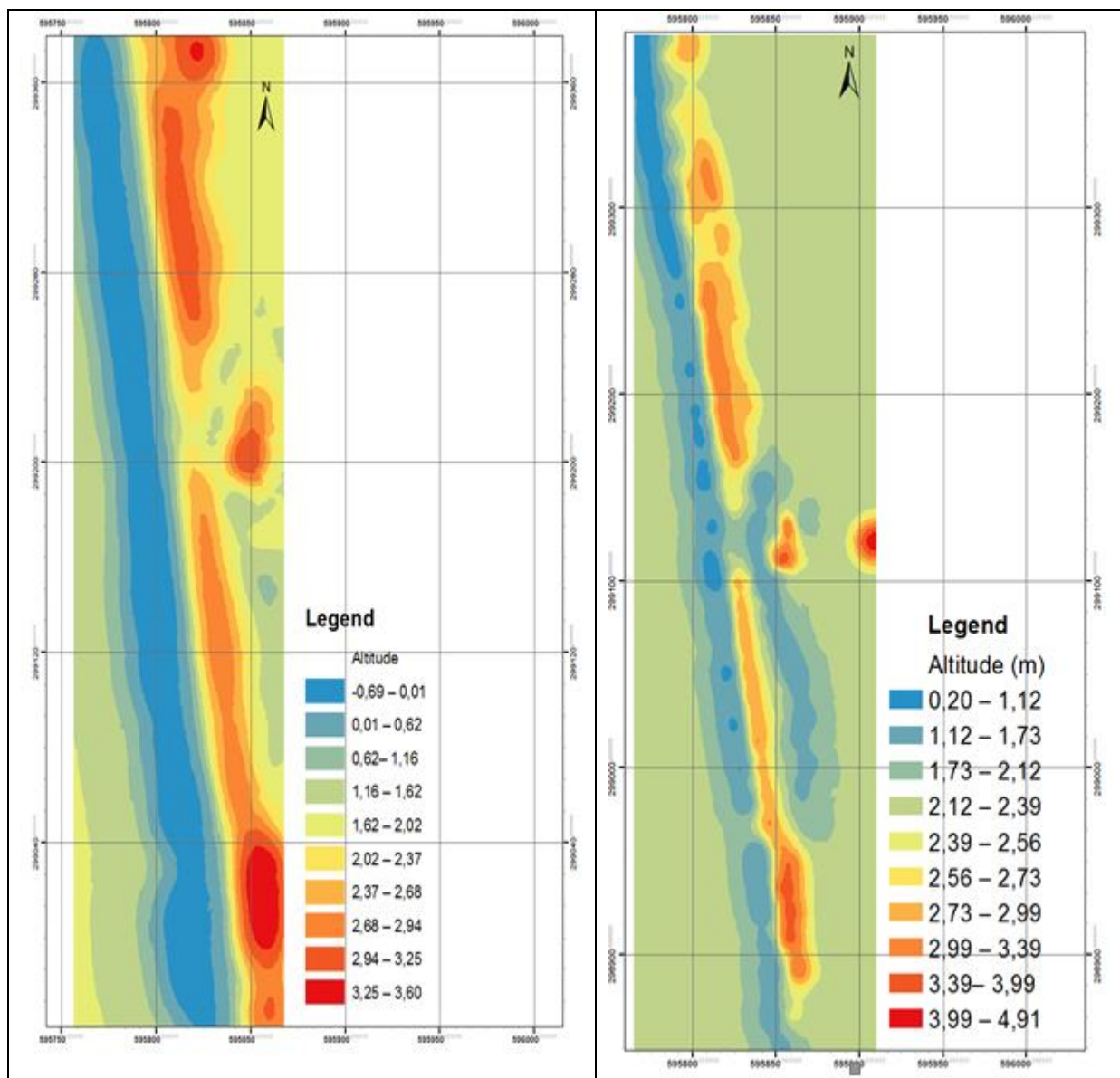
- territoire d'Afrique, N°9. « Les impacts du changement climatique sur les littoraux d'Afrique. Pp 5-15.
- Rey, T., Leone, F., Candela, T., Belmadani, A., Palany, P., Krien, Y., ... & Zahibo, N. (2019). Coastal Processes and Influence on Damage to Urban Structures during Hurricane Irma (St-Martin & St-Barthélemy, French West Indies). *Journal of Marine Science and Engineering*, 7(7), 215. En ligne URL: <https://www.mdpi.com/2077-1312/7/7/215>
- Romine B.M et Fletcher C.H. A., (2012). *summary of historical shoreline changes on beaches of Kauai, Oahu, and Maui, Hawaii*. *Journal of Coastal Research*, 29, 605-614.
- Rossi, G. (1996). L'impact des barrages de la vallée du Mono (Togo-Benin). La gestion de l'incertitude. *Géomorphologie: relief, processus, environnement*, 2(2), 55-68. URL : https://www.persee.fr/docAsPDF/morfo_12665304_1996_num_2_2_878.pdf
- Ruggiero, P., Kratzmann, M. G., Himmelstoss, E. A., Reid, D., Allan, J., & Kaminsky, G. (2013). National assessment of shoreline change: historical shoreline change along the Pacific Northwest coast. US Geological Survey.
- Salmon, M., Sbai, A., Taïeb Boumeaza, Benata M., et Ozer A., (2010). L'érosion des côtes meubles de l'extrême nord-est du Maroc. *Edition BSGLg*, 54, 2010, 97-106.
- Sellin, V., Magnanon, S., Gourmelon, F., Debaine, F., & Nabucet, J. (2015). Etude expérimentale en cartographie de la végétation par télédétection. *Cybergeog: European Journal of Geography*. En ligne : URL : <https://journals.openedition.org/cybergeog/27067>
- Serge Morin et Martin Kueté (1989), Le littoral camerounais : problèmes morphologiques. Travaux de laboratoire de Géographie physique appliquée-Institut de Géographie – Bordeaux III.
- Sidi Tanko, O. K., (2012). Dynamique de la végétation en zone minière dans la commune urbaine d'Arlit. Université Abdou Moumouni de Niamey Niger – Maitrise en Géographie.
- Soucy-Gonthier N., Marceau D., Delage M., Cogliastro A., Domon G. et Bouchard A., 2003. Détection de l'évolution des superficies forestières en Montérégie entre juin 1999 et août 2002 à partir d'images satellitaires Landsat-TM. Rapport présenté à l'Agence forestière de la Montérégie (AFM). 30p.
- Stenchion, P. (1997). Development and disaster management. *Australian Journal of Emergency Management*, The, 12(3), 40.
- Syaka, Sadio, Y. A. K. A. (1985). Dégradation physique des sols et, lutte contre l'érosion. Edition ORSTOM, Dakar, 6p
- Tchawa, P., & Tsobze, A. (2004). Plan d'aménagement et de gestion de la bande côtière Kribi-Campo dans la perspective d'un tourisme durable, République du Cameroun, 93p.
- Tchindjang M., Mbevo Fendoung, P. & Bopda, A., (2019). Une Afrique Atlantique avec des villes sous l'eau ! Construire des villes côtières sans inondations? In Tchindjang M., Steck B., & Bopda A. (Dir) Construire la ville portuaire de demain en Afrique Atlantique. Edition ems, management et société. p628-667. En ligne : URL : <http://hdl.handle.net/2268/238401>
- Tchindjang, M., Mouliom, A., Nziewo Nombo G., (2019). Evolution du rivage kribien depuis 1973. In Tchindjang M., Steck B., & Bopda A. (Dir) Construire la ville portuaire de demain en Afrique Atlantique. Edition ems, management et société, 18p.
- Thieler E.R., Himmelstoss E.A., Zichichi J.L., Ergul A. (2009). Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0 — An ArcGIS extension for calculating shoreline change. U.S. Geological Survey Open-File Report 2008 1278. *updated for version 4.3, 79 p.

- Thieler, E.R., Himmelstoss, E.A. & Miller, T., (2005). *Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 3.0: An ArcGIS extension for calculating shoreline change*. U.S. Geological Survey Open-File Report 2005-1304.
- Tomety, S. F. (2013). Analyse des statistiques de vagues au Nord du Golfe de Guinée (Côte d'Ivoire, Ghana, Bénin, Nigéria) dans le cadre du suivi de l'érosion côtière. Mémoire master of science en océanographie physique et applications (CIPMA-Chaire UNESCO), Univ Abo. Cal., Benin.
- Toukep Djoumou, D., Tcheutchoua Talla E. & Mougoué B., (2012). Vulnérabilité de populations vivant dans la mangrove en Afrique Subsaharien : cas des mangroves de Singes de Douala-Cameroun. 16p.
- Touré, B., Kouamé, K. F., Souleye, W., Collet, C., Affian, K., Ozer, A., ... & Biémi, J. (2012). L'influence des actions anthropiques dans l'évolution historique d'un littoral sableux à forte dérive sédimentaire: la baie de Port-Bouët (Abidjan, Côte d'Ivoire). *Géomorphologie: relief, processus, environnement*, 18(3), 369-382. En ligne : URL : <https://journals.openedition.org/geomorphologie/9990>
- UNDHA (United Nations Department of Humanitarian Affairs). 1992. *Internationally agreed glossary of basic terms related to disaster management*. Geneva: UNDHA.
- Vami, H., Saley B., Wade S., Djagoua E.V., Kouame F., Kouadjo A., (2014). Cartographie du risque d'inondation par une approche couplée de la télédétection et des Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) dans le Département de Sinfra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). Edition Européen Scientific journal vol. 10, N°2.
- Wade, S., Rudant J.P., Ba K., Ndoye B., (2008). Télédétection et gestion des catastrophes naturelles : application à l'étude des inondations urbaines de Saint Luis et du ravinement lié à l'érosion hydrique à Nioro-Du-Rip (Sénégal). Edition revue de Télédétection, vol 8, N°3, p203-210.
- WDR, (2015). Focus on local actors, the key to humanitarian effectiveness, 270p.
- Yang, J. S., Wang, Y. Q., & August, P. V. (2004). Estimation of land surface temperature using spatial interpolation and satellite-derived surface emissivity. *Journal of Environmental Informatics*, 4(1), 37-44. En ligne : <https://web.uri.edu/ltrs/files/03JM1107-proof.pdf> consulté le 29 juillet 2019
- Ziemine Ngoumou, E., (2018). *Litige foncier entre Hevecam et les populations : dénouement heureux*, [En ligne], URL : <https://www.cameroon-tribune.cm/article.html/20378/fr.html/litige-foncier-entre-hevecam-populations-denuement-heureux> Consulté le 08 février 2019.

TEXTES DE LOIS

- Décret N°98/031 du 09 Mars 1998 portant organisation des plans d'urgences et de secours en cas de catastrophes ou de risques majeurs.
- La loi n° 90-47 du 19 décembre 1990 relative à l'état d'urgence ; La loi-cadre sur la l'environnement
- La Loi n° 96/12 du 5 Août 1996 portant loi-cadre relative à la gestion de
- La loi n° 2004/003 du 21 avril 2004 régissant l'urbanisme au Cameroun ;
- la loi n° 201/008 du 06 mai 2011 portant orientation pour l'aménagement et le développement durable du territoire au Cameroun.
- La loi n° 90-47 du 19 décembre 1990 relative à l'état d'urgence ; La loi-cadre sur la l'environnement
- Décret N°99 / 195 du 10 septembre 1999 portant création de la Mission d'Étude pour l'aménagement de l'océan

ANNEXES

Annexe 1 : Carte du modèle de terrain de Mboro (a) 27/08/2018 et (b) 26/08/2018

Annexe 2 : Les marégraphes dans l'estuaire du Wouri



Photo 3 : Vue de la station marégraphique SM2 dans le chenal (à plus de 28 km de Douala). La structure constituée d'éléments métalliques est en dégradation à cause de la rouille. Cet équipement est situé dans une zone où la salinité est plus significative et il y a lieu de procéder à sa réhabilitation. Selon le PAD, un marché serait en cours à cet effet.



Photo 4 : AIS installée sur la station marégraphique SM2

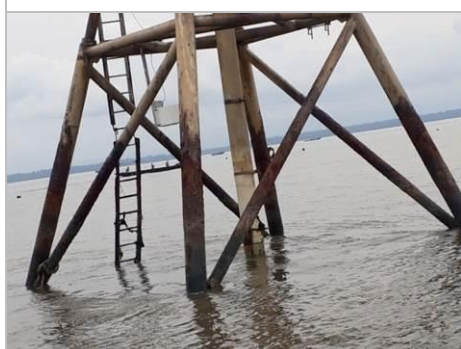


Photo 5 : Présence de la rouille sur les éléments de la station marégraphique ce qui conduit à la diminution de l'épaisseur requise pour ces éléments et à l'effondrement éventuel de la structure.



Photo 6 : Vue d'ensemble de la station SM4

Annexe 3 : Les activités occupantes le front de mer à Kribi

Activités rencontrées	Coordonnées GPS	Distance des infrastructures à la mer
Présidence	02°57.14N ; 09°54.47E	11m
Restaurant 1	02°57.16N ; 09°54.56E	5m
Zone de pêche 1	02°57.20N ; 09°54.58E	2m
Plage touristique 1	02°57.24N ; 09°54.60E	6,5m
Bâtiment chinois	02°57.35N ; 09°54.62E	9,45m
Zone de pêche 2	02°57.50N ; 09°54.63E	1m
Plage touristique 2	02°57.56N ; 09°54.63E	11m
Carrière 1	02°57.72N ; 09°54.64E	4,8m
Restaurant 2	02°57.73N ; 09°54.65E	11m
Restaurant 3	02°57.78N ; 09°54.69E	89 cm
Zone de pêche 3	02°57.84N ; 09°54.70E	4m
Plage du lycée	02°57.86N ; 09°54.70E	12,3m
Restaurant ébène	02°58.11N ; 09°54.77E	69,1cm
Carrière 2	02°58.16N ; 09°54.77E	2,84m
Maison d'habitation	02°58.330N ; 09°54.83E	94,4 cm
Atlantique Hôtel	02°58.40N ; 09°54.84E	36m
Hôtel des anges	02°58.43N ; 09°54.85E	1,54 m
Appartements	02°58.45N ; 09°54.85E	54.3m
Campement BIR	02°58.49N ; 09°54.84E	1 ,8m
Restaurant 4	02°58.57N ; 09°54.92E	34,1m
Campus IRAD	02°58.61N ; 09°55.00E	32,5m
Restaurant 5	02°58.66N ; 09°55.02E	28m
Oceanic beach Hotel	02°58.77N ; 09°55.05E	63,7cm
Carrière 3	02°58.88N ; 09°55.08E	0m
Unipalace	02°58.92N ; 09°55.12E	31,8m
Résidence	02°58.94N ; 09°55.21E	10,1m
Carrière 4	02°58.96N ; 09°55.22E	13,3m
Zones de pêche 4	02°58.99N ; 09°55.27E	5,2m
Hôtel la brise	02°59.31N ; 09°55.54E	21m
Hôtel glace marine	02°59.40N ; 09°55.55E	30,2m
Résidence jully	02°59.50N ; 09°55.54E	7,1m

Annexe 4 : Liste détaillée des projets réalisés, en cours de réalisation et en gestation dans la ville de Kribi

N°	Nom du projet	Années de mise en œuvre	Promoteur	Localité	Ministère sectoriel	Observation
1	GMG HEVECAM	1975	GMG	Niété/Niété	MINADER	Projet existant
2	SOCAPALM	1968	Bolloré	BIDOU I/ LOKOUNDJE	MINADER	Projet existant

3	Plantation de Haut Pendj (PHP)		P.H.P	Déhané / Lokoundjé	MINADER	Projet existant
4	Société agricole de l'Océan (SAO)			BIDOU I / LOKOUNDJE	MINADER	Projet existant
5	Projet du complexe industriel portuaire de Kribi (CIPK)		État du Cameroun	Lolabé, Kribi I	MINTR ASPORT	Première phase (P.A.K), mise en œuvre de trois autres composantes
6	Projet de Pipeline Tchad Cameroun	2 003	COTCO	Kribi	MINEE	Projet existant
7	Projet de construction d'une centrale thermique à gaz	2002	KPDC	Mpolongwe II/Kribi II	MINEE	Projet existant
8	Floating Liquefield Natural Gas (FLNG)		SNH, Golar Sasu, PERENCO	BIPAGA I / Lokoundje		Projet existant
9	Projet de construction des installations de stockage et de chargement des camions-citernes de gaz, de pétrole liquide (GPL).		SNH	BIPAGA I / Lokoundje	MINEE	En cours
10	Projet de construction de l'autoroute Edéa-Kribi (Lolabé)	2013	État du Cameroun		MINTP	1 ^{ère} phase Lolabé-Bilolo+ Embranchement Bilolo-Mpalla en cours
11	Projet de construction de la route Kribi-Lolabé (dite la côtière)		État du Cameroun	Kribi-Lolabé / Kribi 1er	MINTR ASPORT	Terminé, déjà mis en oeuvre
12	Projet Ebome Marine	1997	PERENCO	Kribi I / Ebome	MINEE	
13	Projet de transport du courant Ebolova-Bidou II (Kribi)		État du Cameroun (Projet Memve'le)	Bidou II/Lokoundje	MINEE	En projet
14	Projet d'extension du développement du gaz du champ Sanaga	2016	PERENCO	Kribi I / Kribi II	MINEE	En projet
15	Projet d'alimentation en eau potable de la ville de Kribi	2014	État du Cameroun	Ville de Kribi (Kribi I / Kribi II)	MINEE	En cours de réalisation
16	Projet d'exploitation du fer de Mamelles	2009	SINOSTEEL CAM S.A	Mboro (Kribi I et Ebodjé, Campo)	MINMI NDT	En arrêt
17	Projet d'exploitation de la carrière de pierre de Bivouba	2012	Ha' AELOWO	Bivouba / Lokoundjé	MINMI NDT	En cours d'exploitation
18	Projet de création du Parc Marin de « MANYANGUE NA ELOMBO-CAMPO »		État du Cameroun	Ebodjé / Campo	MINEP DED	En cours
19	Projet de route Kribi-Campo	2013	État du Cameroun	Kribi I-Campo	MINTP	En projet
20	Route Kribi-Lolabé	2015	État du Cameroun	Kribi I	MINTP	Terminé
21	Projet GCP/CMR/030/GEF « Based Management and Conservation of mangrove Cameroon »	2015	État du Cameroun / FEM	Kribi I / Kribi II / Campo / Lokoundjé	MINEP DED	Terminé
22	Le Proje COST (Collaborative Action for Sustainable Tourism)	2012	NEPAD/PNU D	Kribi I / Kribi II	MINTOUR	En projet
23	projet d'aménagement et d'électrification de la plage de ngoye-kribi à des fins touristiques		État du Cameroun/ BM	Kribi II	MINEPAT/PCFC	En projet
24	Projet d'étude sur l'impact de l'érosion marine sur les côtes kribiennes : de l'ambouchure	2014	MEAO	Kribi I / Kribi II	MINEPAT	Sans suite favorable

du nyong à celle du Ntem					
--------------------------	--	--	--	--	--

Source : synthèse des documents de la MEAO, 2002, 2004, 2015.

Annexe 5 : Traitement des données climatiques

Ecart-type : Soit X la valeur d'une année particulière, M . la moyenne inter annuelle et N le nombre d'années de la série ; l'équation de l'écart-type définie par Karl Pearson (1873) est :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x - m)^2}{(n - 1)}}$$

Variable centrée réduite (VCR), permettant de tracer les différentes courbes de tendance. : Ces courbes permettront d'appréhender le sens d'évolution des différents paramètres climatiques au cours de la période considérée.

$$vcr = \frac{x - m}{\sigma}$$

Coefficient de variation ou covariance (cv) : rapport de l'écart-type sur la moyenne. Il s'exprime en %. Cet indice est utile pour apprécier la variabilité relative d'une distribution.

$$cv = \frac{\sigma}{m} \times 100$$

Coefficient d'irrégularité : rapport de la valeur maximale annuelle sur la valeur minimale de la série.

L'indice de chaleur : il met en évidence les années chaudes (années dont la température moyenne est au-dessus de la moyenne interannuelle de la série) et les années fraîches (années dont la température moyenne est inférieure à la moyenne interannuelle). Cet indice est défini par l'équation

$$vcr = \frac{x - m}{\sigma}$$

Annexe 6 : Caractéristiques des images utilisées

L'extension spatiale des scènes Landsat utilisée est de 180 x 182 km pour celles des radiomètres TM et 185 x 183 km pour celles de l'ETM+. Ces champs permettent de couvrir l'ensemble de notre zone d'étude de Cap Cameroun et Kribi. La résolution spatiale varie avec les capteurs et les longueurs d'onde. Les radiomètres TM et ETM+ opèrent dans sept bandes spectrales : trois dans le spectre visible, une dans le proche infrarouge, deux dans l'infrarouge moyen ou à ondes courtes avec une résolution spatiale de 30 m alors que le canal infrarouge thermique a un pixel de 60 à 120 m respectivement pour les capteurs ETM+, TM et OLI_TIR. En plus de ces sept canaux, l'instrument ETM+ comporte une 8e bande panchromatique qui

fusionne les données des fenêtres visibles et infrarouges afin d'affiner la résolution spatiale des images et la ramener à 15 m.

Les images dérivées des données brutes sont livrées cependant sous un format standard de 28,5 m pour toutes les bandes spectrales de l'instrument TM ainsi que les canaux visibles, proche et moyen infrarouges d'ETM+. Pour la bande panchromatique de ce capteur, la taille du pixel est de 14,25 m et de 57 m pour l'infrarouge thermique. Il faut noter par ailleurs que ces images sont de qualité variable avec par exemple la présence de nuages sur certaines de celle-ci. Après comparaison visuelle des scènes téléchargées, quatre images montrant d'importantes variations du linéaire côtier sur les côtes de Kribi et Cap Cameroun ont été retenues pour l'analyse de la dynamique du trait de côte.