

UNIVERSITE DE YAOUNDE I

FACULTE DES ARTS, LETTRES ET SCIENCES
HUMAINES

DEPARTEMENT DE GEOGRAPHIE

UNITE DE RECHERCHE ET DE FORMATION
DOCTORALE EN SCIENCES HUMAINES ET
SOCIALES



THE UNIVERSITY OF YAOUNDE I

FACULTY OF ARTS, LETTERS AND
SOCIAL SCIENCES

DEPARTMENT OF GEOGRAPHY

DOCTORAL RESEARCH UNIT FOR
SOCIAL SCIENCES

**L'INFLUENCE DES CENTRES D'ACTION ATMOSPHERIQUES DES AÇORES, DE
L'ILE SAINTE-HELENNE ET DU PHENOMENE EL NIÑO SUR LA
DYNAMIQUE SPATIO-TEMPORELLE DE LA PLUVIOMETRIE AU CAMEROUN**

THESE

*THESE DE DOCTORAT POUR L'EVALUATION PARTIELLE EN VUE DE
L'OBTENTION DU DIPLOME DE DOCTORAT (PH.D) EN GEOGRAPHIE PHYSIQUE*

SPECIALISATION : DYNAMIQUE DE L'ENVIRONNEMENT ET RISQUES
OPTION : CLIMATOLOGIE/BIOGEOGRAPHIE

PAR

BATHA ROMAIN ARMAND SOLEIL
MASTER EN GEOGRAPHIE PHYSIQUE

Sous la direction de :

Pr. AMOUGOU JOSEPH ARMATHE
Professeur des Universités

Décembre 2022



DÉDICACE

Je dédie ce travail

À mon feu père BATHA BATHA AMBROISE

À ma mère Ngo NTJAM Marie

À mes enfants Kendys, Théophile et Emilienne BATHA

REMERCIEMENTS

La réalisation de ce travail n'aurait surement pas été possible sans l'intervention de personnes qui, tant par leurs compétences scientifiques que par leur soutien moral, ont su m'apporter une aide précieuse pour mener à bien cette thèse de Doctorat.

Je commencerai par remercier à tous les enseignants du Département de géographie de l'Université de Yaoundé 1 pour leurs enseignements dispensés depuis mon entrée en première année à l'Université de Yaoundé 1. Au Professeur AMOUGOU Joseph Armathé, Directeur Général de l'Observatoire National sur les Changements Climatiques (ONACC), pour avoir accepté de diriger mes recherches, depuis la maîtrise jusqu'en Doctorat, et de m'avoir apporté soutien et conseils jusqu'à la rédaction final de ce document.

Je tiens à remercier tout particulièrement le Professeur TCHINDJANG Mesmin qui a su me prodiguer les plus précieux conseils et encouragements.

Mes remerciements vont également à l'endroit de Mr FORGHAB Patrick MBOMBA, Directeur Adjoint de l'ONACC et à l'équipe de l'ONACC qui m'a accompagné lors de mes stages effectués dans leurs locaux.

J'associe à ces remerciements le Professeur ABOSSOLO Samuel Aimé, Maître de Conférences à l'Université de Yaoundé 1, pour ses remarques et conseils. Je garde un très bon souvenir de ces dernières années de collaboration.

Mes remerciements vont également à tous mes Enseignants du Département de Géographie de l'Université de Yaoundé 1.

Que les Sieurs EONE Nestor, BESSOH Stanislas, Esther Nya, se réjouissent de l'aboutissement d'un travail pour lequel leur contribution a été précieuse.

Je suis enfin heureux d'associer à ce travail toute ma famille, et surtout BATHA Roger, NTJAM Jean Claude et BATHA Théophile Aimé pour leur soutien et leur présence. Merci également à BATHA Marie Jeanne, BATHA Rosette, Ngo Ntjam Marie Michelle, BATHA Thérèse, BATHA Paulette, BATHA Angéline Marlyse, Yede Pierre, Ntjam Paul, NGUIMBOUS YEDE Raphael, BIKOY Simon Pierre, BATHA Boris, BATHA Kevin et Batha Milena.

LISTE DES ACRONYMES

ACMAD :	Centre Africain pour les Applications de la Météorologie au Développement
ACP ;	Analyse en Composante Principale
ADF:	Dicker Fuller Augmenté
AGRHYMET:	Centre Régional de Formation et d'Application en Agro météorologie et Hydrologie Opérationnelle
ASECNA:	Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et Madagascar
ADF:	Dicker Fuller Augmenté
ASECNA :	Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et Madagascar
BAD :	Banque Africaine de Développement
CATA :	Cellule Anticyclonique Tropicale Africaine
CDD :	Nombre maximal de jours secs consécutifs
CWD :	Nombre maximal de jours pluvieux consécutifs
CATA:	Cellule Anticyclonique Tropicale Africaine
CCAA :	Cameroon Civil Aviation Authority/Autorité de l'Aviation Civile du Cameroun
CCNUCC :	Convention Cadre des Nations Unies pour les Changements Climatiques
CDC :	Cameroon Development Corporation
CHA :	Classification Hiérarchique Ascendante
CNSC :	Cadre National pour les Services Climatologiques
COP :	Conférence des Parties sur les Changements Climatiques
CRH :	Centre de Recherche Hydrologique
CSR :	Climate Service Centre
DMN :	Direction de la Météorologie Nationale
DPC :	Direction de la Protection Civile
DSCE :	Document Stratégique pour la Croissance et l'Emploi
FAO :	United Nations Food and Agriculture Organization
FIT :	Front Intertropical
GCM :	General Circulation Model
GIEC :	Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
GIZ :	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
IRD :	Institut de la Recherche pour le Développement
IRI :	International Research Institute for Climate and Society
JEA :	Jet Est Africain
MCG :	Régression par les Moindres Carrés Généralisés
MCGA :	Modèle de Circulation Générale de l'Atmosphère
MCGOA :	Modèle Climatique Régional
MCGTI :	Matrice graphique chronologique de traitement de l'information
MCO :	Régression par les Moindres Carrés Ordinaires
MINADER :	Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural
MINATD :	Ministère de l'Administration Territoriale et de la Décentralisation

MINEPDED :	Ministère de l'Environnement, de la Protection de la Nature et du Développement Durable
MINEP :	Ministère chargé de l'Environnement et de la Protection de la Nature
MINT :	Ministère des Transports
NAO :	North Atlantic Oscillation
NCEP :	Centre National pour la Prévision Environnementale
NOAA :	National Oceanic and Atmospheric Administration
OMM :	Organisation Météorologique Mondiale
ONACC :	Observatoire National sur les Changements Climatiques
ORSEC :	Organisation des Secours
NAO :	Oscillation Nord-Atlantique
PANA :	Programme d'Action Nationale pour l'Adaptation à la variabilité et aux changements climatiques
PIB :	Produit Intérieur Brut
PNACC :	Plan National d'Adaptation aux Changements Climatiques
PNUD :	Programme des Nations Unies pour le Développement
PULCI :	Projet d'Urgence de Lutte Contre les Inondations
RegCM :	Modèle Régional Cameroun
RRC :	Réduction des Risques de Catastrophes
R10 mm :	Nombre de jours par année où PRCP \geq 10 mm
R20 mm :	Nombre de jours par année où PRCP \geq 20 mm
R95p :	Précipitations totales quand RR $>$ 95 ^{ième} percentile
R99p :	Précipitations totales quand RR $>$ 99 ^{ième} percentile
RX5day :	Précipitations maximales de l'année durant 5 journées
SAPGC :	Système d'Alerte Précoce et de Gestion des Catastrophes
TSO :	Temperature de Surface de l'Océan
WUR :	Centre de recherche de Wageningen

RÉSUMÉ

Le Cameroun « Afrique en miniature » est caractérisé par une grande diversité de ses climats. Cette zone charnière pour l'Afrique Centrale de par sa position géographique, subit comme la plupart des pays africains, les effets néfastes des perturbations climatiques. L'objectif de ce travail est d'établir l'influence des centres d'actions atmosphériques des Açores, de l'île Sainte Hélène et les épisodes El Niño sur la dynamique spatiale et temporelle de la pluviométrie au Cameroun. Pour cela, les données pluviométriques collectées quotidiennement dans les principales stations météorologiques (postes pluviométriques) du Cameroun entre 1950 et 2015 ont été converties aux échelles mensuelles, saisonnières et annuelles puis, soumises à l'analyse des séries chronologiques, afin d'établir les équations des trends. A travers une analyse statistique inférentielle, l'évolution des tendances climatiques aux différentes échelles a été élaborée. L'étude a permis d'identifier et d'évaluer les dates des démarrages et des fins des saisons des pluies, l'intensité et la distribution des quantités de précipitations, la longueur desdites saisons, d'élaborer les typologies des quantités de précipitations et la situation des évènements pluviométriques extrêmes au niveau national.

Afin de mieux comprendre la dynamique spatiale et temporelle de la pluviométrie au niveau national, une analyse des interrelations entre la pluviométrie enregistrée dans les principales stations régionales du Cameroun et la dynamique des facteurs déterminants du climat notamment, les TSOs, la pression atmosphérique et les positions au centre des anticyclones des Açores et de l'île Sainte-Hélène et des intensités des épisodes El Niño au pacifique équatorial a été effectuée. Ces facteurs sont selon de nombreux auteurs, considérés comme les moteurs du système climatique global, et dont l'influence sur le climat de la zone du Golfe de Guinée est avérée. L'analyse de la dynamique desdits facteurs, combinée à la migration du Front intertropical, telle que décrite par de nombreuses recherches, permet de mieux maîtriser la dynamique spatiale et temporelle de la pluviométrie au niveau local, et de ce fait de proposer un modèle saisonnier de prévision climatique.

Il ressort de cette étude les résultats ci-après : (1) une forte instabilité des dates des démarrages et des fins des saisons des pluies est observée sur l'étendue du territoire national. Les pluies démarrent tantôt précocement, tantôt tardivement, indépendamment des localités, avec un impact significatif sur la longueur des saisons ; (2) une forte perturbation de la distribution spatiale et temporelle (mensuelle, saisonnière et annuelle) de la pluviométrie est observée sur l'étendue du territoire national ; (3) les quantités de précipitations annuelles et le nombre de jours des pluies ont fortement diminués, indépendamment des localités sur l'étendue du territoire national de 1950 à 2015. La baisse enregistrée est en moyenne de 30mm dans les régions de l'Extrême-Nord et de l'Adamaoua, entre 50 et 75mm dans les régions du Centre, du Sud et de l'Est, entre 50 et 200 mm dans les régions du Sud-Ouest et du Littoral. Elles sont restées autour de la moyenne dans les régions de l'Ouest et du Nord-Ouest et en légère augmentation dans la région du Nord; (5) les moyennes annuelles enregistrées sur la période sont respectivement de 863,4 mm de pluies enregistrées sur une moyenne de 72 jours dans la région de l'Extrême-Nord, entre 1500 et 1600 mm sur une période comprise entre 125 et 140 jours dans les régions du Centre et de l'Est, entre 1600 et 1800 mm de pluies étalées sur une moyenne comprise entre 160 et 175 jours dans la région du Sud, entre 3000 et 3700 mm, étalées sur une moyenne de 188 jours dans la région du Sud-Ouest, avec des records d'environ 9 000mm de pluies à Debundscha; (6) une hétérogénéité de la typologie des précipitations est observée dans les différentes localités. En effet, trois types de régimes (monomodal, bimodal et trimodal) pluviométriques ont été identifiés et, leur importance varie d'une localité à une autre. La différence entre les types de régimes pluviométriques est quantifiable par la longueur et la durée des saisons ; (7) une recrudescence des évènements climatiques extrêmes est observée à travers le comportement des indicateurs des changements climatiques sur l'étendue du territoire national tels que le définis par le GIEC (8) une influence significative des TSO, de la pression atmosphérique, de la dynamique des positions des centres d'actions des Açores et de l'île Sainte Hélène et des épisodes El Niño est observée sur les dates des démarrages et des fins des saisons, ainsi que sur la distribution spatiale et temporelle des quantités de précipitations au niveau national ; (9) il est possible d'élaborer un modèle de prévision climatique au niveau local sur la base du comportement des interactions entre les centres d'actions atmosphériques des Açores, de l'île Sainte Hélène et des épisodes El Niño sur la pluviométrie enregistrée au niveau local.

Mots clés : Pluviométrie, températures des surfaces océaniques, positions des centres d'action atmosphériques, pression atmosphérique, El Niño, Cameroun.

ABSTRACT

Cameroon “Africa in miniature” is characterized by a great diversity of its climate. This area is pivotal for Central Africa due to its geographical position and like most African countries, Cameroon experiences the harmful effects of climatic disturbances. The objective of this work is to establish the influence of atmospheric action centers such as Azores, the island of Saint Helena and El Niño episodes on the spatio-temporal dynamics of rainfall in Cameroon. For this, the rainfall data collected daily in the main meteorological stations (pluviometric stations) of Cameroon between 1950 and 2015 were converted to monthly, seasonal and annual scales then, subjected to time series analysis, in order to establish the equations and trends. Through an inferential statistical analysis, the evolution of climatic trends at different scales was developed. The study made it possible to identify and assess the dates of the start and end of the rainy seasons, the intensity and distribution of the amounts of precipitation, the length of the said seasons, to develop the typologies of the amounts of precipitation and the situation of extreme rainfall events at the national level.

In order to better understand the spatio-temporal dynamics of rainfall at the national level, an analysis of the interrelationships between the rainfall recorded in the main regional stations of Cameroon and the dynamics of the determining factors of the climate in particular, OST, atmospheric pressure, positions in the center of the Azores, Saint Helena Island highs and the intensities of El Niño episodes in the equatorial Pacific were recorded. These factors are, according to many authors, considered to be the mechanisms of the global climate system, and whose influence on the climate of the Gulf of Guinea area is proven. The analysis of the dynamics of the said factors, combined with the migration of the Intertropical Front, as described by numerous studies, makes it possible to better control the spatio-temporal dynamics of rainfall at the local level, and therefore to propose a seasonal model of climate forecasting.

The following results emerge from this study: (1) a high degree of instability in the dates at the start and end at the rainy seasons is observed throughout the national territory. The rains sometimes start early, sometimes late, regardless of locality, with a significant impact on the length of the seasons; (2) a strong disturbance of the spatio-temporal distribution (monthly, seasonal and annual) of rainfall is observed all over the national territory; (3) the quantities of annual precipitation and the number of rainy days have sharply decreased, independent of the localities all over the national territory from 1950 to 2015. The recorded decrease is on average 30mm in the Extreme North and Adamaoua regions, between 50 and 75mm in the Center, South and East regions, between 50 and 200 mm in the South-West and Littoral regions. They remained around average in the Western and Northwestern regions and slightly increasing in the North region; (4) the annual averages recorded over the period are 863.4 mm of rainfall over an average of 72 days in the Far North region, between 1,500 and 1,600 mm over a period of between 125 and 140 days in the Central and Eastern regions, between 1600 and 1800 mm of rain spread over an average of 160 to 175 days in the South region, between 3000 and 3700mm, spread over an average of 188 days in the Southwest region, with records of around 9000mm of rain at Debundscha; (5) a heterogeneity of the typology of precipitation is observed in the different localities. In fact, three types of rainfall regimes (monomodal, bimodal and trimodal) have been identified and their importance varies from one locality to another. The difference between the types of rainfall regimes can be quantified by the length and duration of the seasons; (6) an upsurge in extreme climatic events is observed through the behavior of climate change indicators over the national territory as defined by the IPCC (7) a significant influence of OST, atmospheric pressure, the dynamic positions of the action centers of Azores, Saint Helena Island and El Niño episodes is observed on the dates of the start and end of the seasons, as well as on the spatio-temporal distribution of precipitation amounts at the national level ; (8) it is possible to develop a climate forecasting model at the local level on the basis of the behavior of interactions between the centers of atmospheric action of Azores, the island of Saint Helena and El Niño episodes on the rainfall recorded at the local level.

Key words: Pluvionometry, ocean surface temperatures, positions of atmospheric action centers, atmospheric pressure, El Niño, Cameroon.

SOMMAIRE

DÉDICACE.....	I
REMERCIEMENTS.....	II
LISTE DES ACRONYMES	III
RÉSUMÉ.....	V
ABSTRACT	VI
1. CONTEXTE ET JUSTIFICATION DE L'ÉTUDE	3
2. PROBLÉMATIQUE.....	6
3. QUESTIONS DE RECHERCHE	10
4. OBJECTIFS DE LA RECHERCHE	11
5. HYPOTHESES DE LA RECHERCHE.....	11
6. CADRE GEOGRAPHIQUE.....	12
7. CADRE CONCEPTUEL ET THEORIQUE.....	21
8. CADRE THÉORIQUE.....	50
9. REVUE DE LITTERATURE	55
10. MÉTHODOLOGIE.....	67
PREMIERE PARTIE :	100
DYNAMIQUE SPATIO-TEMPORELLE DE LA PLUVIOMETRIE ET QUELQUES EFFETS SUR LES ACTIVITES SOCIO-ECONOMIQUES AU CAMEROUN	100
CHAPITRE 1	101
TENDANCES EVOLUTIVES DES PARAMETRES PLUVIOMETRIQUES AUX ECHELLES MENSUELLE, SAISONNIERE ET ANNUELLE DE 1950 A 2015 ET PREVISIONS AU CAMEROUN	101
CHAPITRE 2	181
DYNAMIQUE ET OCCURRENCE DES ÉVÈNEMENTS PLUVIOMETRIQUES EXTRÊMES AU CAMEROUN DE 1950 A 2015.....	181
DEUXIEME PARTIE :	239
PRINCIPALES CAUSES DE LA DYNAMIQUE DE LA PLUVIOMETRIE AU CAMEROUN ET PROPOSITION D'UN MODELE DE PREVISION DES QUANTITES DE PRECIPITATIONS	239
CHAPITRE 3	240
DYNAMIQUE DES CENTRES D' ACTIONS DES AÇORES ET DE L'ILE SAINTE HELENE SUR LA PLUVIOMÉTRIE AU CAMEROUN DE 1950 A 2015	240
CHAPITRE 4	302
ANALYSE MULTIFACTORIELLE DES VARIABLES CLIMATIQUES ET PROPOSITION D'UN MODELE DE PREVISION DES PRECIPITATIONS AU CAMEROUN	302
CHAPITRE 5	365
INFLUENCE DES ÉPISODES EL NIÑO SUR LA PLUVIOMETRIE AU CAMEROUN DE 1950 A 2015	365
CONCLUSION	424
DISCUSSION.....	294
Synthèse des résultats	428
BIBLIOGRAPHIE	436

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Le relief du Cameroun.	13
Figure 2: Le climat du Cameroun.	14
Figure 3 : la végétation du Cameroun	15
Figure 4 : Les principaux bassins hydrographiques du Cameroun.	16
Figure 5 : Le réseau hydrographique du bassin septentrional (a) et méridional (b) du Lac Tchad	17
Figure 6 : Le réseau hydrographique du bassin septentrional (a) et méridional (b) du Niger.....	18
Figure 7:Le réseau hydrographique du bassin septentrional de la Sanaga.....	19
Figure 8 : Le réseau hydrographique du bassin du Congo	20
Figure 9 : Dynamique de la pluviométrie.....	25
Figure 10 : Téléconnexions climatiques entre les océans Atlantique et Pacifique	27
Figure 11 : Courants marins, principaux centres d'action dynamiques de surface et/ou d'altitude	31
Figure 12 : Centre d'action atmosphérique	32
Figure 13 : Estimation de la moyenne annuelle et mondiale du bilan énergétique de la terre.....	33
Figure 14 : Schéma du cycle de l'eau, Cycles biogéochimiques	34
Figure 15 : Température de Surface Océanique (TSO) pendant l'épisode El Niño du mois de juillet 1998.....	38
Figure 16 : Températures moyennes et pression atmosphérique moyenne au niveau de l'océan pacifique	39
Figure 17 : Phénomène El Niño/La Niña au niveau du Pacifique équatorial.	40
Figure 18 : Mousson d'Afrique de l'Ouest : Jet d'Est Africain (JEA)	44
Figure 19 : Représentation schématique de la cellule de Hadley.....	46
Figure 20: Connexions entre mousson asiatique et mousson africaine.....	48
Figure 21: Schéma opérationnel d'une modélisation.....	49
Figure 22: Principales étapes de la modélisation	49
Figure 23: Circulation océanique mondiale (a) d'après Broecker (1991) et les courants de surface de l'océan Pacifique en hiver bauréal (b).....	59
Figure 24 : Coupe géomorphologique du Cameroun de Direction Sud-Ouest- Nord-Est	60
Figure 25 : Effet de Foehn : vent froid et humide qui devient chaud et sec au passage d'un relief.	62
Figure 26 : Régions climatiques du Cameroun.	63
Figure 27 : Les brises de vent et la brise de mer.	65
Figure 28 : Centres d'action et flux des masses d'air de Janvier et de Juillet.....	67
Figure 29 : Localisation des principales stations météorologiques du Cameroun	69
Figure 30: TSO moyenne mensuelle des anticyclones des Açores et de l'île Sainte Hélène en 2015	73
Figure 31: Pression atmosphérique et positions géographiques.....	76
Figure 32: Position moyenne mensuelle de la ZCIT (trait plein) et de la CIO (tirets) en Afrique (a) d'après Bigot (1997) et position par an de la zone de convergence intertropicale le long de 28°W (b).....	77
Figure 33: Calcul de l'occurrence d'un évènement pluviométrique extrême	87
Figure 34 : Modèle statistique qui incorpore les informations climatiques	95
Figure 35 : Modère climatique régional (RegCM).....	95
Figure 36 : Simulation des précipitations (a), cycle annuel des précipitations (b)	96
Figure 37 : Distribution spatiale des quantités de précipitations au Cameroun	104
Figure 38: Précipitations mensuelles moyennes (a) et part des quantités de précipitations sur le volume annuel (b) à Maroua dans la Région de l'Extrême-Nord de 1950 à 2015.....	106

Figure 39: Évolution mensuelle des quantités de précipitations et du nombre de jour des pluies à Maroua de 1950 à 2015	109
Figure 40: Évolution saisonnière des paramètres pluviométriques à Maroua.....	111
Figure 41: Variabilité de la pluviométrie annuelle à Maroua de 1950 à 2015	112
Figure 42: Précipitations mensuelles moyennes et nombre de jour des pluies (a) et la part des quantités de précipitations pendant les saisons sèches et pluvieuses (b) à Garoua dans la Région du Nord de 1950 à 2015	113
Figure 43: Évolution saisonnière des paramètres pluviométriques à Garoua de 1950 à 2015: ..	116
Figure 44: Variabilité annuelle de la pluviométrie à Garoua de 1950 à 2015	117
Figure 45 : Prévisions des précipitations pour la période allant de juin à novembre 2020 dans la zone Soudano-Sahélienne.....	118
Figure 46: Pluviométrie mensuelle moyenne à Ngaoundéré de 1950 à 2015	119
Figure 47: Évolution de la pluviométrie à l'échelle saisonnière à Ngaoundéré de 1950 à 2015	122
Figure 48: Variabilité annuelle de la pluviométrie à Ngaoundéré de 1950 à 2015.....	123
Figure 49: Prévisions des précipitations sur le période allant de juin à août 2020 dans la Région de l'Adamaoua dans la zone des Hautes Savanes Guinéennes.	124
Figure 50: Pluviométrie mensuelle moyenne à Yaoundé (a), Bertoua (b) et Ebolowa (c)	127
Figure 51: Evolution saisonnière de la pluviométrie pendant les petites saisons des pluies à Yaoundé de 1950 à 2015	131
Figure 52: Evolution saisonnière des paramètres pluviométriques pendant les grandes saisons à Yaoundé de 1950 à 2015	132
Figure 53: Évolution saisonnière des quantités de précipitations et du nombre de jours	136
Figure 54: Évolution saisonnière des quantités de précipitations et du nombre de jour des pluies à Bertoua de 1950 à 2015	137
Figure 55: Évolution saisonnière de la pluviométrie pendant les petites saisons	140
Figure 56: Évolution saisonnière de la pluviométrie pendant les grandes saisons	141
Figure 57: Variabilité annuelle de la pluviométrie à Yaoundé de 1950 à 2015	142
Figure 58: Variabilité annuelle des quantités de précipitations et du nombre de jours des pluies par an à Bertoua dans la Région de l'Est.	143
Figure 59: Variabilité annuelle de la pluviométrie à Ebolowa de 1950 à 2015.	143
Figure 60: Prévisions des quantités de précipitations dans la zone forestière à pluviométrie bimodale pour la période allant de juin à novembre 2020.	144
Figure 61: Pluviométrie mensuelle moyenne (a) et apports saisonniers sur le volume annuel à Bafoussam et à Bafoussam (b) de 1950 à 2015	146
Figure 62: Évolution des paramètres pluviométriques à l'échelle saisonnière	148
Figure 63: Variabilité annuelle de la pluviométrie à Bafoussam de 1950 à 2015	149
Figure 64: Pluviométrie mensuelle moyenne (a) et apports saisonniers sur le volume annuel à Bafoussam et à Bamenda (b) de 1950 à 2015	150
Figure 65: Évolution à l'échelle saisonnière des paramètres Pluviométriques.....	153
Figure 66: Variabilité annuelle de la pluviométrie à Bamenda de 1950 à 2015	154
Figure 67: Prévision des quantités de précipitations dans la zone des Hauts Plateaux pour la période allant de juin à novembre 2020.	155
Figure 68: Pluviométrie mensuelle moyenne part saisonnière des quantités de précipitations ..	157
Figure 69: Évolution de la pluviométrie à l'échelle saisonnière à Mamfe.....	160
Figure 70: Variabilité de la pluviométrie annuelle à Mamfe de 1950 à 2015.....	161
Figure 71: Évolution saisonnière des paramètres pluviométriques à Douala de 1950 à 2015	164
Figure 72: Variabilité de la pluviométrie annuelle à Douala de 1950 à 2015.....	165
Figure 73: Prévisions des quantités de précipitations dans la zone.....	166
Figure 74: Evolution des quantités de précipitations les années avant et après la rupture pour les différentes stations régionales du Cameroun	174

Figure 75: Variation des indices des évènements pluviométriques extrêmes à Maroua selon les critères du GIEC.....	183
Figure 76: Indices des évènements pluviométriques extrêmes à Garoua.....	184
Figure 77: Indices des évènements pluviométriques extrêmes à Ngaoundéré.....	185
Figure 78: Indices des évènements pluviométriques extrêmes à Yaoundé selon les critères du GIEC.....	186
Figure 79: Indices des évènements pluviométriques extrêmes à Bertoua selon les critères du GIEC.....	188
Figure 80: Indices des évènements pluviométriques extrêmes à Ebolowa selon les critères du GIEC.....	189
Figure 81: Indices des évènements pluviométriques extrêmes à Bafoussam.....	190
Figure 82: Indices des évènements pluviométriques extrêmes à Bamenda selon les critères du GIEC.....	191
Figure 83: Indices des évènements pluviométriques extrêmes à Mamfe selon les critères du GIEC.....	192
Figure 84: Indices des évènements pluviométriques extrêmes à Douala selon les critères du GIEC.....	193
Figure 85: Évolution par décennies (b) du nombre de jours successifs sans pluies à Maroua, Garoua et Ngaoundéré de 1950 à 2015	201
Figure 86: Évolution du nombre de jours successifs sans pluies à Yaoundé, Bertoua et Ebolowa	205
Figure 87: Évolution du nombre de jours successifs sans pluies à Bafoussam et à Bamenda....	211
Figure 88: Évolution du nombre de jours successifs sans pluies à Mamfe et à Douala.....	213
Figure 89: Les secteurs pris en considération dans le cadre de Sendai	219
Figure 90: Distribution hebdomadaire spatiale	225
Figure 91: Distribution hebdomadaire spatiale des quantités de précipitations.....	226
Figure 92 : Zones potentiellement à risques d'inondations.....	231
Figure 93 : Zones potentiellement à risques de glissement de terrain	232
Figure 106 : Tendances évolutives des dates des débuts de la saison des pluies à Maroua et à Garoua	244
Figure 107 : Dispersion à la moyenne des dates des démarrages de la saison des pluies à Maroua et à Garoua et à Garoua et facteurs déterminants des anticyclones des Açores (a) et de l'île Sainte Hélène (b) d'avril à juillet de 1950 à 2015.....	245
Figure 108 : Évolution des dates des fins des saisons des pluies à Maroua et à Garoua et des facteurs déterminants des anticyclones des Açores (a) et de l'île Sainte Hélène (b) de septembre à octobre de 1950 à 2015.	246
Figure 109: Dispersion à la moyenne des dates des fins des saisons des pluies à Maroua et à Garoua et facteurs déterminants des anticyclones des Açores (a) et de l'île Sainte Hélène (b) de septembre à octobre de 1950 à 2015.	247
Figure 110 : Évolution des dates des débuts des saisons des pluies à Yaoundé, Bertoua et Ebolowa et facteurs déterminants des anticyclones des Açores et de l'île Sainte Hélène de 1950 à 2015.....	249
Figure 111:Évolution des dates des fins des saisons des pluies à Yaoundé, Bertoua et Ebolowa	251
Figure 112:Dispersion à la moyenne des dates des fins des saisons des pluies à Yaoundé, Bertoua et Ebolowa et facteurs déterminants des anticyclones des Açores (a) et de l'île Sainte Hélène (b) de 1950 à 2015.	252
Figure 113 : Évolution des dates des débuts des saisons des pluies à Ngaoundéré, Bafoussam et Bamenda et facteurs déterminants des anticyclones des Açores et l'île Sainte Hélène de 1950 à 2015.....	253

Figure 114 : Dispersion à la moyenne des dates des débuts des saisons des pluies à Ngaoundéré, Bafoussam et Bamenda et des facteurs déterminants des anticyclones des Açores (a) et l'île Sainte Hélène (b) de 1950 à 2015.	254
Figure 115 : Évolution des dates des fins des saisons des pluies à Bafoussam, Bamenda et de Ngaoundéré et des facteurs déterminants des anticyclones des Açores et de l'île Sainte Hélène de 1950 à 2015.	257
Figure 116:Dispersion à la moyenne des dates des fins des saisons des pluies à Ngaoundéré, Bafoussam et Bamenda et des facteurs déterminants des anticyclones des Açores (a) et de l'île Sainte Hélène (b) de 1950 à 2015.	258
Figure 117 : Évolution des dates des débuts des saisons des pluies à Douala et à Mamfe et des facteurs déterminants des anticyclones des Açores et de l'île Sainte Hélène de 1950 à 2015....	261
Figure 118 : Dispersion des dates des débuts des saisons des pluies à Douala et à Mamfe et des facteurs déterminants du climat enregistrés au niveau des anticyclones des Açores (a) et de l'île Sainte Hélène (b) de 1950 à 2015.	262
Figure 119: Evolution simultanée des dates des fins des saisons des pluies à Douala et à Mamfe et des facteurs déterminants des anticyclones des Açores et l'île Sainte Hélène de 1950 à 2015	265
Figure 120: Dispersion des dates des fins des saisons des pluies à Douala et à Mamfe et facteurs déterminants des anticyclones des Açores (a) et l'île Sainte Hélène (b) de 1950 à 2015	266
Figure 121 : Moyennes mensuelles des précipitations (mm/mois) au Cameroun aux mois de décembre, janvier et février de 1950 à 2015.	269
Figure 122: Moyennes mensuelles des précipitations (mm/mois) au Cameroun aux mois de mars, avril et mai de 1950 à 2015.	276
Figure 123: Moyennes mensuelles des précipitations (mm/mois) au Cameroun aux mois de juin, juillet et août de 1950 à 2015.	283
Figure 124 : Moyennes mensuelles des précipitations (mm/mois) au Cameroun aux mois de septembre, octobre et novembre de 1950 à 2015.	289
Figure 125 : Variogramme de la pluie à Ngaoundéré en fonction du comportement des facteurs déterminants du climat de décembre à février de 1950 à 2015	327
Figure 126 : Variogramme de la pluie à Yaoundé en fonction	332
Figure 127 : Variogramme de la pluie à Bertoua en fonction	336
Figure 128: Variogramme de la pluie à Ebolowa en fonction des facteurs déterminants du climat sur la période comprise entre décembre et février de 1950 à 2015	341
Figure 129: Variogramme de la précipitation à Mamfe en fonction	346
Figure 130: Variogramme de la pluie à Douala en fonction	350
Figure 131 : Variogramme de la pluie à Yaoundé en fonction	355
Figure 132 : Variogramme de la pluie à Bamenda en fonction des facteurs déterminants du climat de juin à août de 1950 à 2015	359
Figure 133 : Intensités des épisodes El Niño (à l'échelle mensuelle moyenne selon la NOAA) et précipitations dans les stations Régionales du Cameroun.....	369
Figure 134 : Évolution cumulée des intensités des épisodes El Niño et des quantités de précipitations au Cameroun de 1950 à 2015.	372
Figure 135 : Evolution de la pluviométrie les années avant (a)	376
Figure 136 : Évolution de la pluviométrie les années avant (a) pendant (b) et après (c) les épisodes El Niño à Garoua de 1950 à 2015	380
Figure 137 : Évolution de la pluviométrie les années avant (a) pendant (b) et après (c) les épisodes El Niño à Ngaoundéré de 1950 à 2015	383
Figure 138: Évolution de la pluviométrie pendant les petites saisons (sèche et pluvieuse), les années avant (a), pendant (b) et après (c) les épisodes El Niño à Yaoundé de 1950 à 2015	387

Figure 139: Évolution de la pluviométrie pendant les grandes saisons (sèche et pluvieuse) les années avant (a), pendant (b) et après (c) les épisodes El Niño à Yaoundé de 1950 à 2015	391
Figure 140:Évolution de la pluviométrie à Ebolowa pendant les petites saisons sèche et pluvieuse les années avant (a), pendant (b) et après (c) les épisodes El Niño de 1950 à 2015	395
Figure 141: Évolution de la pluviométrie à Ebolowa pendant les grandes saisons sèche et pluvieuse les années avant (a), pendant (b) et après (c) les épisodes El Niño de 1950 à 2015...	399
Figure 142 : Évolution de la pluviométrie à Bertoua pendant les petites saisons sèche et pluvieuse les années avant (a), pendant (b) et après (c) les épisodes El Niño de 1950 à 2015...	402
Figure 143 : Pluviométrie à Bertoua pendant les grandes saisons sèche et pluvieuse les années avant (a) et pendant (b) et après (c) les épisodes El Niño et de 1950 à 2015.....	405
Figure 144: Évolution de la pluviométrie saisonnière à Bafoussam les années avant (a) et pendant (b) et après (c) les épisodes El Niño de 1950 à 2015.....	409
Figure 145 : Evolution de la pluviométrie saisonnière à Bamenda les années avant (a) et pendant (b) et après les épisodes El Niño de 1950 à 2015.....	413
Figure 146: Évolution saisonnière de la pluviométrie à Mamfe les années avant (a), pendant (b) et après (c) les épisodes El Niño de 1950 à 2015	417
Figure 147 : Saisons des pluies à Douala les années avant (a), pendant (b)	421

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau 1: Mécanismes impliqués dans les téléconnexions entre la Méditerranée (MED), l'Atlantique (ATL) et le Pacifique (PAC), et les précipitations en Afrique de l'Ouest (adapté de Rodriguez et al, 2011).</i>	28
<i>Tableau 2 : Caractères des fronts chauds</i>	42
<i>Tableau 3: Les types de vents planétaires rencontrés dans les différentes régions du globe.</i>	45
<i>Tableau 4: Mobilité des masses d'air tropicales et les types de temps en zone tropicale.</i>	46
<i>Tableau 5 : Répartition de la température et de la pluviométrie</i>	61
<i>Tableau 6: Situation géographique des stations météorologiques régionales au Cameroun</i>	69
<i>Tableau 7: Identification des mois (sec et humide), d'après Bagnouls et Gaussien (1953)</i>	80
<i>Tableau 8: Identification des mois (sec et humide), d'après Bagnouls et Gaussien (1953)</i>	83
<i>Tableau 9: Indices pluviométriques selon le GIEC</i>	85
<i>Tableau 10: Organisation générale de la thèse</i>	98
<i>Tableau 11 : Identification des mois (sec et humide), d'après Bagnouls et Gaussien (1953)</i>	105
<i>Tableau 12: Pluviométrie mensuelle moyenne à Maroua dans la Région</i>	105
<i>Tableau 13: Caractéristiques de la pluviométrie mensuelle annuelle à Maroua de 1950 à 2015.</i>	107
<i>Tableau 14: Caractéristiques des paramètres pluviométriques à l'échelle saisonnière à Maroua</i>	110
<i>Tableau 15: Caractéristiques de la pluviométrie annuelle à Maroua de 1950 à 2015</i>	112
<i>Tableau 16: Pluviométrie mensuelle moyenne à Garoua dans la Région du Nord de 1950 à 2015</i>	113
<i>Tableau 17: Caractéristiques de la pluviométrie mensuelle annuelle à Garoua entre 1950 et 2015</i>	114
<i>Tableau 18: Evolution saisonnière décennale de la pluviométrie à Garoua de 1950 à 2015</i>	115
<i>Tableau 19: Caractéristiques de la pluviométrie à l'échelle annuelle à Garoua de 1950 à 2015</i> .	117
<i>Tableau 20: Pluviométrie mensuelle moyenne à Ngaoundéré de 1950 à 2015</i>	119
<i>Tableau 21: Caractéristiques de la pluviométrie mensuelle annuelle à Ngaoundéré de 1950 à 2015</i>	120
<i>Tableau 22: Caractéristiques de la pluviométrie à l'échelle saisonnière</i>	121
<i>Tableau 23 : Caractéristiques annuelles de la pluviométrie à Ngaoundéré de 1950 à 2015</i>	123
<i>Tableau 24: Pluviométrie mensuelle moyenne à Yaoundé de 1950 à 2015</i>	125
<i>Tableau 25: Pluviométrie mensuelle moyenne à Bertoua de 1950 à 2015</i>	125
<i>Tableau 26: Pluviométrie mensuelle moyenne à Ebolowa de 1950 à 2015</i>	125
<i>Tableau 27: Caractéristiques de la pluviométrie mensuelle annuelle à Yaoundé de 1950 à 2015</i>	128
<i>Tableau 28: Caractéristiques de la pluviométrie pendant les saisons</i>	130
<i>Tableau 29: Caractéristiques de la pluviométrie mensuelle annuelle à Bertoua de 1950 à 2015</i>	133
<i>Tableau 30: Caractéristiques saisonnières de la pluviométrie à Bertoua de 1950 à 2015</i>	135
<i>Tableau 31: Caractéristiques de la pluviométrie mensuelle à Ebolowa de 1950 à 2015.</i>	138
<i>Tableau 32: Caractéristiques de la pluviométrie à l'échelle saisonnière à Ebolowa de 1950 à 2015</i>	139
<i>Tableau 33: Caractéristiques de la pluviométrie annuelle à Yaoundé de 1950 à 2015</i>	141
<i>Tableau 34: Caractéristiques annuelle de la pluviométrie à Bertoua de 1950 à 2015</i>	142
<i>Tableau 35: Caractéristiques de la pluviométrie annuelle à Ebolowa de 1950 à 2015.</i>	143
<i>Tableau 36: Pluviométrie mensuelle moyenne à Bafoussam de 1950 à 2015</i>	145
<i>Tableau 37: Caractéristiques des quantités de précipitations et du nombre</i>	146
<i>Tableau 38: Caractéristiques des paramètres Pluviométriques</i>	147
<i>Tableau 39: Caractéristiques de la pluviométrie annuelle à Bafoussam de 1950 à 2015</i>	148
<i>Tableau 40: Pluviométrie mensuelle moyenne à Bamenda de 1950 à 2015</i>	149

<i>Tableau 41: Caractéristiques des quantités de précipitations et du nombre</i>	151
Tableau 42:Caractéristiques des paramètres pluviométriques à l'échelle.....	152
Tableau 43:Caractéristiques de la pluviométrie annuelle à Bamenda de 1950 à 2015	153
Tableau 44: Pluviométrie mensuelle moyenne à Mamfe de 1950 à 2015.....	156
Tableau 45:Précipitations mensuelles mensuelle moyenne à Douala de 1950 à 2015	156
<i>Tableau 46: Caractéristiques des quantités de précipitations et du</i>	158
Tableau 47: Caractéristiques des paramètres pluviométriques à l'échelle saisonnière.....	159
Tableau 48: Caractéristiques annuelle de la pluviométrie à Mamfe de 1950 à 2015.....	160
Tableau 49: Caractéristiques des quantités de précipitations et du nombre de jour des pluies à l'échelle mensuelle à Douala de 1950 à 2015	161
Tableau 50: Caractéristiques des paramètres pluviométriques	163
Tableau 51: Caractéristiques de la pluviométrie annuelle à Douala de 1950 à 2015.....	164
Tableau 52:Synthèse de l'évolution des tendances pluviométriques mensuelles au Cameroun de 1950 à 2015	167
Tableau 53:Variabilité des quantités de précipitations au Cameroun de 1950 à 2015.....	169
Tableau 54 : Variabilité des quantités de précipitations au Cameroun de 1950 à 2015.....	170
Tableau 55:Synthèse des tendances des indices pluviométriques au Cameroun	194
Tableau 56: Caractéristiques de la sévérité de la sécheresse à Maroua de 1950 à 2015 d'après l'indice de Nicholson	195
Tableau 57: Sévérité de la sécheresse à Garoua de 1950 à 2015 d'après l'indice de Nicholson	197
Tableau 58: Sévérité de la sécheresse à Ngaoundéré de 1950 à 2015 d'après l'indice de Nicholson	198
Tableau 59: Appréciation du degré de sévérité de la sécheresse à Yaoundé	202
Tableau 60: Appréciation du degré de sévérité de la sécheresse à Bertoua.....	203
Tableau 61: Appréciation du degré de sévérité de la sécheresse à Ebolowa	204
Tableau 62:Proposition d'un calendrier climatique, applicable dans le secteur agricole pour les Régions du Centre, de l'Est et du SudCameroun sur la période comprise entre 1950 et 2015...207	
Tableau 63:Calendrier agricole pour la campagne 2021 pour la zone forestière à pluviométrie bimodale (régions du Centre, de l'Est et du Sud)	208
Tableau 64:Appréciation du degré de sévérité de la sécheresse à Bafoussam.....	210
Tableau 65:Appréciation du degré de sévérité de la sécheresse à Bamenda.....	210
Tableau 66: Appréciation du degré de sévérité de la sécheresse à Mamfe	212
Tableau 67: Appréciation du degré de sévérité de la sécheresse à Douala	212
Tableau 68: Synthèse de l'indice de sévérité pluviométrique de Nicholson pour les dix stations Régionales du Cameroun	215
Tableau 69: Évaluation du niveau du risque	219
Tableau 70 : Synthèse de certains dégâts observés durant l'année 2018	222
Tableau 71 : Pluviométrie dans la Région du Littoral, aux mois.....	229
Tableau 72:Pluviométrie à Maroua dans la Région de l'Extrême-Nord.....	229
Tableau 73:Niveaux de risques potentiels d'inondations par département pour les mois de septembre, octobre et novembre 2020 pour les cinq (05) zones agro écologiques du Cameroun	230
Tableau 74:Niveau de risque de glissement de terrain par département pour les mois de septembre, octobre et novembre 2020 au Cameroun	232
Tableau 75 : Caractéristiques saisonnières des variables pluviométriques à Garoua avant, pendant et après les épisodes El Niño	378
Tableau 76 : Dynamique de la longueur de la saison à Garoua	381
Tableau 77: Dynamique de la longueur de la saison des pluies.....	384
Tableau 78: Caractéristiques des variables pluviométriques pendant les petites saisons (sèche et pluvieuse) à Yaoundé avant, pendant et après les épisodes El Niño.....	385

Tableau 79: Dynamique de la longueur de la petite saison des pluies à Yaoundé les années avant, pendant et après les épisodes El Niño	388
Tableau 80: Caractéristiques des paramètres pluviométriques pendant les grandes saisons sèche et pluvieuse à Yaoundé les années avant, pendant et après les épisodes El Niño.....	389
Tableau 81: Dynamique de la longueur de la grande saison des pluies à Yaoundé les années avant, pendant et après les épisodes El Niño	392
Tableau 82: Caractéristiques des paramètres pluviométriques pendant les petites saisons sèche et pluvieuse à Ebolowa avant, pendant et après les épisodes El Niño	393
Tableau 83: Dynamique de la longueur de la petite saison des pluies à Ebolowa les années avant, pendant et après les épisodes El Niño	396
Tableau 84: Caractéristiques de la pluviométrie pendant les grandes saisons sèche et pluvieuse à Ebolowa les années avant, pendant et après les épisodes El Niño.....	397
Tableau 85 : Dynamique de la longueur de la grande saison des pluies à Ebolowa les années avant, pendant et après les épisodes El Niño.	400
Tableau 86: Dynamique de la longueur de la grande saison des pluies à Bertoua les années avant, pendant et après les épisodes El Niño	403
Tableau 87: Caractéristiques des variables pluviométriques pendant les grandes saisons sèches et pluvieuses à Bertoua avant, pendant et après les épisodes El Niño	404
Tableau 88: Dynamique de la longueur de la grande saison des pluies	406
Tableau 89 : Caractéristiques saisonnières des variables pluviométriques.....	407
Tableau 90: Dynamique de la longueur de la saison des pluies.....	410
Tableau 91: Caractéristiques saisonnières des variables pluviométriques à Bamenda les années avant, pendant et après les épisodes El Niño.	411
Tableau 92 : Dynamique de la longueur de la saison des pluies à Bamenda les années avant, pendant et après les épisodes El Niño	414
Tableau 93: Caractéristiques saisonnières des variables pluviométriques à Mamfe les années avant, pendant et après les épisodes El Niño	415
Tableau 94 : Dynamique de la longueur de la saison des pluies à Mamfe les années avant, pendant et après les épisodes El Niño	418
Tableau 95 : Caractéristiques saisonnières des paramètres pluviométriques à Douala les années avant, pendant et après les épisodes El Niño	419
Tableau 96: Dynamique des dates des démarrages de la saison des pluies à Douala les années.	422
Tableau 97: Synthèse des tendances des variables pluviométriques dans les stations Régionales du Cameroun les années avant, pendant et après les épisodes El Niño de 1950 à 2015	423
Tableau 98 : Synthèse des tendances des variables pluviométriques pendant les petites saisons (sèche et pluvieuse) en zone forestière bimodale les années avant, pendant et après les épisodes El Niño de 1950 à 2015	423
Tableau 99: Synthèse des tendances des variables pluviométriques pendant les grandes saisons en zone forestière bimodale les années avant, pendant et après les épisodes El Niño de 1950 à 2015	423

INTRODUCTION GENERALE

Les questions portant sur la variabilité et les changements climatiques sont de plus en plus placées au centre des préoccupations des scientifiques et des hommes politiques à travers le monde. La succession des Conférences Internationales (notamment celles de Bali en 2007, Poznan en 2008, Copenhague en 2009, Cancun en 2010, Durban en 2011, Doha en 2012, Varsovie en 2013, Pana en 2014, Paris en 2015, Marrakech en 2016, Berlin en 2017, Katowice en Pologne en 2018 et Madrid en Espagne en 2019) confirme l'enjeu majeur pour la planète de faire face aux problèmes climatiques présents et futurs. Par ailleurs, les 07 rapports (1990 ; 1995 ; 2001 ; 2007, 2014, 2018 et 2019) du Groupe Inter Gouvernemental des Experts sur le Climat (GIEC) soulignent à travers leurs prévisions, les potentielles conséquences des changements climatiques sur les écosystèmes, l'environnement et les populations dans le monde. Selon le rapport de 2014, « le réchauffement du système climatique est sans équivoque et, depuis les années 1950, beaucoup de changements observés sont sans précédents depuis des décennies voire des millénaires. L'atmosphère et l'océan se sont réchauffés, le niveau de la mer s'est élevé et les concentrations des gaz à effet de serre ont augmenté. » (GIEC, 2014).

Le constat général qui ressort est que les études sur la dynamique du climat aux échelles spatiale et temporelle fines ont été peu nombreuses en Afrique et particulièrement au Cameroun, compte tenu de la faible couverture des réseaux d'observation des paramètres climatiques et de la faible disponibilité aux échelles spatiale et temporelle fines des données climatiques. Les séries de données existantes s'accompagnent souvent des ruptures et des discontinuités, ce qui ne facilite pas leur interprétation statistique. Néanmoins, les résultats des travaux de Servat et al (1999), Ardoin (2004) attestent une forte diminution de la pluviométrie annuelle en Afrique Centrale et de l'Ouest, avec une rupture nette sur la décennie 1970 à 1980. Les changements observés et leur rythme d'évolution futur pourraient de ce fait ralentir la réalisation des Objectifs de Développement Durable (ODD). Face à cela, le sixième rapport du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) publié en 2018, met la Communauté Internationale en alerte pour une éventuelle augmentation de la fréquence et de l'intensité des aléas météorologiques extrêmes comme les sécheresses et les inondations. Le même rapport indique que les « activités humaines ont déjà provoqué un réchauffement climatique de $0,2 \pm 1^\circ\text{C}$ au-dessus des niveaux préindustriels ». Par ailleurs, la température moyenne augmente actuellement de $0,2 \pm 0,1^\circ\text{C}$ par décennie en raison des émissions de CO₂ passées et actuelles. A ce rythme, le réchauffement dépassera $1,5^\circ\text{C}$ entre 2030 et 2052. Les systèmes humains et naturels pâtiront davantage d'un réchauffement de 2°C que d'un réchauffement de $1,5^\circ\text{C}$. Il

ressort de ce rapport que l'Afrique reste le continent le plus vulnérable aux changements climatiques présents et futurs. Il est à noter selon ce rapport que la diminution d'importantes quantités de précipitations en Afrique centrale pourrait s'accompagner d'une diminution du nombre d'évènements pluvieux et d'une augmentation du nombre d'épisodes secs.

Cette forte irrégularité de la pluviométrie est décrite par Gachon (2007), lorsqu'il indique la conséquence d'un déficit hydrique général, observable en Afrique Sub-sahélienne depuis les années cinquante. Les tendances actuelles indiquent que les régimes pluviométriques seront touchés de plein fouet par rapport aux niveaux de 1990, alors que le niveau moyen de la mer pourrait s'élever d'environ 50 centimètres d'ici à 2100. Maley (2013) souligne que ces changements climatiques probables auront un impact sur les modes de développement et de subsistance des populations.

Le Cameroun, caractérisé par une grande diversité géophysique (cinq zones agro écologiques), est préoccupé par sa vulnérabilité aux perturbations climatiques présentes et futures. L'occurrence des situations météorologiques extrêmes observées, notamment les inondations (2012, 2013, 2015 et 2016, 2017, 2018, 2019 et très récemment en 2020) sur l'étendue du territoire national, les sécheresses (2001, 2007, 2008, 2009, 2010 et 2011) dans les Régions du Centre, du Sud et de l'Est, les érosions fréquentes et les glissements de terrains dans la zone des Hauts Plateaux, ainsi que les perturbations des rythmes saisonniers et leurs impacts sur le développement socio-économique du pays constituent un véritable défi pour le pays dans son ambition d'émergence. La diversité géophysique susmentionnée exige que des études sur la dynamique de la pluviométrie à l'échelle spatiale et temporelle fine soient faites au Cameroun. Par ailleurs, les secteurs agricoles, l'élevage, les ressources en eau et l'énergie qui dominent l'économie du pays, tant par leur contribution au PIB que pour les effets d'entraînement sur les autres secteurs d'activités connaissent d'énormes difficultés du fait des perturbations du rythme pluviométrique. Les manifestations sont visibles aujourd'hui à travers une diminution des quantités des précipitations annuelles, saisonnières et mensuelles, une perturbation de la distribution desdites précipitations pendant l'année, une perturbation des rythmes saisonniers, un rallongement des saisons (une diminution pour certaines localités), une augmentation de l'occurrence des situations météorologiques extrêmes (sécheresses et inondations). Les clichés négatifs de ces perturbations climatiques sont observés dans différents secteurs d'activité, avec notamment :

- l'assèchement des cours d'eau, le tarissement des puits, la réduction de la ressource en eau avec des conséquences sur la production de l'hydroélectricité et la production industrielle ;
- l'ensablement des cours d'eau et la diminution de la ressource halieutique.

Il est important de relever que les projections de l'évolution du climat faites par le GIEC (2007) et d'autres organismes privés autonomes tels que : l'OMM (2017) ; l'IRI (Institut International de Recherche sur le Climat) en 2007, etc. prévoient que la survenue des événements climatiques extrêmes ne fera que s'accroître et s'amplifier. Cette situation rendra problématique le développement des activités socio-économiques en particulier à cause de la modification des régimes de précipitations et la forte réduction du volume annuel des pluies, accentué par la croissance démographique et l'urbanisation galopante.

La présente étude porte essentiellement sur la « pluviométrie » qui est selon Cantat (2004) est une « variable rebelle », un facteur écologique essentiel pour les activités socio-économiques, les écosystèmes naturels et anthropiques. C'est elle qui conditionne le développement des sociétés et constitue « un enjeu géopolitique qui, bien qu'il soit souvent passé sous silence, est fondamental ». Cette étude se propose de faire une analyse de l'influence de certains facteurs du système climatique global dont les données ont été disponibles, notamment : la température de la surface de l'océan atlantique Nord et Sud, les positions géographiques et la pression atmosphérique au niveau des centres d'actions atmosphériques des 02 anticyclones subtropicaux et le comportement des épisodes EL Niño sur la dynamique spatio-temporelle de la pluviométrie au Cameroun.

1. CONTEXTE ET JUSTIFICATION DE L'ÉTUDE

L'homme utilise depuis les origines son environnement pour survivre. C'est là qu'il recueille sa substance nutritive à travers l'agriculture et l'exploitation des ressources naturelles et énergétiques pour des fins industrielles et économiques. Malheureusement, la population s'accroît plus vite que les ressources. Le rapport du PNUD (2008) prévoit que d'ici 2030, le monde aura besoin d'au moins 50% de plus de nourriture, de 45% de plus d'énergie, et de 30% de plus d'eau, alors que l'environnement changeant crée de nouvelles limites pour les ressources naturelles.

Le même rapport souligne que d'ici 2040, la population mondiale aura atteint un record de 9 milliards d'individus, contre 7 milliards en 2012, et le nombre de consommateurs de la classe moyenne augmentera de 3 milliards au cours des 20 prochaines années. Les autres constats postulent qu'il y a plus de 20 millions personnes mal nourries aujourd'hui qu'en 2000 ;

5,2 millions d'hectares de forêts perdus chaque année ; 85% de toutes les réserves de poissons sont surexploitées ou diminuées. De plus, les émissions de dioxyde de carbone ont augmenté de 38% entre 1990 et 2015, ce qui renforce le risque d'une augmentation du niveau des mers et davantage des conditions climatiques extrêmes, pour cela, une « nouvelle politique économique » des États est nécessaire.

Toutefois, aucun pays n'est à l'abri des effets des changements climatiques décriés par ces Institutions internationales, et aucun pays ne peut à lui seul faire face aux décisions politiques controversées, aux profondes transformations technologiques et autres enjeux indissociables et lourdes de conséquences à l'échelle de la planète. En même temps que la planète se réchauffe, les régimes des précipitations se modifient et des phénomènes extrêmes tels que les sécheresses, les inondations et les incendies de forêts se multiplient.

Conscient de cette situation de plus en plus alarmante, le Cameroun s'est engagé aux côtés de la Communauté Internationale à faire de la question climatique une priorité nationale de son développement (PNACC, 2015). Pour exprimer cet engagement, le pays a signé un certain nombre d'Accords et Conventions Internationales parmi lesquels : la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) en 1994, la Convention des Nations Unies pour la lutte contre la Désertification (CNULCD) et le Protocole de Kyoto en 1997, la Convention de Ramsar (CR) sur les Zones Humides en 2006 et les Accords de Paris en 2016.

Au niveau national, l'engagement du Cameroun a abouti par Décret N°2004/320, du 08 décembre 2004, à la création d'un Ministère spécifiquement chargé de l'Environnement et de la Protection de la Nature (MINEP), qui deviendra plus tard le Ministère de l'Environnement, de la Protection de la Nature et du Développement Durable (MINEPDED) par décret N°2012/431 du 01 Octobre 2012. La création de ce ministère participe du « souci d'apporter la Contribution du Cameroun aux grandes préoccupations mondiales, relatives à la lutte contre la dégradation continue de l'Environnement et le déficit du développement » (MINEPDED, 2014). L'Etat du Cameroun pousse ses engagements plus loin par le Décret N°2009/410 du 10 Décembre 2009 portant création, organisation et fonctionnement de l'Observatoire National sur les Changements Climatiques (ONACC), dont la mission principale est de « Suivre et d'Evaluer les Impacts Socio-économiques et Environnementaux des Changements Climatiques et de proposer des mesures de Prévention, d'Adaptation et/ou d'Atténuation aux effets néfastes et risques liés à ces Changements ». Pour manifester cette détermination aux côtés de la Communauté Internationale, lors de la 21^{ème} Conférence des Parties de Paris en Décembre 2015, le Cameroun s'est engagé à réduire ses émissions de Gaz à Effet de Serre à hauteur de 32% d'ici 2035. Cet engagement

aboutira au dépôt des instruments de ratification de l'Accord de Paris le 29 Juillet 2016 aux autorités compétentes des Nations Unies à New York. Le Cameroun devient ainsi le 21^{ème} Etat-parti à l'accord de Paris sur les 179 signataires.

Sur un plan physique, la structure géographique complexe explique la diversité des climats camerounais. On retrouve le schéma zonal classique en Afrique qui voit la pluviométrie décroître du sud vers le nord : 1700 mm de pluies annuelles près de la frontière gabonaise (avec 11 mois pluvieux sur les 12 de l'année), 500 mm seulement aux abords du lac Tchad (3 mois de saison des pluies seulement). Mais de nombreuses perturbations sont apportées par le relief (c'est ainsi qu'environ 12 000 mm d'eau sont enregistrées en moyenne à Débundscha au pied du Mont Cameroun, qui prend de plein fouet les pluies de mousson venant de l'Atlantique). Les milieux d'altitude sont dans l'ensemble mieux arrosés malgré la prédominance des températures plus basses que les plaines.

Le Cameroun présente des climats variés qui se succèdent du Sud vers le Nord, allant du climat équatorial humide près de l'Océan Atlantique, au climat tropical sahélien dans les régions de l'Extrême-Nord, du Nord et la partie Nord de l'Adamaoua. Son extension latitudinale, sa diversité géographique et son ouverture à l'océan atlantique jouent un rôle crucial dans la détermination des types de climats.

Le présent travail se justifie dans la continuité des efforts déployés depuis les premiers pas de recherche dont le mémoire de Maîtrise de géographie (Batha, 2009), pour « analyser l'influence des éléments du climat sur la production du cacaoyer dans deux agro systèmes à pluviométrie bimodale : *cas de la zone de forêt de Ngomedzap et de la zone de savane de Bokito* ».

En effet, le travail de Maîtrise de géographie a permis d'aborder la problématique de l'impact du climat sur la production du cacaoyer dans deux milieux écologiques différents. En insistant sur la zone de forêt de Ngomedzap et la zone de savane de Bokito, l'importance du climat tant sur la production qualitative que quantitative du cacaoyer a été mise en évidence. De même, le travail du Master 2 a consisté à faire une analyse de « l'impact des conditions climatiques sur la production du maïs dans les Départements de la Bénoué et du Wouri au Cameroun ».

Les raisons du choix du nouveau thème de recherche

Le rapport Stern (2006) présente le changement climatique comme le principal défi pour l'économie moderne. Ce rapport fait une évaluation socio-économique des coûts des changements climatiques à l'échelle planétaire, en exigeant une réponse mondiale urgente.

Au Cameroun, il faut reconnaître que même si des recherches ponctuelles ont permis de mettre en place une base d'informations climatologiques, une étude détaillée à l'échelle fine et de grande envergure au niveau national n'a pas été réalisée afin de produire des informations de références sur le profil pluviométrique du Cameroun, qui permettraient une meilleure prise de décisions dans les secteurs socio-économiques à forte dépendance climatique.

Cette approche consistera à ressortir les informations pluviométriques pertinentes qui caractérisent la pluviométrie au Cameroun, notamment la dynamique des tendances des paramètres pluviométriques (dates des débuts, des fins des saisons des pluies, quantités de précipitations, nombre de jours des pluies et nombre de jours successifs sans pluies, longueurs des saisons sèches et pluvieuses), la détermination des périodes de ruptures pluviométriques, l'identification des événements pluviométriques extrêmes sous l'influence des facteurs déterminants du climat.

Au Cameroun, nombreuses sont les activités qui dépendent du climat (Oram 1989 ; Hansen 2002), avec des implications énormes sur la vie des populations (Ogallo et al. 2000). Le climat est de plus en plus incertain au Cameroun, compromettant ainsi le rythme de production des populations. Cette situation est parfois due à la difficile « maîtrise » des phénomènes climatiques par les populations et par les organismes de développement dans un contexte de forte diversité physique et géographique (Bring, 2011).

2. PROBLÉMATIQUE

Les changements climatiques constituent de nos jours l'un des défis majeurs pour le développement socio-économique des pays africains. De nombreux auteurs (Suchel (1987), Dunn (2004), Tsalefac (2007), Amougou et al. (2015 et 2016), Abossolo et al (2015, 2016 et 2017), Ines et al (2006), Schmidli et al. (2006),...) évoquent l'interférence entre les facteurs climatiques globaux et les conditions géographiques locales, notamment le relief, la continentalité et l'altitude pour expliquer la variation climatique au niveau locale. Ces facteurs déterminent les modalités permanentes de la circulation atmosphérique des basses couches, responsables de distribution des pluies. D'autres auteurs attribuent le déficit pluviométrique observé ces dernières décennies en Afrique tropicale à l'instabilité inhabituelle des TSO, du FIT et des masses d'air en provenance des hautes pressions atmosphériques qui modifient les conditions atmosphériques habituelles.

Comme la plupart des pays en développement, le Cameroun, caractérisé par une grande diversité de son milieu physique est de plus en plus vulnérable aux impacts des changements climatiques (réurrence des sécheresses, inondations, ensablement des cours d'eau, etc.). Les Communications Nationales sur les Changements Climatiques (2004 et 2015) et le Plan National

d'Adaptation aux Changements Climatiques (PNACC, 2015) indiquent que les changements climatiques affectent déjà les écosystèmes et de nombreux secteurs socio-économiques (agriculture, élevage, santé, eau et énergie, pêche, tourisme, etc.), les infrastructures (bâtiment, énergie, eau et assainissement); développement humain (éducation, emploi, genre), les écosystèmes et l'environnement. Le même rapport révèle que le secteur de l'eau et de l'énergie sera l'un des plus affecté par le changement climatique, à cause de la fluctuation des températures, aux changements en termes de quantité, d'intensité et de régularité des quantités de précipitations, à la récurrence des évènements climatiques extrêmes (incluant les sécheresses et les inondations). Selon ces rapports, aucune région du Cameroun ne sera épargnée par les effets du changement climatique, d'où la nécessité de participer aux côtés de la communauté internationale aux efforts de lutte contre les changements climatiques dans la perspective d'assurer un développement économique et durable qui profite aux générations présentes sans compromettre celui des générations futures. Dans ce cadre, le caractère urgent de la prise en compte des changements climatiques dans le processus de développement socio-économique du pays exige d'assurer un suivi permanent et précis de la situation des paramètres climatique au niveau national, aux échelles spatiales et temporelles fines (mensuelle, saisonnière et annuelle), afin de pouvoir disposer à temps des informations qui renseignent sur leur évolution, et leur influence sur les activités socio-économiques et cela dans le but de contribuer à la résilience de l'économie nationale face aux changements climatiques tel que le prône le DSCE (MINEPAT, 2009). C'est donc une urgence pour la recherche pour bien comprendre les mécanismes qui sous-tendent les perturbations climatiques sus évoquées, afin de mieux répondre aux besoins immédiats et à venir des populations, proposer les mécanismes d'ajustement et d'adaptation les plus indiqués pour face à ces changements.

Qu'en est-il du comportement de la pluviométrie au Cameroun ces dernières décennies ? Le rythme pluviométrique a été marqué par une forte variation de la pluviométrie, une mauvaise répartition spatiale et temporelles des pluies, la multiplication des situations météorologiques extrêmes (les inondations, les sècheresses, les vents violents, les tempêtes de sable), l'augmentation de la température mensuelle moyenne, saisonnière et annuelle, avec des conséquences importantes sur les secteurs socio-économiques suscités, la perte de la biodiversité et la multiplication des conflits entre les communautés en quête des biens vitaux. Dans les Régions de l'Extrême-Nord, du Nord, du Centre et du Littoral, l'augmentation des périodes de fortes précipitations a favorisé le développement des maladies hydriques telles que le choléra, la typhoïde, les diarrhées, le paludisme, etc. Par ailleurs, l'arrivée des vagues de chaleurs et le

prolongement des saisons sèches s'accompagne d'une recrudescence de la méningite, et aucune région n'en n'est épargnée.

Qu'en est-il de l'impact des perturbations climatiques sur les secteurs socio-économiques ?

Il est important de préciser qu'aucun secteur n'est véritablement épargné des impacts des perturbations climatiques actuelles. Dans le secteur de l'eau et de l'énergie par exemple, bien que le Cameroun dispose d'importantes potentialités en eau (aussi bien de surface : 267,88 km³ que souterraine : 55,98 km³), elles sont en nette fluctuation depuis les années 1970 du fait de la succession des périodes sèches et humides, engendrant de véritables problèmes de la disponibilité de la ressource en eau. Ces crises vont s'accroître avec des sécheresses et des inondations plus fréquentes à causes des changements climatiques. Par ailleurs, l'électricité représente environ 14% de la consommation énergétique totale. L'approvisionnement en électricité est essentiellement d'origine hydraulique et est fourni par les trois principales centrales hydroélectriques que sont Edéa, Song Loulou et Lagdo. La production actuelle de ces centrales hydroélectriques, qui ne représente que 3% du potentiel hydroélectrique économiquement « équitable », reste en deçà des besoins énergétiques du pays. Or la fourniture de cette énergie est largement déficitaire et justifie de nombreux délestages et le rationnement fréquemment observés. Ce déficit est justifié par de fréquents étiages liés aux sécheresses.

Dans le secteur agricole, le changement climatique se manifeste à travers : la baisse des rendements agricoles, la diminution des surfaces cultivables, la diminution de la fertilité des sols, le retard de la croissance de certaines cultures, la mauvaise qualité des produits agricoles, la multiplication des attaques des insectes ravageurs des cultures, la pourriture des produits agricoles touchant fortement la qualité de la production, les pertes post récoltes, la germination non désirées de certaines cultures, la prolifération de certaines maladies des plantes cultivées et des mauvaises herbes, la diminution quantitative et qualitative des ressources en eau, la perturbation du cycle de l'eau, l'augmentation du coût des denrées alimentaires dans les villes et campagnes, l'augmentation du coût de la production agricole.

Dans le secteur des travaux publics (sous-secteur routier), le Cameroun recense sur le territoire national, environ 78 000 km de routes principales, dont 5 133 routes bitumées et relativement bien aménagées, 12 799 km de route non revêtues et 59 657 km de pistes et chemins (Ministère des Travaux Publics, 2016). Les perturbations climatiques couplées au vieillissement et à l'entretien d'un bon nombre de ces infrastructures accentuent à la fois leur vulnérabilité et les coûts d'entretien, dans un contexte où de nombreuses localités et régions du pays sont fortement

dépendantes d'un lien routier unique pour leurs besoins réguliers d'approvisionnement et de mobilité. L'accessibilité à ces régions est parfois compromise après un événement météorologique majeur (inondation, glissement de terrain, érosion, etc.), causant d'importants dommages à ce lien routier. Cela est valable autant pour les déplacements de proximité que pour les déplacements d'une région à une autre et même au niveau de la sous-région.

Dans le secteur de l'élevage, les changements climatiques ont non seulement un impact direct (stress thermique et augmentation de la morbidité et de la mortalité), mais aussi un impact indirect (qualité et disponibilité des aliments et des fourrages, maladies animales). Les projections climatiques annoncent des déficits pluviométriques et des inondations futures. Ces variations extrêmes auront des effets plus désastreux pour les petits éleveurs, pêcheurs et pasteurs des régions où les filets de sécurité formels sont limités, voire inexistantes (FIDA, 2017).

Dans le domaine de la santé humaine, le PNACC (2015) précise que l'une des particularités des changements climatiques actuels est l'émergence de nouvelles maladies telles que la méningite, la fluorose, le paludisme (première endémie nationale dont la morbidité est estimée à 36,03 % à l'échelon nationale selon le PNLP de 2010), la rougeole, etc. Les changements climatiques pourraient s'accompagner d'une augmentation des cas de maladies cardiovasculaires, des cas de grippe, de toux, du rhume, de morbidité et de mortalité, des affections oculaires, cutanées et respiratoires, l'expansion des maladies hydriques (choléra, amibiase, typhoïde, hépatite), des cas de décès par noyade, la contamination et pollution des eaux souterraines et aquifères, l'ensablement et dysfonctionnement des systèmes d'assainissement.

Il est important d'indiquer que si certaines recherches se sont focalisées à établir des liens entre la variabilité climatique (et/ou des changements climatiques) et les systèmes de production locale (eau et énergies, agriculture, élevage, santé, etc.), ces recherches présentent très souvent peu d'intérêt pour les causes premières des perturbations climatiques évoquées, qui elles seules pourraient véritablement expliquer les causes profondes des perturbations climatiques observées au niveau local, d'où l'intérêt de la présente étude.

Qu'en est-il de l'action des centres d'actions atmosphériques de l'atlantique et du Pacifique sur la pluviométrie au niveau local ?

Est-il possible par une meilleure connaissance de la situation climatique au niveau des centres d'actions atmosphériques (qui sont par ailleurs les moteurs de la circulation atmosphérique globale) de prédire le comportement climatique au niveau local afin de mieux adapter/ajuster les secteurs socio-économiques aux perturbations climatiques actuelles ?

Les recherches actuelles montrent qu'il existe un lien substantiel entre la dynamique du FIT, les centres d'actions subtropicaux de l'Atlantique, ceux du Pacifique et la pluviométrie au niveau du Golfe de Guinée. En analysant la mobilité de ces centres d'actions atmosphériques, au moyen de la recherche synoptique et des tests de causalité, on parvient à élaborer des prévisions météorologiques et climatiques à court, moyen et long terme. C'est pour dire qu'une maîtrise de la dynamique du FIT, couplée aux facteurs locaux et à la dynamique des facteurs déterminants observés au niveau des anticyclones subtropicaux, et voir du Pacifique permettrait de mieux comprendre la dynamique spatiale et temporelle de la pluviométrie observée au niveau local. La compréhension d'un tel objet d'étude ne se ferait que dans le cadre d'une analyse de la dynamique d'un système climatique complexe, qui intègre à la fois certains objets du système (facteurs déterminants, position géographique, paramètres météorologiques, etc.) dans un contexte d'interrelations, de causalité et de dépendance entre les objets du système. Seule cette analyse globale et complexe permettrait de déterminer les lois de causalités, qui sont à la base de la compréhension de la complexité du comportement pluviométrique local, et qui faciliterait l'élaboration des prévisions pluviométriques futures.

3. QUESTIONS DE RECHERCHE

➤ *Question de recherche principale*

Le questionnement qui sous-tend cette étude se décline comme suit : Peut-on à partir de la dynamique des facteurs déterminants du climat identifiés au niveau des centres d'action atmosphériques des Açores, de l'île Sainte-Hélène ainsi que du phénomène El Niño de 1950 à 2015, mieux comprendre et prédire le comportement de la pluviométrie au Cameroun ?

➤ *Questions de recherche spécifiques*

Plus spécifiquement :

- Q1- Quelles sont les caractéristiques pluri-échelles de la pluviométrie au Cameroun et ses tendances évolutives sur la période comprise entre 1950 et 2015 ?
- Q2- En quoi l'occurrence et l'évolution des événements pluviométriques extrêmes de 1950 à 2015 permet de mieux comprendre la dynamique spatiale et temporelle de la pluviométrie au Cameroun ?
- Q3- Dans quelle mesure les perturbations de la distribution spatio-temporelle de la pluviométrie ont des effets sur les activités socio-économiques au Cameroun ?

- Q4- Comment les facteurs déterminants du climat observés au niveau des centres d’actions atmosphériques des Açores et de l’île Sainte Hélène sur la période comprise entre 1950 à 2015 exercent une influence sur la pluviométrie au Cameroun ?
- Q5- Quelles sont les effets des épisodes El Niño observés au niveau du Pacifique équatorial de 1950 à 2015 sur la dynamique spatiale et temporelle de la pluviométrie au Cameroun ?

4. OBJECTIFS DE LA RECHERCHE

➤ *Objectif principal*

L’objectif principal de cette recherche est d’établir l’influence des facteurs déterminants du climat identifiés au niveau des centres d’action atmosphériques des Açores, de l’île Sainte-Hélène et du phénomène El Niño de 1950 à 2015 sur la dynamique spatiale et temporelle de la pluviométrie au Cameroun.

Objectifs spécifiques

Plus précisément, il s’agit de :

- O1- faire une analyse pluri-échelles des caractéristiques et des tendances évolutives de la pluviométrie au Cameroun de 1950 à 2015 ;
- O2- étudier l’occurrence et l’évolution des événements pluviométriques extrêmes de 1950 à 2015 pour mieux comprendre la dynamique de la pluviométrie au Cameroun ;
- O3- identifier quelques effets des perturbations de la distribution spatio-temporelle de la pluviométrie sur les activités socio-économiques au Cameroun ;
- O4- établir l’importance des centres d’actions atmosphériques des Açores et de l’île Sainte Hélène de 1950 à 2015 sur la dynamique spatio-temporelle de la pluviométrie au Cameroun ;
- O5- établir un lien entre les épisodes El Niño observés au niveau du Pacifique équatorial de 1950 à 2015 et la pluviométrie au Cameroun.

5. HYPOTHESES DE LA RECHERCHE

➤ *Hypothèse principale*

Une hypothèse générale libellée ainsi qu’il suit : une meilleure connaissance de la dynamique des facteurs déterminants du climat identifiés au niveau des centres d’action atmosphériques des Açores, de l’île Sainte-Hélène, ainsi que le phénomène El Niño de 1950 à 2015 permet de mieux comprendre la situation de la pluviométrie au Cameroun.

Cette hypothèse est sous-tendue par les hypothèses spécifiques suivantes :

➤ **Hypothèse spécifiques**

- H1 une analyse à différentes échelles de temps des caractéristiques et des tendances évolutives de la pluviométrie de 1950 à 2015 permet de mieux maîtriser la dynamique spatiale et temporelle de la pluviométrie au Cameroun ;
- H2- l'occurrence et l'évolution des événements pluviométriques extrêmes survenus de 1950 à 2015 permettent de mieux comprendre la dynamique spatiale et temporelle de la pluviométrie au Cameroun ;
- H3- les perturbations dans la distribution spatio-temporelle de la pluviométrie au Cameroun de 1950 à 2015 ont des effets sur les activités socio-économiques ;
- H4- les centres d'actions atmosphériques des Açores et de l'île Sainte Hélène exercent une influence sur la dynamique spatio-temporelle de la pluviométrie au Cameroun ;
- H4- les épisodes El Niño observés au niveau du Pacifique équatorial de 1950 à 2015 exercent une influence sur la dynamique spatiale et temporelle de la pluviométrie au Cameroun.

6. CADRE GEOGRAPHIQUE

Le Cameroun est riverain du bassin du Congo dans sa partie sud, et atteint les rives sahéliennes du Lac Tchad dans sa partie Nord. Notons qu'il a schématiquement la forme d'un triangle de 475 442 km² de superficie, dont la plus grande hauteur du Nord au Sud se situe autour de 1250 km et la base environ 700 km d'E en W (Suchel, 1972). Ainsi le pays est très allongé dans le sens méridien, mais se rétrécit au Nord du 8^{ème} parallèle. On retrouve au Cameroun une très grande variété de domaines biogéographiques, et sur le plan démographique, l'Ouest et le Nord se rattachent aux hautes densités des pays du Golfe de Guinée, tandis que le Sud et l'Est connaissent les très faibles densités de l'Afrique centrale : c'est pourquoi on l'appelle « Afrique en miniature ». La figure 1 ci-dessous présente la forte diversité du relief du Cameroun.

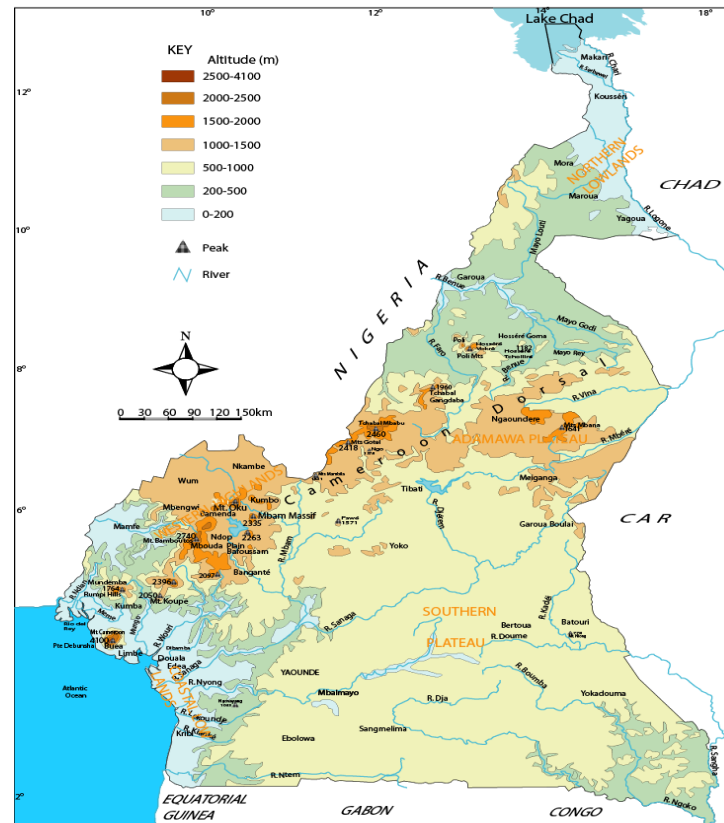


Figure 1 : Le relief du Cameroun.
Source : Atlas de la République Unie du Cameroun, 1979.

Le climat Camerounais est influencé par : les masses d'air, l'éloignement à la mer, le relief et le vent (figure 2). Le Cameroun est caractérisé par l'existence de 2 grands domaines¹ climatiques différents identifiés par Suchel (2007).

✚ **Le domaine équatorial** comporte 2 nuances :

- Le type guinéen qui règne sur une partie de la côte et sur le plateau Sud-camerounais, il compte 4 saisons bien tranchées ;
- Le type camérounien qui règne au voisinage du Mt Cameroun et s'étend jusqu'à l'embouchure de la Sanaga englobant les hautes terres de l'ouest. Sa particularité est la surabondance des pluies qui tombent en une seule saison annuelle de 9 mois.

✚ **Le domaine tropical** enfin comporte 2 nuances :

- le tropical soudanien avec des températures élevées, des pluies peu abondantes; il compte 2 saisons dont une pluvieuse de 7 mois environ (très torride de mai à juin et entre juillet à octobre, très fraîche et humide) et une sèche de 5 mois (fraîche de novembre à janvier).

¹ Il s'agit du domaine équatorial, caractérisé par des précipitations abondantes, des températures élevées et constantes entraînant une amplitude thermique faible qui s'accompagne d'une végétation qui se dégrade au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'équateur

- le tropical sahélien avec les températures élevées et une irrégularité des pluies. Il compte aussi 2 saisons dont une sèche d'octobre à mai et une pluvieuse de juin à septembre.

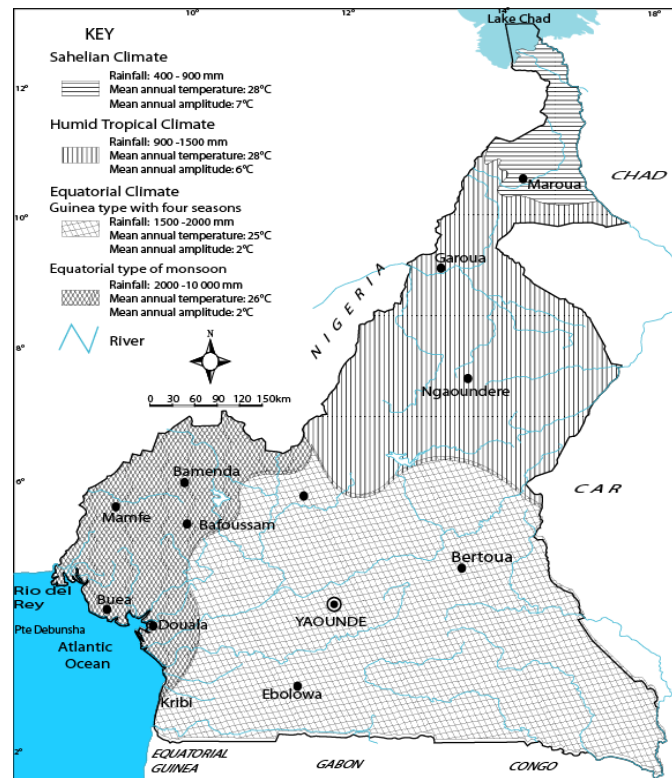


Figure 2: Le climat du Cameroun.

Source : Atlas de la République Unie du Cameroun, 1979.

La répartition de la végétation fait apparaître ces deux domaines distincts (figure 3). Le **domaine équatorial** quant à lui est caractérisé par une végétation de forêt dense. La forêt dense ombrophile recouvre l'ensemble du plateau Sud-camerounais et les basses terres côtières. La destruction de la forêt dense par le feu et les défrichements laisse place à une forêt secondaire. On y trouve aussi des galeries forestières le long des cours d'eau et au contact de la mer où elle se transforme en mangrove. Le **domaine tropical** caractérisé par une végétation de savane. Les variations climatiques donnent à celle-ci plusieurs aspects, la savane arbustive et la savane arborée qui couvrent le plateau de l'Adamaoua. Elle est formée d'un tapis continu de graminée ou surgissent par endroits des petits massifs d'arbustes et d'arbres. Cette dernière est en partie dégradée par l'action de l'homme par des feux de brousse, des cultures et le surpâturage des troupeaux. La savane boisée et les forêts poussent dans la cuvette de la Bénoué. Ce sont des tapis de graminées où la densité des arbres (baobab, acacia, palmier) est très faible. Les arbres sont séparés par des surfaces herbeuses de plus en plus étendues. Dans la vallée du Logone, inondée pendant une partie de l'année, pousse une prairie.

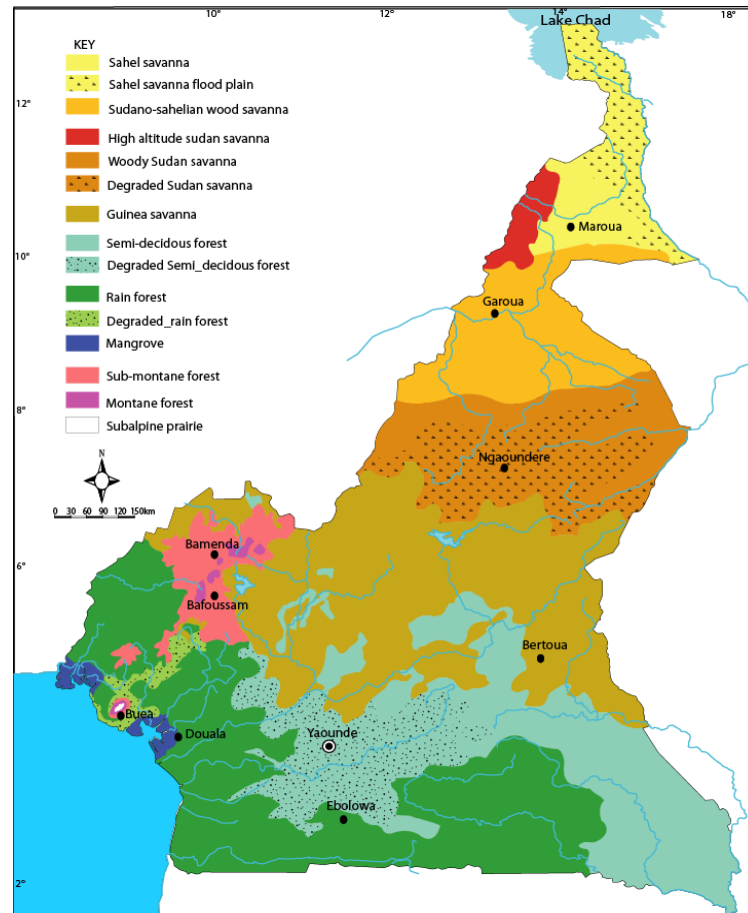


Figure 3 : la végétation du Cameroun
Source : Atlas de la République Unie du Cameroun, 1979.

✚ **L'hydrographie** du Cameroun est drainée par des cours d'eau de dimension moyenne. La répartition et le régime des fleuves et rivières subissent l'influence du climat. Les fleuves sont à l'image des traits physiques du pays. On distingue 05 bassins hydrographiques et ses fleuves (figure 4) : Le bassin de l'atlantique dont les principaux cours d'eau sont : le Wouri, le Nkam, le Noun, la Sanaga (le plus long (920 km) et le plus abondant du Cameroun ; Le bassin du Congo constitué de ses affluents qui sont : le Bok, le Lobo, le Sangha, le Dja ; Le bassin du Niger constitué par le Mayo Kebi, la Bénoué et le faro ; Le bassin du Tchad est constitué du Logone, la Vina et le Chari ; le bassin du Nyong et des fleuves côtiers constitué du Nyong et du Ntem.

Le milieu physique de ces quatre grands bassins est présenté dans les travaux de Suchel (1972), Bessoles (1977), Brabant et Gavaud, (1985), Olivry (1986), Letouzey (1986), Naah (1992), Sighomnou (2004).

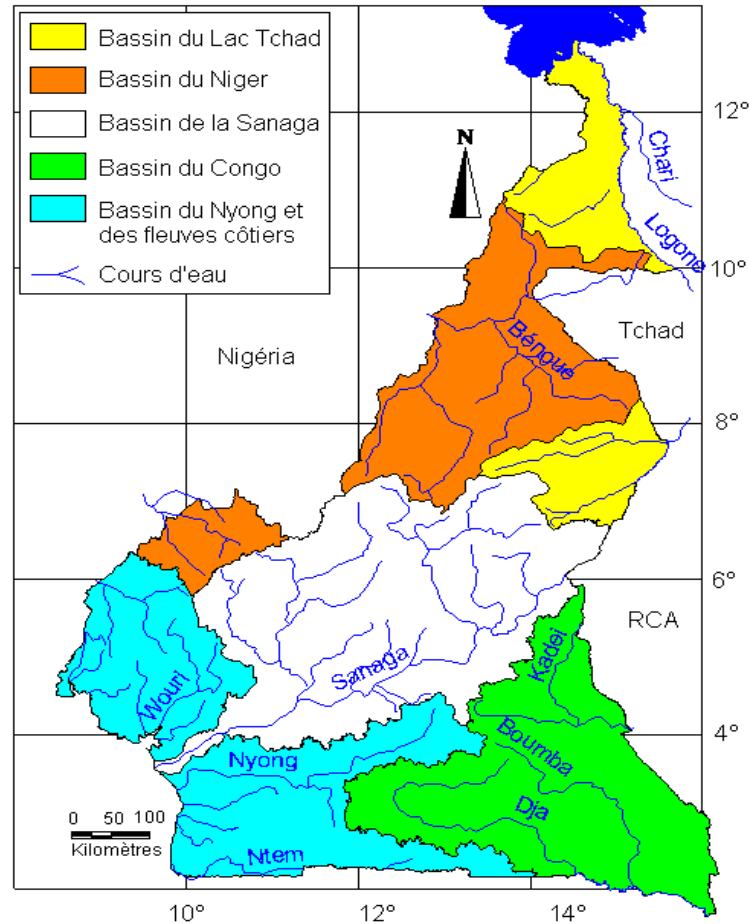


Figure 4 : Les principaux bassins hydrographiques du Cameroun.

Source : Olivry, 1986.

Les tributaires camerounais du bassin du Lac Tchad se répartissent en deux grands ensembles : le bassin septentrional et le bassin méridional. Le bassin septentrional est localisé entre les longitudes 13°40'' et 15°41'' Est, et entre les latitudes 9°54'' et 13°04'' Nord. Sa superficie est de 27 470 km². Le bassin méridional du Lac Tchad est situé entre les longitudes 13° 24' et 15° 35' Est, et entre les latitudes 6° 36' et 8° 19' Nord. Il a une superficie de 21 670 km². A ce niveau, quatre ensembles de relief s'individualisent : les monts Mandara à la frontière du Nigéria, leur piémont, la plaine du Diamaré qui lui succède vers l'Est jusqu'au Logone et la pédiplaine de Kaélé. Le site du barrage digue de Maga se situe dans le troisième de ces ensembles. Entre le piémont des Mandara, la région de Kaélé et le cordon dunaire, le socle s'enfonce rapidement par paliers, de même que croît l'épaisseur de sa couverture granitique. Au-dessus s'observe un remblai hétérogène composé d'argiles à lentilles de sable reposant sur une cuirasse ferrugineuse développée sur les altérites du socle. Le relief du bassin méridional du Lac Tchad est caractérisé par des altitudes qui décroissent du Sud-ouest vers le Nord-est du bassin versant.

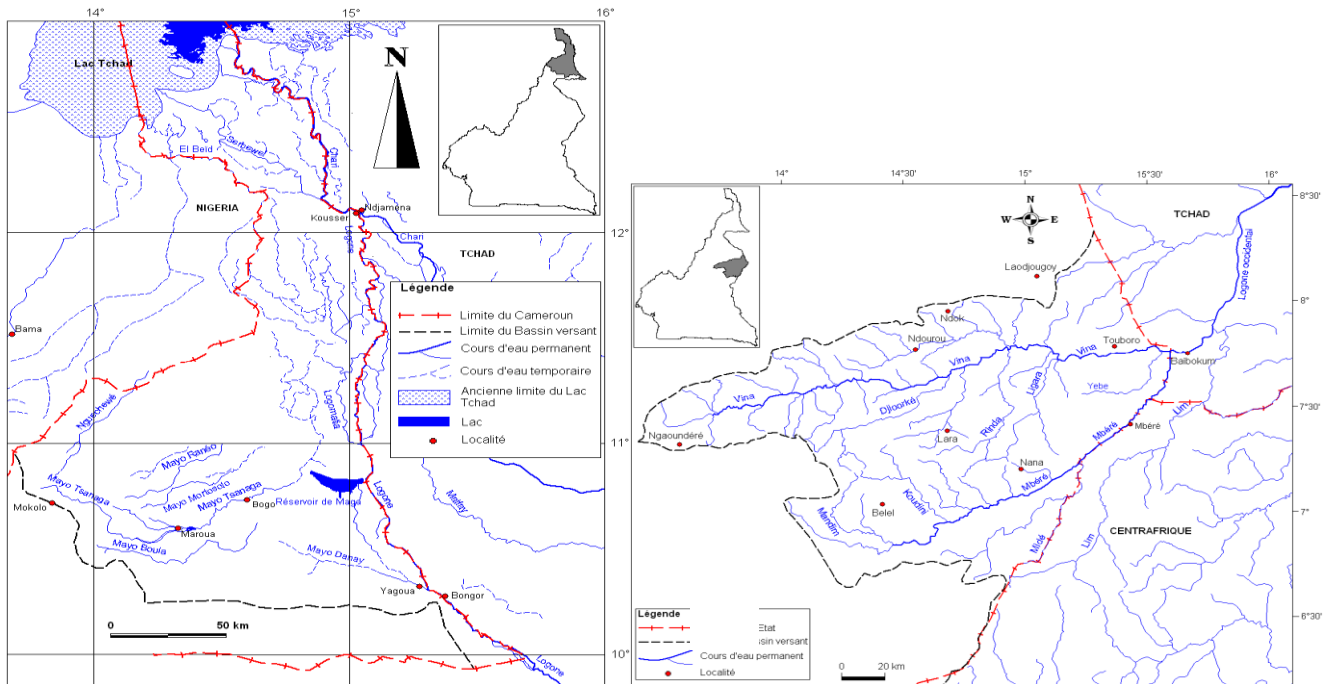


Figure 5 : Le réseau hydrographique du bassin septentrional (a) et méridional (b) du Lac Tchad

Source : Olivry, 1986.

- Le bassin versant du Niger s'étend de la République de Guinée au Tchad, en passant par le Mali, le Niger, le Bénin, le Burkina Faso, la Côte d'ivoire, le Nigeria et le Cameroun. Il a une superficie de 1 500 000 km² avec 300 000 km² en zone désertique. Il est représenté au Cameroun par le sous bassin de la Bénoué (figure 6). Celui-ci se subdivise en deux parties distinctes : une partie tropicale (partie septentrionale) et une partie subéquatoriale (partie méridionale). Avec un exutoire pris à la frontière entre le Cameroun et le Nigeria, le bassin septentrional de la Bénoué s'étend entre la longitude 11°47' et 15°48' Est et la latitude 6°49' et 10°51' Nord. Il a une superficie totale de 95 000 km² avec 75 000 km² pour le territoire camerounais (78,95 %), 18 000 km² pour le Tchad (18,95 %) et 2 000 km² pour le Nigeria (2,10 %). Le bassin méridional de la Bénoué est situé au Sud du plateau de l'Adamaoua, au sein du Cameroun dit « humide ». La portion camerounaise de ce bassin est localisée entre les longitudes 9°24'' et 11°12'' Est, et entre les latitudes 5°46'' et 7°09'' Nord. Sa superficie est de 12 900 km² dont 10 100 km² pour le bassin de Katsena-Ala et 2 800 km² pour celui de Donga. Le réseau hydrographique du bassin septentrional de la Bénoué est constitué de trois bassins secondaires de taille pratiquement équivalente (le bassin de la Haute Bénoué au centre ; le bassin du Mayo Kebi au Nord et le bassin du Faro au Sud). Au Nord de la région du Nord-Ouest, le bassin de la Donga occupe une zone marginale. Son principal collecteur longe la frontière avec le Nigeria. Le flanc Nord du plateau de Nkambe est drainé par des

affluents en rive gauche. Le reste de la région est occupé par le bassin de Katsena-Ala. Cette dernière est constituée de deux branches principales, la Katsena et la Menchum, qui confluent à près de 15 km après la frontière du Cameroun. La Katsena et la Menchum ont des longueurs respectives de 160 et 145 km. La Katsena draine la partie Nord du massif d'Oku et du plateau Kom, l'Ouest de la région de Nkambe. La pente est forte et le cours moyen de la partie camerounaise n'est qu'une succession de rapides où la rivière perd 680 m en 70 km, soit une pente de près de 1%. La Menchum comprend deux branches principales se rejoignant près de MBengwi : l'Abi et la Mezam.

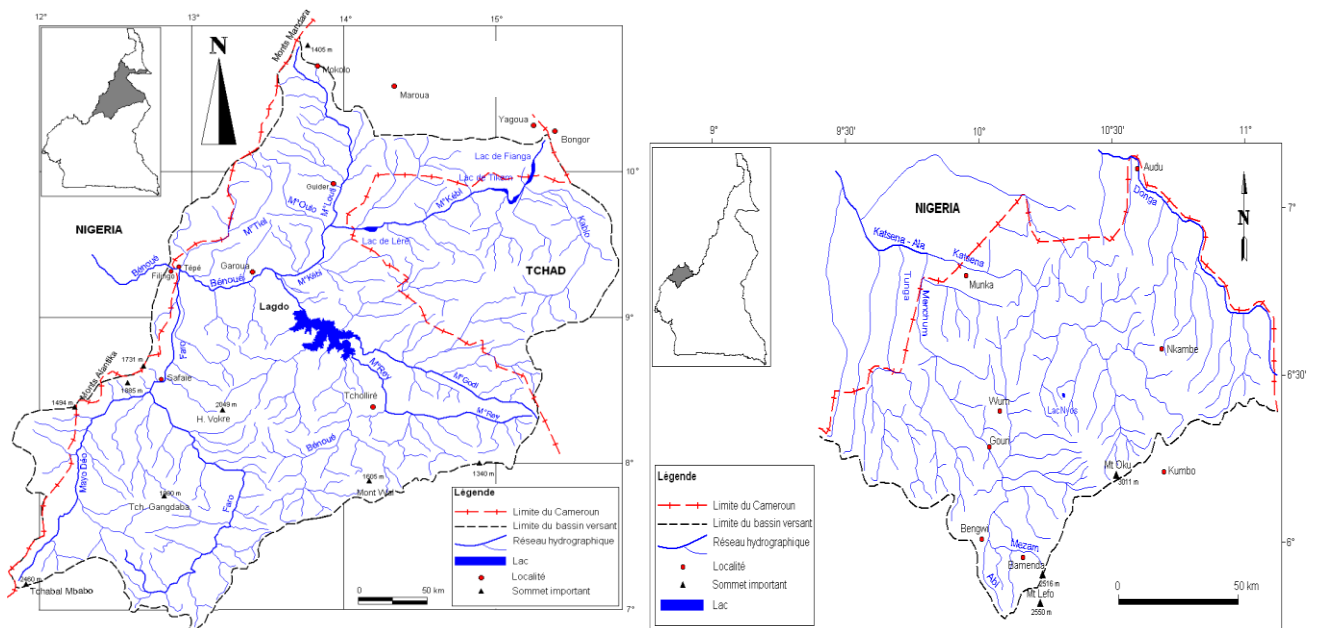


Figure 6 : Le réseau hydrographique du bassin septentrional (a) et méridional (b) du Niger
Source : Olivry, 1986.

✚ Le bassin de la Sanaga est, dans sa quasi-totalité, situé en territoire camerounais. Une infime partie (200 km²) se trouve en République Centrafricaine. Il s'étend entre les latitudes 3°29' N et 7°22' N, et entre les longitudes 9°38' E et 14°54' E (figure 7). Sa superficie est de 135 000 km². La Sanaga est le plus long fleuve du Cameroun, avec une longueur de 918 km. Elle prend son nom après la confluence du Djérem et du Lom, à 650 km de l'Océan Atlantique. Le Djérem est parfois appelé « Haute Sanaga », ce qui est cohérent d'un point de vue hydrographique. La Sanaga draine une succession de plateaux limités à l'Ouest par la Dorsale camerounaise et au nord par l'Adamaoua. Il a une pente de moyenne de 1m/km, ce qui est raide pour un fleuve de cette dimension. Cette forte pente explique en partie le potentiel hydroélectrique tout à fait exceptionnel de la Sanaga.

Dans le cours de la Sanaga, on distingue trois grandes divisions :

- la Sanaga supérieure représentée par le Djérem et le Lom, tous deux issus de l'Adamaoua;
- la moyenne Sanaga qui commence dans la région de Goyoum, légèrement en aval du confluent du Lom et du Djérem et s'étend jusqu'à Edéa à la limite de la plaine littorale ; la moyenne Sanaga ne reçoit qu'un seul affluent important : le Mbam ;
- la Sanaga inférieure, en aval des chutes d'Edéa, est un court tronçon de 67 km qui rejoint l'Océan Atlantique en suivant une pente très faible.

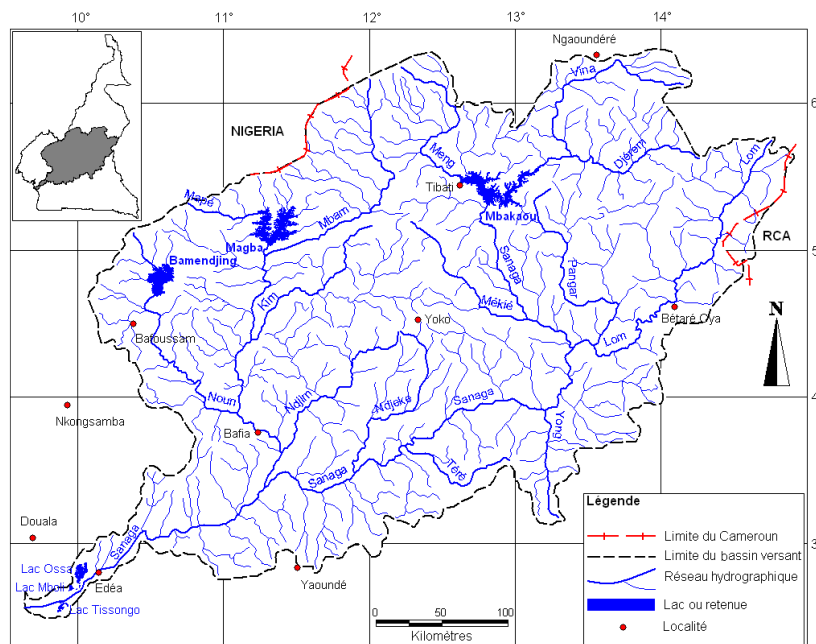


Figure 7: Le réseau hydrographique du bassin septentrional de la Sanaga

Source : Olivry, 1986.

- ✚ Le bassin du Congo est réparti entre le Congo, la République Centrafricaine et le Cameroun. La partie camerounaise de ce bassin correspond au secteur Ouest du bassin versant de la Sangha. Ce dernier est situé au Sud – Est du Cameroun, entre les longitudes 11°49'' et 16°42'' Est et les latitudes 1°16'' et 6°45'' Nord. Il a une superficie de 158 350 km² à Ouesso. La partie camerounaise de ce bassin versant de la Sangha, localisée entre 11°49'' et 16°12'' Est et la latitude 1°38'' et 5°55'' Nord, a une superficie de 93 000 km², soit 58,7 % de sa superficie totale.

Le bassin du Congo (figure 8) est subdivisé en deux parties :

- la Sangha et son principal affluent qui est la Kadei ;
- le système Dja-Ngoko.

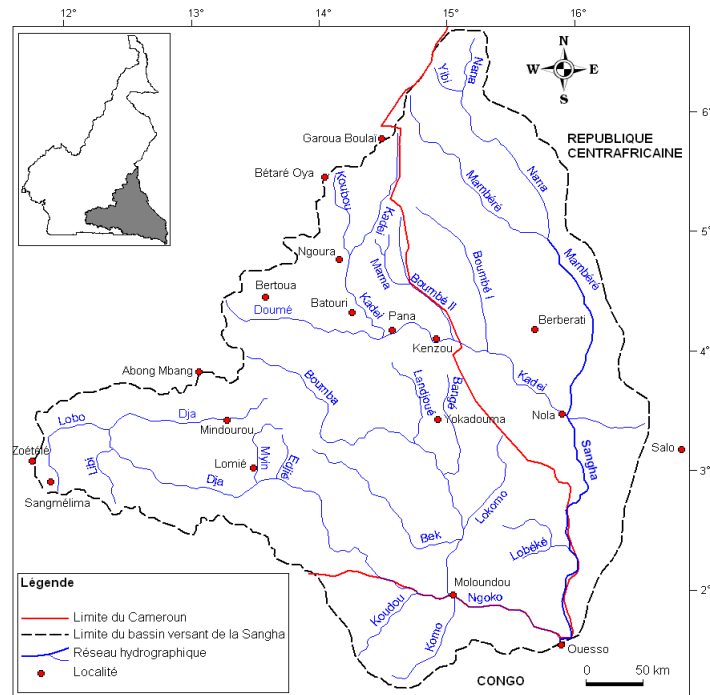


Figure 8 : Le réseau hydrographique du bassin du Congo

Source : Olivry, 1986.

Les rivières de régime tropical ont un débit contrasté à l'image du climat c'est-à-dire ont leurs hautes eaux pendant la saison de pluies (mai - septembre) et les basses eaux pendant la période sèche (octobre - avril) où le lit des cours d'eau est à sec car leurs eaux se perdent dans le sable.

On distingue plusieurs types de lacs au Cameroun :

- Les lacs de cratères : ils se trouvent dans les régions qui ont été affectées par le volcanisme (Okou, Tizong, Bini, Barombi) ;
- Les lacs de subsidence : dans les basses terres, surtout dans les plaines côtières (Ossa, Dissoni, Ejagal) ;
- Les lacs de cuvette : dans les basses terres de l'intérieur du pays ; Tchad et Fianga s'étendent sur le territoire camerounais et sur celui des pays voisins ;
- Les lacs artificiels : des barrages ont créés d'immenses lacs de retenue (Bamendjing sur le Noun, Mbakaou sur le Djerem) ;

Presque tous les cours d'eau sont coupés par des chutes et des rapides qui servent à de nombreux usages (navigation, irrigation, ...).

7. CADRE CONCEPTUEL ET THEORIQUE

7.1. Cadre conceptuel : Définition des concepts et conceptualisation

Le thème de recherche abordé s'intitule : « Influence des Centres d'actions atmosphériques des Açores, de l'île Sainte Hélène et des épisodes El Niño sur la dynamique spatio-temporelle de la pluviométrie au Cameroun », contient quelques notions clés qu'il faut élucider et définir, en les adaptant à ce cadre d'étude pour mieux appréhender la problématique.

La **pluviométrie** est définie par Maurain (1950) comme la mesure du volume des précipitations en un temps et un lieu donné, selon leurs caractéristiques, leur répartition, etc. Les précipitations sont généralement plus fortes dans les zones forestières que dans les zones de savane ou encore désertiques.

Les **précipitations** désignent l'ensemble des météores (solides ou liquides) qui tombent dans l'atmosphère. Elles sont considérées en météorologie comme les hydrométéores qui, ayant été soumis à des processus de condensation et d'agrégation à l'intérieur des nuages, sont devenus liquides. Le dictionnaire de l'environnement précise que les précipitations constituent avec les températures les éléments les plus importants qui définissent le climat d'un lieu donné. Ils ont une grande influence sur la vie des hommes et des animaux, ainsi que sur les activités socio-économiques des pays. Certains auteurs (Said El KHATRI, 2003, etc.), classent les précipitations selon les caractéristiques des cumuls annuels. C'est ainsi qu'on les climats désertiques (infé à 120mm ; les climats arides : 120-250mm ; les climats semi semi arides : 250-500mm ; les climats modèrément arides : 500-1000mm ; les climats humides : 1000-2000mm et les climats excessivement arides : sup à 2000mm). D'autres auteurs (Amougou, 2014, Abossolo, 2016) classent les précipitations non seulement selon leur quantité, mais aussi selon nature physique (pluie, neige, grèle, grésil), leur fréquence (une fois par an, 100 fois par an, etc.), leur durée de chute (10minutes, 24 heures, etc.), leur intensité (10mm/heure, 100mm/heure, etc), leur répartition dans le temps (jours successif sans pluies, etc.). Cet ensemble de caractéristiques des précipitations influence sur l'absorption des sols, le drainage, les crues des cours d'eau, l'utilité agricole, la sécurité humaine, etc. Les précipitations annuelles s'obtiennent à partir de la somme des hauteurs mensuelles obtenue au cours d'une année. Dans le cas des régions littorales et côtières à climat équatorial océanique, les précipitations saisonnières se définissent à partir de la somme des hauteurs de précipitations recueillies pendant la longue saison de pluies (8 à 11 mois) et la courte saison sèche (1 à 4 mois). Pour les régions tropicales de savane, les précipitations saisonnières représentent les sommes des hauteurs de précipitations recueillies pendant les saisons sèche et pluvieuse. Les précipitations mensuelles quant-à elles désignent la hauteur d'eau

tombée et recueillie pendant un mois et qui peut être appréhendée selon les indices pluviométriques respectifs. L'indice de Gaussen permet de déterminer les périodes sèches et les mois secs au cours de l'année. Il est appliqué aux précipitations et aux températures moyennes mensuelles d'après la formule statistique $P(\text{mm}) \leq 2T(^{\circ}\text{C})$). En admettant que les recherches ont pu admettre qu'on peut passer de $P(\text{mm}) \leq 2T(^{\circ}\text{C})$ à $P(\text{mm}) \leq 3T(^{\circ}\text{C})$, puis à $P(\text{mm}) \leq 4T(^{\circ}\text{C})$, etc., tout dépend de la zone climatique dans laquelle on se trouve.

La **pluie** désigne un phénomène naturel par lequel des gouttes d'eau tombent des nuages vers le sol. Il s'agit de la forme liquide des précipitations qui tombe sur terre, et dont le rôle est prépondérant dans le cycle de l'eau. Elle prend des formes diverses allant de pluies légères au déluge, et de l'averse à la pluie continue et de fines gouttelettes à de très grosses gouttelettes.

Le changement climatique renvoie au processus de modification du comportement climatique pendant une période longue d'évolution (plus de 30 ans selon le GIEC). La CCNUCC (dans son article 1), définit « le changement climatique » comme des changements de climat qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine, altérant ainsi la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat. Selon le GIEC (1995), le changement climatique s'accompagne des phénomènes tels que l'élévation du niveau de la mer, l'accentuation événements météorologiques extrêmes (sécheresses, inondations, tempêtes, cyclones, etc.), la déstabilisation des forêts, les menaces sur la ressource en eau, la diminution des rendements agricoles, la désertification, la réduction de la biodiversité, l'extension des maladies tropicales, la perturbation du cycle de l'eau, la menace de disparition de certains espaces côtiers (deltas, mangroves, récifs coralliens, plages, etc.), la recrudescence des maladies vectorielles telles que le paludisme, la typhoïde, etc. et l'extension des maladies infectieuses telles que le choléra, la méningite, etc.).

La **variabilité climatique** renvoie à un ballotement que subit un système entre un état et un autre. Elle est définie comme étant un état, une nature ou encore la propriété de ce qui est variable. La variabilité permet dans le domaine des statistiques de caractériser la dispersion à déterminer l'étendue des différentes valeurs que peuvent prendre une variable. En effet, selon de nombreux auteurs (Janicot et Fontaine, 1993 ; Hulme et al., 2001 ; Bard, 2004), le climat n'a cessé de varier depuis la formation de la Terre. Dans le domaine de la climatologie, elle est définie comme la variation saisonnière et annuelle des paramètres météorologiques (température de l'air, pluviométrie, la pression atmosphérique, l'humidité de l'air etc.) au sein des régions ou pays ou entre ces régions ou pays. Elle est définie à partir des valeurs centrales de base sur l'observation.

Cette approche de la variabilité a permis la répartition du globe en différents domaines climatiques. Au Cameroun, Suchel (1972) a surtout utilisé la pluviométrie pour répartir le territoire Camerounais en 05 principaux domaines climatiques, allant des Régions à deux saisons dans la partie Septentrionale, les Hauts Plateaux et les régions littorales et côtières à celles à quatre saisons de la partie forestière (Centre, Sud et Est). Le dictionnaire de l'environnement définit la variabilité climatique comme la variation de l'état moyen du climat, dans ce cas à des échelles temporelles et spatiales. En d'autres termes, c'est la variation naturelle, intra et interannuelle du climat. Elle est une caractéristique inhérente du climat qui se manifeste par les différences entre les statistiques de long terme des éléments climatiques (pluie, température, humidité, durée des saisons) calculées pour des périodes différentes. La variabilité du climat est souvent perçue à travers les irrégularités dans l'évolution normale des paramètres climatiques sus-évoqués. Ainsi, la compréhension de la variabilité climatique passe par la notion de **climat** qui est défini par l'organisation météorologique mondiale (OMM, 1994) comme la « synthèse des conditions météorologiques dans une région donnée, caractérisée par les statistiques à long terme des variables de l'état de l'atmosphère ». C'est l'ensemble des phénomènes météorologiques, ainsi que leur dynamique dans le temps (traduite par les saisons), qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère en un lieu donné.

Une **saison climatique** désigne une période de l'année qui présente une constante relative du climat. Dans la zone tropicale, on parlera de saison climatique (saison sèche et pluvieuse), alors que dans les zones polaires, on parlera de jour et de nuit polaires. Le regroupement des mois dans le cadre d'une analyse des saisons peut sembler anodin dans une étude sur la dynamique du climat, mais ce n'est pas le cas. A la lumière des travaux de Reason et al (1999) ; Hastenrath et al. (1995) et Mason (1997) les saisons sont considérées comme des entités homogènes, les quatre saisons homogènes retenues sont les suivantes : (1) décembre, janvier, février, (2) mars, avril et mai (3) juin, juillet et août, (4) septembre, octobre et novembre.

Les **zones climatiques** sont des régions du globe terrestre qui peuvent être classifiées en fonction des paramètres climatiques. Les zones climatiques ont généralement la forme d'une ceinture circulaire autour des pôles. Elles peuvent être interrompues par des montagnes ou par des océans dans certaines régions du globe. La structuration globale du climat a permis à Letouzey (1985) de distinguer **04 zones climatiques** majeures (polaire, tempérée, tropicale et équatoriale) qui varient en fonction de la position géographique.

La zone tropicale est située entre les tropiques. Encore appelée région équatoriale, car située entre l'équateur et les tropiques (entre 0° à 23.5°). A ce niveau, les radiations solaires atteignent verticalement le sol surtout à midi durant toute l'année. L'un des éléments marquant dans cette zone est la chaleur en permanence. Du fait des températures élevées, l'eau s'évapore facilement, ce qui rend l'air humide. La dense couverture nuageuse qui couvre l'atmosphère réduit l'effet des radiations solaires sur le sol.

La zone subtropicale (située entre 23.5° à 40°). Elle reçoit les radiations solaires les plus importantes en été à cause de la couverture nuageuse fine et la quasi verticalité par rapport à la terre de l'inclinaison de l'angle du soleil à midi. Les régions qui s'y trouvent reçoivent moins d'humidité, ce qui augmente l'effet des radiations. La plupart des déserts du monde se situent dans cette zone, qui connaît une diminution significative des radiations solaires pendant l'hiver et des pluies temporaires.

La zone tempérée (entre 10° à 60°). Dans cette zone, les radiations solaires arrivent avec un angle faible, et les températures moyennes plus froides que dans la zone subtropicale. Durant l'année, la longueur des jours et des saisons diffère significativement. Les précipitations sont régulières tout au long de l'année, la période de végétation longue et les événements extrêmes moins fréquents, d'où le nom « tempéré ».

La zone froide ou polaire (située entre 60° à 90°), du fait de la faiblesse des radiations solaires, très inclinées par rapport à la terre, ces zones reçoivent moins de chaleur tout au long de l'année. Cette zone connaît une forte variation de la longueur des jours et des nuits à cause du changement de l'angle de l'axe de rotation de la terre par rapport au soleil. On a les jours polaires en été, et une végétation clairsemée n'apparaît que pendant quelques mois tout au long de l'année. Les conditions de vie sont très difficiles dans ces régions.

La date de **démarrage de la saison des pluies** est connue à partir d'une suite d'éléments temporels constituant les séries des ordonnées des données. Suivant cette approche, la délimitation de la saison des pluies est faite sur la base des données journalières des stations, ainsi que des méthodes statistiques traditionnelles (calcul de la moyenne, la fréquence atteinte ou dépassée, etc.). Le début de la saison des pluies est estimé dès que l'on enregistre une hauteur de pluies d'au moins 20 mm sur deux jours consécutifs non suivis au cours d'une période de contrôle de trente jours. Pour ce qui est de la **détermination de la date de la fin de la saison des pluies**, il est adopté un seuil de vingt jours consécutifs secs après la dernière pluie dès lors que de tels intermédiaires secs sont rarement suivis d'une reprise de la saison.

La **dynamique de la pluviométrie** prend en considération les types de précipitations qui reposent sur les rapports aux moyennes et aux normales, ainsi que sur le comportement par rapport à la moyenne des indices variés et nombreux (aridité, xérothermique, pluviométrique, etc.), dont on a souvent recours. La dynamique de la pluviométrie sous-entend la caractérisation des paramètres telles : le volume, le nombre des jours des pluies, la longueur des saisons, les dates des débuts et des fins des saisons. Elle fait également allusion aux principales tendances évolutives, ainsi qu'à l'identification des événements climatiques extrêmes, ainsi que les ruptures des séries pluviométriques qui sont l'expression la plus visible des changements observés sur une période de temps donnée.

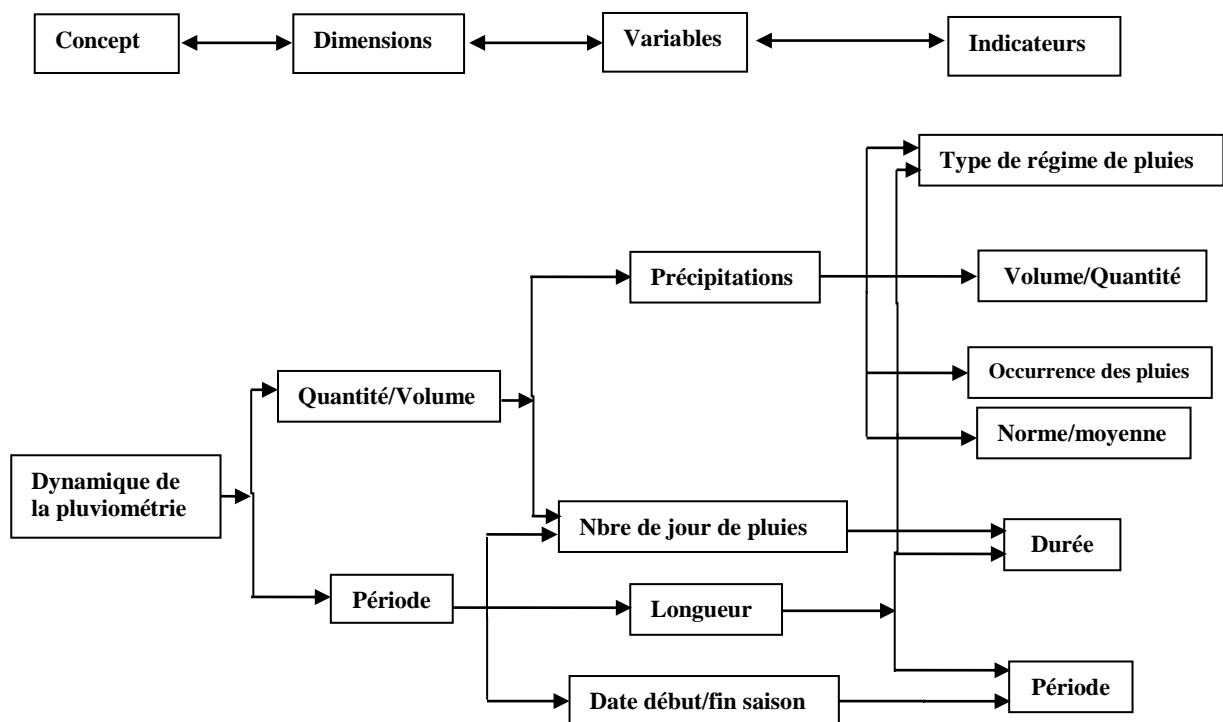


Figure 9 : Dynamique de la pluviométrie

Un **régime pluviométrique** permet de caractériser l'évolution générale des précipitations. Suchel (1982) montre que les précipitations moyennes mensuelles aboutissent logiquement à une description et à une classification des principaux types de régimes pluviométriques, dont l'analyse repose essentiellement sur une interprétation statistique des précipitations aux échelles annuelles, saisonnières et/ou mensuelles. Il arrive souvent que l'allure générale des profils pluviométriques impose une distinction fondamentale entre les régimes à maximum unique (monomodal), les régimes à deux maximums (bimodal) et à plusieurs maximums (plurimodal). Ce qui permet à Carbonel (2000) de parler d'une forte prédominance du régime bimodal dans les

stations de la zone équatoriale du sud Cameroun où les profils pluviométriques présentent les deux intersaisons de l'année. Mena (2005) confirme plutôt la prédominance du régime bimodal à Yaoundé entre 1951 et 2001. Il constate également que le régime monomodal reprend le dessus en zone équatoriale à cause de l'océan qui est d'une importance capitale sur la distribution des précipitations. La zone tropicale est dominée par le régime monomodal, tandis qu'en zone forestière par une prédominance du régime bimodal.

Les **écarts pluviométriques** sont l'expression de la variabilité (des quantités de précipitations et/ou du nombre de jour des pluies). Ils représentent les fluctuations plus ou moins significatives (déficitaires et excédentaires) des valeurs des paramètres pluviométriques (précipitations, nombre de jour des pluies, etc.) par rapport à leur normale (ou à leur moyenne).

La **téléconnexion climatique** suppose que le climat de la terre est modulé par deux grands groupes de facteurs qui sont : les facteurs externes et internes (Gachon, 2000). Par facteurs externes, Gachon identifie : la radiation solaire, la sphéricité de la terre, les caractéristiques de l'orbite de la terre, la rotation de la terre autour de son axe et la répartition des océans à la surface de la terre. Comme facteurs internes : les propriétés intrinsèques de l'atmosphère telles que sa composition, sa circulation, ses propriétés physiques et celles des quatre autres réservoirs avec lesquels l'atmosphère interagit en permanence (l'hydrosphère, la cryosphère, la lithosphère et la biosphère).

La figure 10 ci-dessous présente la téléconnexion entre les facteurs déterminants des océans atlantique et Pacifique, objet de l'étude. Elle indique les variables étudiées enregistrées dans les différents centres d'actions atmosphériques des océans atlantique et pacifique. Ledit schéma présente également les interrelations entre les variables, ainsi que leurs influences sur la pluviométrie au niveau locale.

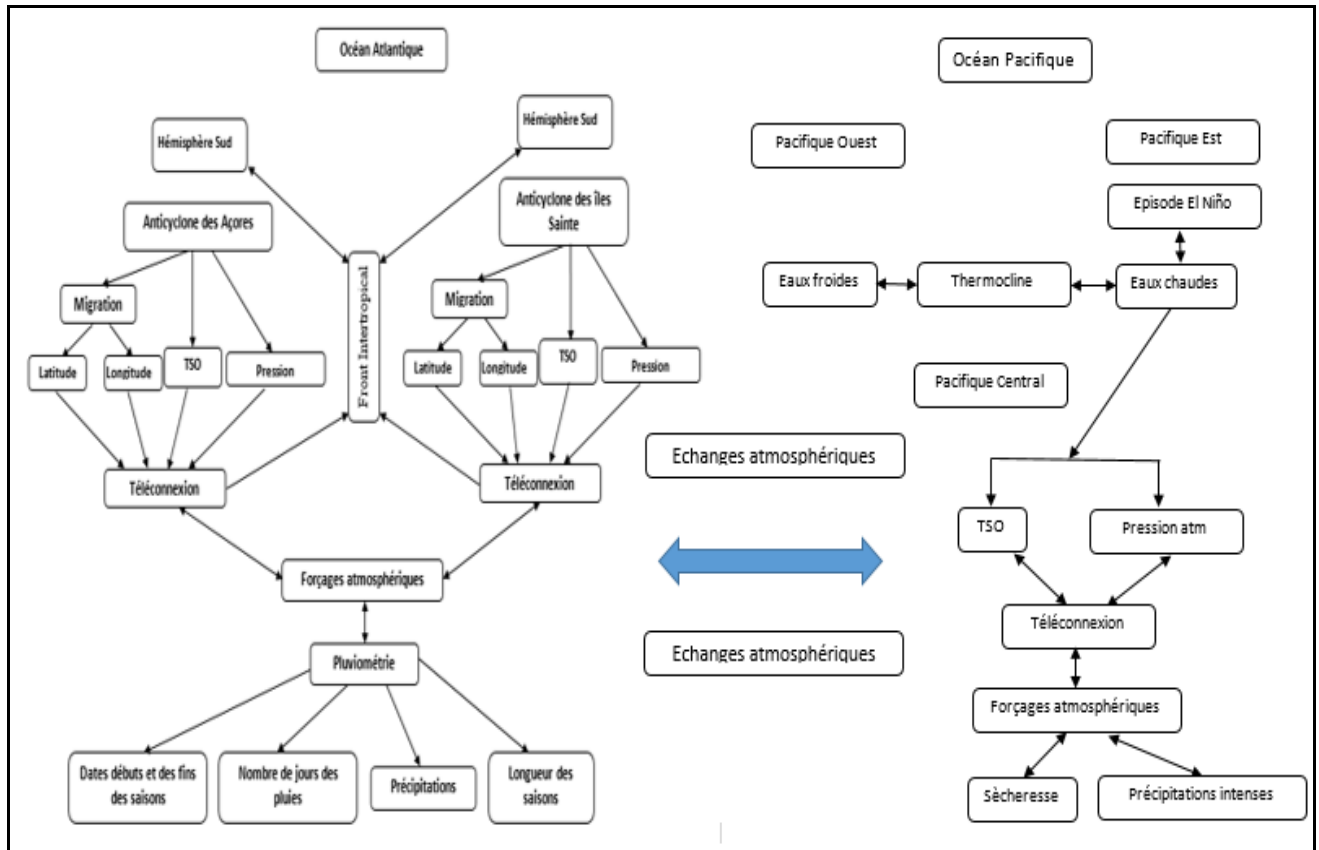


Figure 10 : Téléconnexions climatiques entre les océans Atlantique et Pacifique

Source, auteur, 2017

Globalement, on peut dire que le climat de la planète résulte des interactions complexes entre l'atmosphère, l'océan, la cryosphère et la biosphère (éléments du système climatique global). L'océan joue un rôle fondamental de régulateur en raison de sa forte inertie thermique. Pour mieux cerner les rôles des océans Atlantique et Pacifique sur la dynamique de la pluviométrie en Afrique tropicale. Cette étude s'est appuyée sur les travaux de Lamb (1982), Lough (1986) et Pocard et al (1988) sur les connexions des températures de surface de l'océan (TSO) du Pacifique et de l'Atlantique, la dynamique de la pluviométrie en Afrique soudano-sahélienne. Ces travaux qui corroborent avec ceux effectués au Sahel par Fontaine et Bigot (1993); Rowell et al (1995); Fontaine et al (1996), De Janicot (1992); Opuku-Ankomah et al (1994) dans la région guinéenne de l'Afrique de l'Ouest, qui indiquent que les téléconnexions avec l'ensemble de l'océan mondial montrent une tendance à la baisse des précipitations au Sahel qui est synchrone avec le réchauffement lent des océans austraux et Indien (des océans boréaux) (Folland et al., 1986; Wolter, 1989; Fontaine et al, 1993). De plus, les résultats de ces travaux montrent que l'ENSO pourrait avoir un impact sur les précipitations, perceptible depuis les années 1970 par : Barnston et al, 1996 ; Janicot et al, 1996 ; Trzaska et al, 1996. Pour Seleshi et al (1992); Camberlin (1995), la téléconnexion avec

l'ENSO est plus évidente dans les hautes terres de l'Est de l'Afrique, où les précipitations de juillet, août et septembre sont systématiquement déficitaires en année El Niño.

Par ailleurs, pour mieux expliquer la variabilité climatique saisonnière observée dans le Golfe de Guinée, le programme international AMMA (2003-2010) s'est intéressé aux téléconnexions entre la mousson Ouest africaine, des échelles intra saisonnières aux échelles pluri décennales et les précipitations en Afrique de l'Ouest (Tableau 1). Les résultats des travaux confirment le poids des TSO et des téléconnexions sur les fluctuations interannuelles et décennales, tout en relevant l'importance de la dynamique de l'atmosphère.

Tableau 1: Mécanismes impliqués dans les téléconnexions entre la Méditerranée (MED), l'Atlantique (ATL) et le Pacifique (PAC), et les précipitations en Afrique de l'Ouest (adapté de Rodriguez et al, 2011).

Forçage thermique		Mécanismes atmosphériques impliqués			Précipitations en Afrique de l'Est et Centrale
Méditerranée plus chaude (surtout bassin Est)		Plus d'humidité avec convergence des flux du de la méditerranée	Plus d'humidité advectée au Sud du Sahara par la circulation moyenne	Convergence renforcée sur le Sahel et flux de mousson plus intenses	Positionnement anormalement nord de la ZCIT avec excédent sur le Sahel
Atlantique plus chaud (surtout partie Est équatoriale)		Affaiblissement des gradients océan-continent de température et de pression	Circulation de mousson affaiblie sur le continent	Moins de convergence sur le sahel	Déficit aux latitudes sahéliennes
				Maintien de la convection anormalement au Sud	Excédents plus au Sud sur la basse côte
Pacifique Ouest Equatoriale plus froid	Pacifique Ouest Equatoriale plus chaud	Refroidissement sur le continent maritime	Génération d'ondes de Rossby	Subsidence renforcée sur le Sahel	Déficit sur le Sahel Central et oriental

Source : AMMA, 2012

Un centre d'action atmosphérique, encore appelé anticyclone, ce concept est utilisé pour la première fois par le météorologue français Teisserenc de Bort (1881) pour désigner une région semi-permanente de haute (ou) de basse pression atmosphérique par rapport au milieu environnant. L'atmosphère à cet endroit exerce une influence significative sur la circulation des vents. Cette situation oblige Gilbert Walker (1927) à mener des investigations sur le comportement des centres d'action atmosphériques au niveau du Pacifique équatorial. Les résultats lui permettent d'établir un lien entre l'oscillation australe et le phénomène El Niño. Il est à noter qu'en fonction de leur position et leur intensité, les centres d'action atmosphérique ont une grande influence sur les climats de la terre. Dans le cadre de cette étude, deux centres

d'action atmosphériques qui ceinture l'Afrique seront mis en exergue : il s'agit de l'anticyclone des Açores et de l'anticyclone des îles Sainte Hélène.

L'anticyclone des Açores est un centre d'action atmosphérique semi permanent, situé à l'hémisphère Nord. Encore appelé Cellule Anticyclonique Tropicale Africaine (CATA), le déplacement des masses d'air à son niveau est constitué d'un vent appelé « l'harmattan », c'est un vent de faible intensité entre le mois de juin et d'octobre, car constitué uniquement d'alizés. De novembre à mai, il se compose de deux masses d'air dont l'une (harmattan), et l'autre vent d'alizés qu'il génère lui-même. Ce dernier provient soit de l'anticyclone méditerranéen, soit de l'anticyclone du Moyen-Orient ou égypto-libyen, soit du prolongement de l'anticyclone sibérien.

L'anticyclone de l'île Sainte Hélène est un centre d'action atmosphérique semi permanent, situé au niveau de l'hémisphère Sud, à l'Ouest du continent africain et de l'anticyclone subtropical de l'Océan Indien (ou anticyclone des Mascareignes) (Holton, 2004). On l'appelle encore **Cellule Anticyclonique Tropicale Africaine (CATA)**. A ce niveau, l'intensité du déplacement des masses d'air issues de cet anticyclone tropical, encore appelées « vents de mousson » ou encore vents d'alizés, varie d'une saison à l'autre. Pendant l'été, ces vents se déplacent avec une très forte intensité. On parle de mousson d'été, alors qu'en hivers, ils deviennent plus faibles, on parle de simples alizés. La confrontation des deux vents crée ce qu'on appelle « Fronts Secondaires » ou Convergence Interocéaniques.

Au-delà des facteurs locaux liés à la continentalité, à la position géographique et au relief, la mobilité des centres d'action atmosphériques situés de part et d'autre de l'équateur exerce une influence remarquable sur la distribution de la pluviométrie en Afrique et même au-delà. Les saisons, sont déterminées par les positions respectives des centres d'action et la migration du Front Intertropical (FIT) sous l'influence du mouvement apparent du soleil.

La pression atmosphérique est la pression exercée par une colonne d'air à un point donné. Elle s'exprime en pascal (Pa), et l'unité équivalente est le newton par mètre carré (N/m^2). Selon la NOAA (2000), au niveau de la mer, la pression atmosphérique moyenne avoisine 1013,25 hectopascals (hPa), soit l'équivalent de la pression exercée par une colonne d'eau de plus de 10 mètres en un point. En deçà de 1010 hPa, les météorologues parlent de basses pressions, synonymes de mauvais temps dans les régions tempérées. Au-dessus de 1020 hPa, on entre dans les hautes pressions, qui apportent le soleil à ces mêmes latitudes. Pour analyser une situation météorologique, le champ de pression est un élément fondamental. Chaque observation de pression à l'échelle du globe est ramenée au niveau de la mer, de façon que les mesures soient comparables entre elles.

La maîtrise de la variation de la pression atmosphérique au niveau des centres d'action permet d'avoir de meilleurs renseignements sur les conditions météorologiques à court et moyen terme

dans les régions bordières des océans, car les météorologues confirment qu'une variation brusque de la pression atmosphérique est annonciatrice du passage des vents forts. Les cas les plus visibles sont observés en mer entre l'Ecosse et l'Islande, notamment de l'automne à l'hiver où les dépressions peuvent s'avérer extrêmement creuses (< 930 hPa). Le dernier phénomène en date est la chute de pression qui a accompagné le renforcement du cyclone Wilma en 2005 dans le golfe du Mexique. On a observé qu'en 24h, la pression a chuté de 100hPa au centre du cyclone. C'est également le cas en décembre 1999 lors du passage de l'ouragan "LOTHAR" (une chute de pression de 30 hPa en 12h à Rouen-Boos durant la nuit du 25 au 26 décembre 1999). Une hausse brutale de la pression atmosphérique 1 à 3 hPa en quelques minutes peut être due au passage d'une ligne de grains (front froid secondaire), tandis qu'une hausse lente mais durable de la pression annonce presque toujours une amélioration des conditions météorologiques. À l'opposé, une baisse lente et durable indique le rapprochement lent d'une dépression ou l'affaiblissement progressif d'une cellule anticyclonique. La hausse de pression n'est cependant pas toujours associée au retour du beau temps. Dans certains cas, les perturbations pluvieuses sont parfois très détachées du centre de leur dépression associée. Elles peuvent venir se coucher sur les flancs d'une cellule anticyclonique et être actives avec des pressions supérieures à 1020 hPa. Pendant la saison des pluies dans certaines localités au Cameroun, la présence d'un faible gradient de pression sur une surface importante, encore appelé marais barométrique, associé à un air chaud en basse couche peut se traduire par la formation de foyers orageux jusqu'à des pressions de 1025 hPa.

Les principaux centres d'actions atmosphériques qui ceinturent l'Afrique

Plusieurs courants atmosphériques ceinturent l'Afrique, exerçant ainsi une influence significative sur son climat (figure 11). Ces courants mobiles sont générés par l'action des centres d'actions atmosphériques situés de part et d'autre du continent Africain. Ces centres d'action sont entre autres des deux anticyclones subtropicaux (Açores et île Sainte Hélène), l'anticyclone Egypto-Lybien, l'anticyclone de l'Afrique du Sud, l'anticyclone des Mascareignes et de la dépression Equatoriale. La figure ci-dessous présente les courants marins, la position et les types d'anticyclones exerçant leur influence sur le climat de l'Afrique.

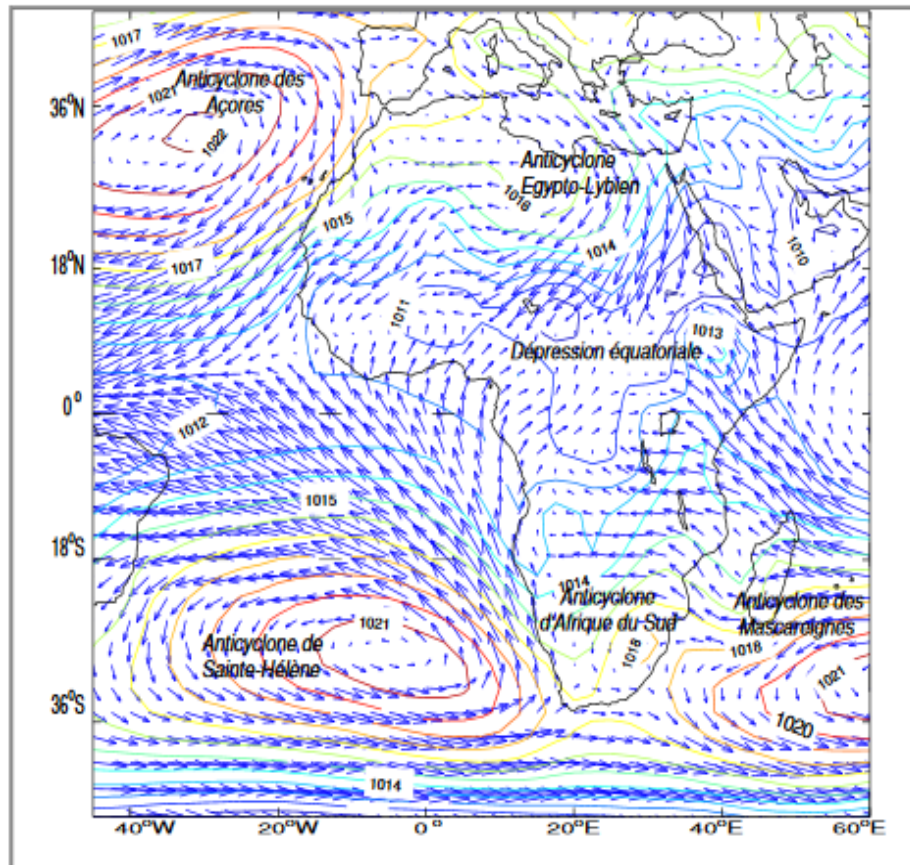


Figure 11 : Courants marins, principaux centres d'action dynamiques de surface et/ou d'altitude
Source : Djoufack (2011)

Compte tenu de la disponibilité des données relatives à leurs différentes positions respectives sur la période de l'étude (1950-2015), à celle des TSO et de la pression atmosphérique sur ces différentes positions, seuls les anticyclones des Açores et de l'île Sainte Hélène seront pris en compte dans le cadre de cette étude. Le choix porté à ces centres d'actions subtropicaux tient également du fait de leur proximité au Cameroun. Par ailleurs, les données des intensités des épisodes El Nino/La Nina ont également été prises en compte tenu de leur disponibilité et de leurs impacts significatives sur le climat au niveau local. La figure 12 ci-dessous est une conceptualisation de la notion de centre d'action atmosphérique.

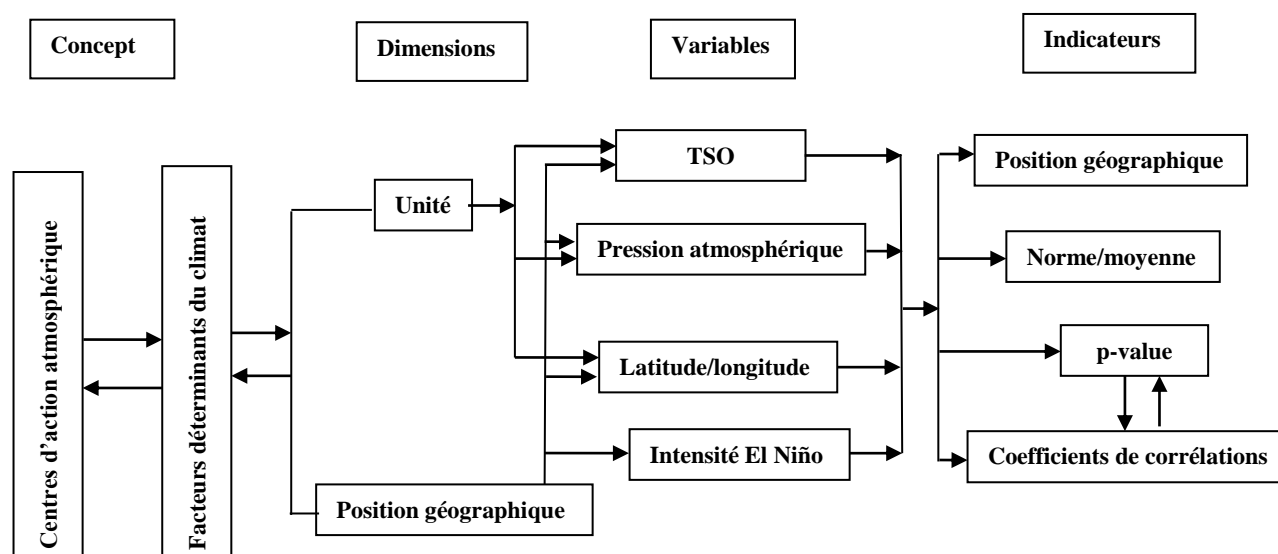


Figure 12 : Centre d'action atmosphérique

Les facteurs déterminants du climat. Le rapport du GIEC (2007) définit le système climatique comme un système complexe et interactif, dont les éléments sont l'atmosphère, la surface terrestre, la neige et la glace, les océans et autres plans d'eau, ainsi que les êtres vivants. L'atmosphère étant l'élément du système climatique qui conditionne le climat. Les facteurs climatiques représentent l'ensemble des causes à l'origine de la variation et de la diversité des climats. A l'échelle planétaire, ces facteurs déterminants sont nombreux. Certains agissent simultanément, tandis que d'autres interagissent dans le cadre d'un système complexe. Parmi les principaux facteurs reconnus par « the NASA atmospheric system », on mentionne :

- ✚ **L'énergie solaire**, dont l'absence entrainerait l'uniformité de la température extrêmement basse. Cette température serait voisine à l'espace intersidéral, légèrement supérieure à cause de la chaleur dégagée par les matières radioactives contenues dans l'écorce terrestre et par le choc des météorites. Cette uniformité de la température extrêmement basse aurait pour corollaire l'absence de la circulation atmosphérique pour les gaz non liquéfiés ou solidifiés. L'eau des océans serait solidifiée ; aucune vie ne se développerait. C'est donc le soleil qui constitue le principal facteur du système climatique. Par ailleurs, la position légèrement inclinée ($23^{\circ}27'$) de l'axe de rotation de la terre sur le plan de l'écliptique (plan de rotation de la Terre autour du soleil) et la rotation diurne de la terre sur elle-même sont les raisons pour lesquelles la quantité d'énergie arrivant à chaque instant du soleil subit une variation annuelle et une variation diurne qui se traduisent par une variation de mêmes périodes dans la plupart des éléments climatologiques à la surface du globe. Il faut aussi signaler qu'une forme sphérique de la terre a pour conséquence que l'angle d'incidence du flux d'énergie solaire varie avec la

latitude, et que l'énergie reçue par unité de surface horizontal varie avec cet angle d'incidence, le maximal étant à l'équateur, tandis qu'elle est nulle sur les pôles. Il est également utile de rappeler que la terre est entourée d'une atmosphère qui absorbe, réfléchit et diffuse une partie de l'énergie solaire incidente. L'énergie solaire à son tour subit des fluctuations accidentelles et périodiques (cycle solaire), surtout dans le domaine des courtes longueurs d'ondes (ultraviolet).

La figure 13 présente l'estimation du bilan énergétique de la terre.

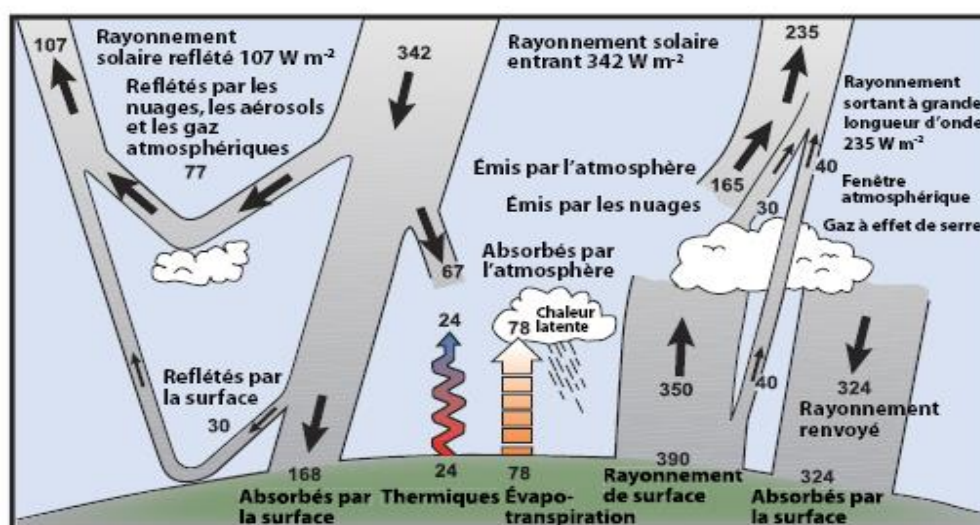


Figure 13 : Estimation de la moyenne annuelle et mondiale du bilan énergétique de la terre

Source : Kiehl et Trenberth (1997)

Selon le GIEC (2007), le système climatique global évolue avec le temps sous l'influence de sa propre dynamique interne, mais dépend également de facteurs externes qui affectent le climat au moyen des « forçages² ».

le GIEC estime qu'à long terme toujours selon, la quantité de rayonnement solaire entrant absorbé par la terre et par l'atmosphère s'équilibre grâce à la terre et à l'atmosphère qui dégagent une quantité équivalente de rayonnement sortant à grande longueur d'onde. Près de la moitié du rayonnement solaire entrant est absorbée par la surface de la terre³.

✚ Le cycle de l'eau dans l'atmosphère est généralement lié à celui de l'énergie (figure 14).

Il se définit comme la circulation globale de l'eau dans l'atmosphère, en circuit fermé avec des changements d'état entre l'hydrosphère, l'océan, l'atmosphère, la surface terrestre et le sous-sol de terre émergées, mettant en jeu des phénomènes d'évaporation, de convection, de condensation et précipitation, d'écoulement et d'infiltration, ainsi que

² Les forçages externes comprennent des phénomènes naturels tels que les éruptions volcaniques et les variations du rayonnement solaire, ainsi que des modifications de la composition atmosphérique imputables à l'homme.

³ Selon le GIEC (2007), Cette énergie est retransmise vers l'atmosphère grâce au réchauffement de l'air à la surface ou par évapotranspiration, ainsi que par les rayonnements à grande longueur d'onde qui sont absorbés par les nuages et les gaz à effet de serre. A son tour, l'atmosphère renvoie l'énergie à grande longueur d'onde vers la terre, ainsi que vers l'espace.

les variations et les renouvellements des stocks dans les réservoirs. L'énergie solaire en est le principal moteur grâce à son rôle essentiel sur la distribution de l'eau à la surface de la terre. La précipitation est définie comme l'eau qui tombe des nuages, elle peut être la pluie comme c'est le cas dans le cadre de cette étude, ou encore la neige ou la grêle. Ainsi, lorsqu'il y'a collision entre toutes les petites gouttelettes d'eau, il se forme des gouttes plus grosses, et lorsque le volume de ces gouttes est multiplié à l'échelle du million, elles deviennent trop lourdes pour pouvoir flotter dans l'air, et finissent par donner la pluie. Le cycle de l'eau commence par la distillation de l'eau de mer, qui est très importante dans les régions intertropicales. C'est dans ces régions que la chaleur fournie par le soleil est maximale, avec près d'un quart environ stocké dans les 3 premiers mètres des océans selon Environmental Science (2005). La chaleur stockée va favoriser l'évaporation de l'eau, qui en se condensant dans les nuages, restitue une partie de cette énergie qui va servir au réchauffement de l'atmosphère. Le réchauffement de l'atmosphère à son tour déclenche la circulation atmosphérique, puis la formation des nuages, surtout des stratus et des stratocumulus. L'eau stockée dans les nuages sous forme de liquide, de vapeur, de cristaux de glace ou de grêle précipite sous l'effet de la gravité sous forme de pluie, de neige ou de grêle, d'abord sur les océans, et ensuite sur les continents. Les précipitations arrivent sur les sols, ruissellent et s'infiltrent en s'évaporant. À la fin, l'eau retourne à l'océan ou à l'atmosphère.

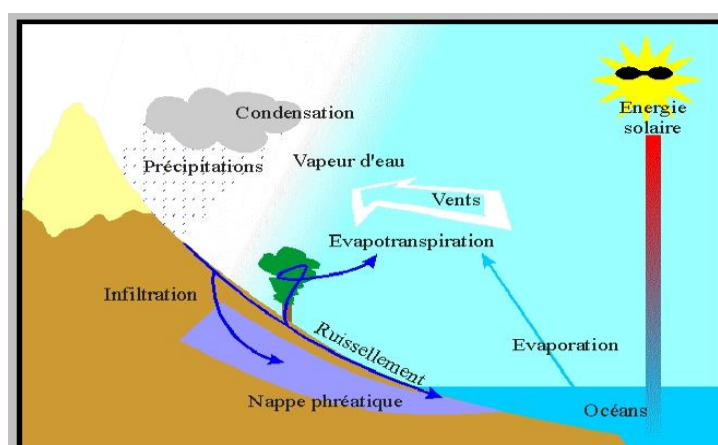


Figure 14 : Schéma du cycle de l'eau, Cycles biogéochimiques

(MF GODART – IGEAT/ULB - écologie)

Source : GIEC (2007)

La nature de la surface terrestre et sa couverture : la surface terrestre est constituée pour 71,3% environ par l'eau des mers et des océans, les 28,7% restant étant occupés par les surfaces continentales et les îles. L'énergie solaire n'est pas absorbée à la même proportion par les terres et les mers. L'albédo étant la proportion en pourcentage de l'énergie incidente réfléchi par la

surface sur laquelle elle arrive. C'est ainsi que l'albédo du sol cultivé et de la végétation varient de 7 à 9%, celui du sable de 13 à 18%, celui de la neige de 80 à 90%, celui de la glace maritime de 50 à 60%. Il résulte de ces valeurs que l'absorption de l'énergie du soleil varie suivant qu'elle arrive sur terre ou sur mer. L'inégale répartition des terres et des mers constitue la principale source de répartition de l'humidité de l'atmosphère. Il faut aussi signaler que les courants marins exercent une influence profonde sur le climat de certaines Régions côtières, c'est le cas des Gulf Stream.

✚ La **circulation générale de l'atmosphère** provient de l'inégale répartition de l'énergie solaire suivant les latitudes et des différences d'absorption de cette énergie par la surface des continents et des océans. Grâce aux calculs de Milankovitch (1941), on a pu calculer la température moyenne théorique pour une atmosphère au repos et la température effectivement observée en moyenne aux différentes latitudes. Les résultats de Milankovitch présentent des écarts remarquables des températures entre les Régions polaires, les régions équatoriales et les régions tempérées. Selon lui, les températures des Régions équatoriales sont supérieures à celles des Régions polaires à cause de la circulation atmosphérique générale. Cette circulation générale résulte à son tour de la succession des circulations locales des vents des terres et des mers, ainsi que celles des vents catabatiques. Les types de circulations (générale et locale) ont pour résultats la succession en un même point des masses d'air de propriétés différentes, acquises au cours de leur histoire récente. Il est à noter que le climat d'une Région ou d'un lieu donné est influencé par cette circulation. La fréquence relative des masses d'air transportées en un point donné, la durée de leur présence, leurs alternances constituent un des facteurs importants du climat en ces lieux.

✚ Le **phénomène « El Niño »** est un courant marin chaud, se formant de part et d'autre de l'équateur géographique, principalement dans l'océan Pacifique Est. Il se déroule généralement entre 2 et 5 ans, et est caractérisé par une élévation anormale des températures océaniques de surface, affectant le climat terrestre de plusieurs régions du monde, notamment l'Amérique du Sud, l'Asie et l'Afrique (Encarta, 2004). Il a été baptisé « l'enfant Jésus »⁴ par les pêcheurs péruviens, El Niño engendre des perturbations climatiques lorsque les courants océaniques sont suffisamment chauds et persistants pour provoquer un bouleversement des conditions atmosphériques habituelles du Pacifique Est et Ouest et, par conséquent de la thermocline. Une fois les eaux tropicales (Pacifique

⁴ Baptisé ainsi parce qu'il survient en général à la période de Noël. Ce phénomène a été observé pour la première fois au milieu du XV^e siècle le long des côtes du Pérou.

Ouest) sont chaudes (+10°C par exemple par rapport à la moyenne), suivi d'une évaporation intense, elles provoquent une variation de la pression atmosphérique des eaux chaudes (Kandel, 2002). L'air ainsi humide, engendre de fortes précipitations en Asie du Sud-Est, en Nouvelle Guinée et au Nord de l'Australie. Le Pacifique Est se distingue par des eaux froides et une forte pression atmosphérique synonyme à un climat aride. Une fois le mécanisme est mis en place, le climat humide propre du pacifique Ouest, se dirige vers l'Est et vice versa, le climat aride de l'Est se déplace à l'Ouest. Ce déplacement du complexe climatique d'un lieu à l'autre provoque des pluies diluviennes, des cyclones en Amérique du Sud et des sécheresses en Asie du Sud-Est, en Inde et en Afrique du Sud, il provoque un bouleversement du rythme saisonnier. Les conséquences d'El Niño couvrent une grande partie de la planète à travers, les inondations, les ouragans, les sécheresses, des incendies de forêts, des pluies diluviennes, le refroidissement général de l'Afrique occidentale, de l'Extrême Orient, du Canada et du Sud-Est des Etats-Unis. El Niño se manifeste aussi par des pluies anormales, par la hausse des températures, par les glissements de terrain et par des inondations. Au-delà des menaces climatiques et environnementales que les épisodes El Niño perpétuent à travers la planète, il est utile de relever qu'ils perturbent le système d'approvisionnement alimentaire, surtout pour les pays essentiellement agricoles. Face à ces multiples caractéristiques, l'incidence du phénomène El Niño se traduit à travers ses effets transportés dans l'ensemble du globe par la modification de circulation atmosphérique. Selon la NOAA (2016), 24 épisodes El Niño d'intensités différentes ont été identifiés entre 1950 et 2015. Parmi ces épisodes, 10 sont de faible intensité (1952-53, 1953-54, 1958-59, 1969-70, 1976-77, 1977-78, 2004-05, 2006-07, 2012-13 et 2014-15), 08 sont d'intensité modérée (1951-52, 1963-64, 1968-69, 1986-87, 1991-92, 1994-95, 2002-03 et 2009-10) et 06 d'intensité forte (1957-58, 1965-66, 1972-73, 1982-83, 1987-88 et 1997-98). Les études révèlent qu'un épisode El Niño est précédé d'une phase La Niña d'intensité plus ou moins faible, et vice versa (IRD, 2015).

Le phénomène ENSO est de ce fait un bel exemple des échanges océan-atmosphère autour de l'équateur, dont l'impact sur la variation des Températures de Surface Océaniques (TSO) et des vents de surface dans la région équatoriale n'est plus à démontrer (Coëtlogon et al. 2010 et 2013 ; Moussa Diakhaté, 2015). Ainsi, les alizés intertropicaux issus de l'ENSO maintiennent en permanence les eaux chaudes dans le Pacifique Ouest, favorisant la remontée des eaux froides dans sa partie Est, le long des côtes du Pérou. La survenue progressive d'un épisode El Niño s'accompagne d'une modération de l'intensité desdits alizés, voire d'une inversion du

phénomène. Ainsi, les eaux froides vont remonter dans la partie Ouest, tandis que les eaux chaudes vont apparaître dans la partie Est. Selon l'OMM (2014), la conséquence directe de ce phénomène est l'augmentation de la température de la surface au niveau de l'océan Pacifique équatorial. L'atmosphère se réchauffe et dégage la chaleur, avec comme effet direct, une augmentation de la température globale de l'atmosphère, alors qu'une tendance au refroidissement est associée aux épisodes La Niña.

Les travaux de recherche ont révélé qu'El Niño et son contraire La Niña est lié à un cycle de variations de la pression atmosphérique entre l'est et l'ouest du Pacifique, couplé à un cycle du courant océanique le long de l'équateur. Ces travaux ont montré qu'à cause de l'extension planétaire de l'océan Pacifique, le développement d'un épisode ENSO (*El Niño Southern Oscillation*) observé au Pacifique n'épargne aucune Région du globe. Balas et al (2007) démontrent que lors d'un épisode El Niño, selon son ampleur, des perturbations climatiques s'étendent entre autres Régions, de la zone allant de l'Afrique Orientale jusqu'en Afrique Centrale, dont fait partie le Cameroun.

La figure 15 ci-dessous présente l'évolution des TSO, et de leurs anomalies lors d'un épisode de forte intensité. Il s'agit là de l'un des épisodes El Niño (de 1997/1998) les plus remarquables des 70 dernières années. Ses répercussions ont été planétaires.

- un déficit pluviométrique en Australie orientale, en Indonésie, en Inde, aux Caraïbes, au Nord du Brésil, en Afrique australe, etc. ;
- des tempêtes tropicales en Polynésie française ;
- un excédent pluviométrique sur la côte ouest de l'Amérique du Sud, dans le nord de l'Argentine et en Uruguay, en Afrique de l'Est équatoriale, dans les îles du centre du Pacifique tropical et dans le sud des États-Unis, avec un risque élevé d'inondations et de glissement de terrains.

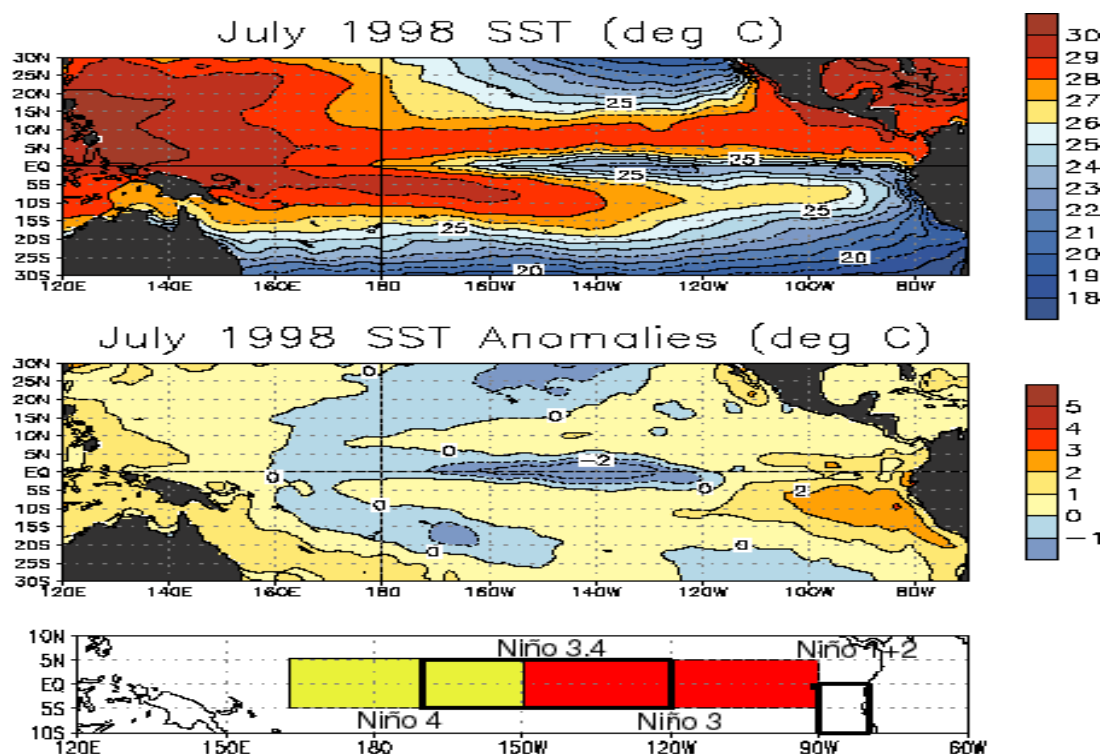


Figure 15 : Température de Surface Océanique (TSO) pendant l'épisode El Niño du mois de juillet 1998

Source : NOAA, 1998

- À la dissipation de l'épisode El Niño de 97/98, ont succédé des conditions d'occurrence d'un épisode La Niña vers la fin du premier semestre 1998 sur l'Océan Pacifique tropical. Celui-ci s'est accompagné d'un épisode de « froid » dès le mois de mai, suite à une diminution extrêmement rapide des TSO. Cet épisode de froid s'est accompagné sur le bassin Caraïben et l'atlantique du Nord Est entre autres :
- d'une période humide relative sur la Caraïbe et une saison des pluies marquées. La saison des pluies 98 est bien marquée de juillet à octobre tant en Martinique qu'en Guadeloupe avec des excédents pluviométriques de l'ordre de 20 à 40 % ;
- d'une activité cyclonique très forte à partir de fin du mois d'août 1998. Un total de 13 phénomènes cycloniques baptisés sur la vaste zone Atlantique, dont 04 Tempêtes Tropicales et 09 Ouragans dont 4 d'origines strictement "cap-verdienne" ont été observés.

Par ailleurs, les travaux de Météo France (2016) démontrent que la température de la surface océanique (TSO) au niveau de l'océan Pacifique varie d'une saison à l'autre et d'un point à l'autre tout au long de l'année. La figure 16 montre qu'en fonction des intensités d'un épisode El Niño, la variation des champs de températures (TSO) au cours de l'année (figure 16a)

s'accompagne d'une forte variation de la pression atmosphérique (figures 16b et c), moyennées en longitude (et/ou en latitude). On remarque à la figure 16a que les épisodes El Niño s'accompagnent d'une augmentation considérable de la température, avec des anomalies dont les records atteignent $+3^{\circ}\text{C}$ au Pacifique équatorial. À l'opposé, lesdits épisodes s'accompagnent d'une diminution de la pression atmosphérique dans ces mêmes Régions, avec des valeurs minimales qui atteignent 1012Hpa aux mois de janvier et de juillet, lors de l'épisode de 2015.

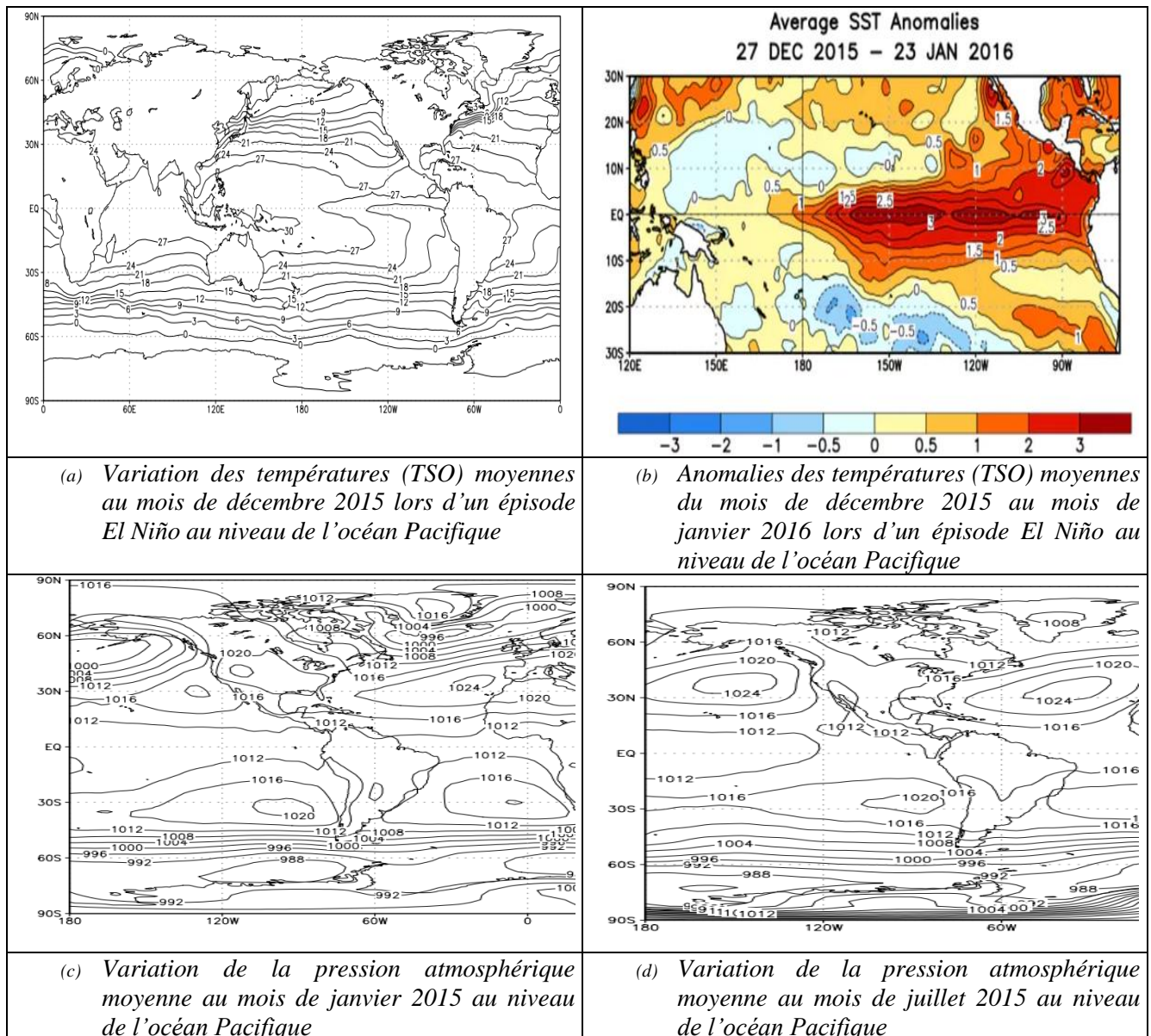


Figure 16 : Températures moyennes et pression atmosphérique moyenne au niveau de l'océan pacifique

Source : Météo-France (2016)

La Niña est un courant marin froid, un phénomène climatique inhabituel qui se déroule généralement tous les 2 à 7 ans, au niveau du Pacifique équatorial et particulièrement sur les

côtes de l'Amérique Latine. Il est caractérisé par la remontées des eaux froides des profondeurs vers la surface (Upwelling)⁵ (Fig. 17).

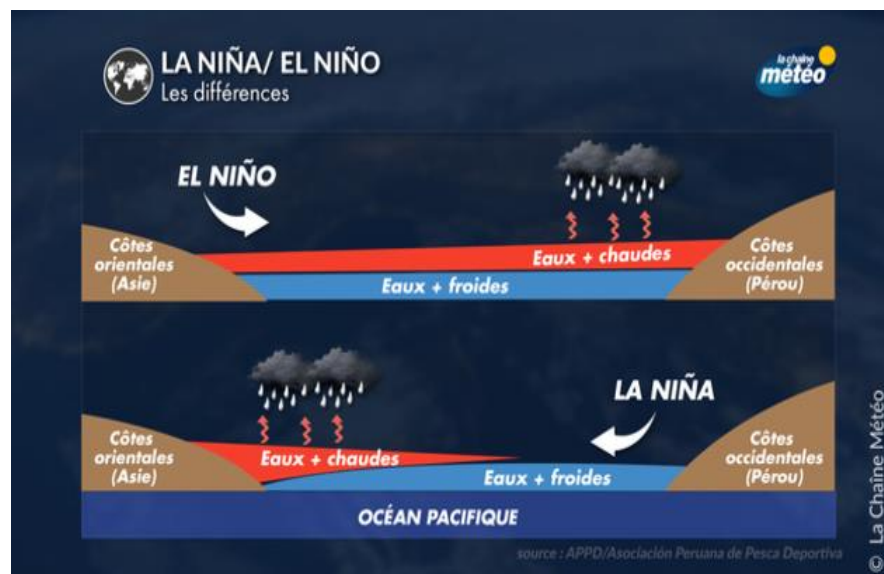


Figure 17 : Phénomène El Niño/La Niña au niveau du Pacifique équatorial.

Source : APPD/Association Peruana de Pesca Deportiva

Le **Front Inter Tropical (FIT)** est une zone de basse pression qui s'étend de l'Afrique de l'Ouest en l'Afrique de l'Est, passant par l'Afrique Centrale. Il ne traverse généralement pas l'équateur géographique. Le FIT subit l'influence de nombreux centres d'action atmosphériques, notamment celui des anticyclones de l'île Sainte-Hélène, des Açores, des Mascareignes, de Libye, des dépressions australes, sahariennes, voire asiatiques. Les activités de ces centres d'actions atmosphériques sont à l'origine respectivement des vents secs d'Est d'origine continentale, des deux principaux vents soufflant du Nord-est vers l'Ouest et le Sud-Ouest (l'harmattan), et des vents d'origine marine soufflant du Sud-Ouest vers le Nord-Est (la Mousson) en Afrique centrale et occidentale. Il est compris entre les deux tropiques, et soumis à divers climats. Selon Boukaram (2008), le FIT se déplace sur une bande latitudinale tout au long de l'année. Il se situe un peu plus au Nord de la côte Guinéenne en février, alors qu'entre juin et septembre, il atteint la position la plus au Sud, au tour de 20°N.

Au niveau du Cameroun, deux critères permettent d'identifier la position du FIT : un critère dynamique basé sur l'inspection des champs de vents, qui correspondent à une zone de calme thermique issu des deux principales masses d'air de qualité différente, qui entrent en contact dans certaines zones du pays, créant des zones de transition, le long desquelles les

⁵ Cette Upwelling affecte en général la circulation globale de l'atmosphère, avec des conséquences planétaires telles que la modification des régimes des vents, de la pluviométrie, apparition des situations météorologiques extrêmes, tels que les inondations, les sécheresses extrêmes, etc.).

différents éléments météorologiques (température, humidité, vents, ...) subissent des variations permanentes. Le FIT africain comprend une branche maritime, et une branche continentale africaine. Dans son mouvement permanent entre les deux hémisphères, le FIT africain migre de deux manières très distinctes selon le secteur où il se retrouve, ainsi deux branches sont observables, la branche Est et la branche Ouest.

En été et en hiver, la branche Est migre entre 45°N de latitude à l'hémisphère Nord et la 10°S de latitude à l'hémisphère Sud. Cette partie du FIT africain couvre une grande superficie. La branche Ouest couvre une surface moindre que la branche Est du front intertropical Africain. Contrairement à la branche Est, la branche Ouest ne traverse pas l'équateur géographique. Elle se cantonne entre 2 et 40°N de Latitude de l'hémisphère Nord tout au long de l'année. C'est dans cette zone que la pluviométrie est l'une des plus importantes du monde, avec comme point culminant la localité de Debundscha au Cameroun, qui a un régime pluviométrique annuel compris entre 9-12 m, car plus arrosée par la mousson occidentale africaine.

Deux principales masses d'air atteignent le Cameroun selon la température, l'humidité, la stabilité et le lieu de naissance :

- la masse d'air tropicale maritime, qui provient des zones subtropicales océaniques après un long séjour sur les océans;
- la masse d'air tropicale continentale, qui découle des régions chaudes des continents principalement des zones telles que le Sahara.

Il existe d'autres catégories de masses d'air toutes aussi importantes, qui jouent un rôle spécifique, notamment la masse d'air équatorial et la masse d'air sahélienne, qui ont un centre d'action très restreint et très localisé. Ces masses d'air participent pour l'essentiel dans la dynamique climatique des localités situées tout autour des zones qu'elles affectent.

Le front en altitude est caractérisé par la densité élevée des masses d'air. Il est situé en hauteur, constitué de deux masses distinctes : la mousson et l'harmattan. Dans la plupart des cas, **l'air froid et dense** est majoritaire au sol.

Le front au sol, caractérisé par un air relativement chaud et moins dense. Il est situé au voisinage du sol, et est constitué des mêmes masses distinctes.

Dans la zone Soudano-sahélienne, la différenciation entre les saisons est fonction des variations pluviométriques, créant ainsi une saison sèche et une saison humide à durée variable. Cette zone connaît chaque saison, le passage du front intertropical, marqué par la présence d'une surface idéale qui est le point de contact des masses d'air convergentes.

Le tableau 2 présente les caractères des fronts chauds en zone tropicale. Il ressort de ce tableau que le caractère du front varie en fonction de son passage. La pression et la température ne sont pas constantes, et n'évoluent pas dans le même sens avant, pendant et après le passage du front. Le passage du FIT est généralement précédé d'une diminution de la température et de la pression barométrique. À l'opposé, le passage du Front s'accompagne d'une diminution de la pression, tandis que la température augmente. Après le passage du Front, la température continue de croître, tandis que pour la pression atmosphérique, deux situations peuvent se présenter, soit elle reste stable, soit elle augmente graduellement.

Tableau 2 : Caractères des fronts chauds

	A l'avant du front	Sur le front	Après le front
Nuages	Passage de Cirrus. Couches de stratus et cumulus faisant suite (altostratus, altocumulus)	Epais nuages de pluie (nimbostratus)	Dissipation des nuages
Pression atmosphérique	↘	↘	⇒ Parfois ↘
Vents	Sud-Est à sud	Sud, fraîchissant	Sud-ouest à ouest, frais et plus chauds
Température	↘	↗	↗
Visibilité	De plus en plus mauvaise	mauvaise	Amélioration continue
Temps	Ciel très gris, pluies légères	Très nuageux, averses	Parfois éclaircies, pluies qui vont en faiblissant

Source : Alertes Météo, 2018

La **Zone de Convergence Intertropicale (ZCIT)** est la région équatoriale où se rencontrent les alizés du Nord et du Sud ; les grains y sont très fréquents, et constituent ce qu'on appelle "pot au noir" ou encore zones de calmes équatoriaux.

Les types de masse d'air en Afrique centrale. Plusieurs types de vents participent à la circulation atmosphérique générale. Au niveau de la zone tropicale, il existe deux principaux types de vents, le vent au sol et le vent d'altitude influencé par la rotation de la terre, sous l'influence de la force de Coriolis. Dans la zone tropicale, il existe trois principaux types de mouvements atmosphériques.

Les **mouvements de petite échelle** sont encore appelés "vents locaux", les mouvements de petite échelle couvrent de petites distances comprises entre 10 et 500 km, générés par la topographie du territoire et des vents à grande ou moyenne échelle. Ces vents sont entre autres les brises, la tramontane, le foehn, le mistral, le suroît, le vent d'autan et plus rarement le sirocco ;

Les **mouvements de moyenne échelle** sont encore appelés « perturbations cycloniques », les mouvements de moyenne échelle sont générés par les différences de réchauffement entre la terre

et la mer. Leur champ d'action se situent entre 500 et 1200 km, et sont à l'origine des moussons et des cyclones subtropicaux.

La **mousson** est un vent saisonnier caractéristique des régions asiatiques, qui souffle en été des océans vers les côtes, et dans le sens contraire en hivers. Il est générateur de fortes pluies, et est parfois à l'origine de catastrophes naturelles surtout au sud de l'Asie, plus particulièrement en Inde, au Bangladesh, en Birmanie, en Thaïlande et aux Philippines. A grande échelle, on l'assimile au phénomène de brises, qui émane d'un basculement de la pression atmosphérique d'une saison à l'autre. Pendant l'hiver dans l'hémisphère Nord, un air sec et dense détermine une puissante zone anticyclonique en Sibérie. De forts vents du Nord-Est soufflent vers la mer, ce sont les moussons sèches. En été, la terre se réchauffe plus rapidement que la mer, ce qui conduit à l'affaiblissement de l'anticyclone. Alors se développe une dépression qui attire des vents marins du Sud-Ouest, qui s'accompagnent de très fortes pluies, qu'on appelle moussons humides. Sauf dans des situations inhabituelles ou les pluies sont peu importantes, la mousson apparait presque chaque année, et s'accompagne souvent de conséquences catastrophiques pour les activités fortement dépendantes des précipitations.

Le **Jet Est Africain** est une composante importante de la circulation atmosphérique en Afrique (figure 18). Ses ondes sont en relation avec l'activité convective et les précipitations sur toute la bande côtière de l'Afrique tropicale, à environ 3 000 mètres d'altitude. Selon Fontaine (1991), le diagnostic de la mousson pluvieuse Ouest africaine prend en considération la variabilité intrinsèque du climat (notamment de la pluviométrie), ainsi que les relations que ces fluctuations entretiennent avec le système océan-atmosphère. Le Jet d'Est Africain (JEA) est une onde caractéristique de la circulation de la moyenne troposphère (entre 600 et 700 hPa), localisée entre la Mer Rouge (50°E) et l'Atlantique Est. (40°W), soit sur près de 10 000 km. Ce courant s'observe pendant toute la période de mousson d'été, de fin avril à fin octobre. En hiver, il s'établit le long de la côte africaine (5°N) mais devient trop faible (10kt) pour conserver son appellation de JEA. Il prend naissance sur la Mer Rouge et disparaît sur l'Atlantique Ouest en régime de pré-mousson (mai-juin) et de retrait (fin août à octobre), le JEA se situe vers 10°N; en régime de mousson (juillet-août), il se situe vers 15°N.

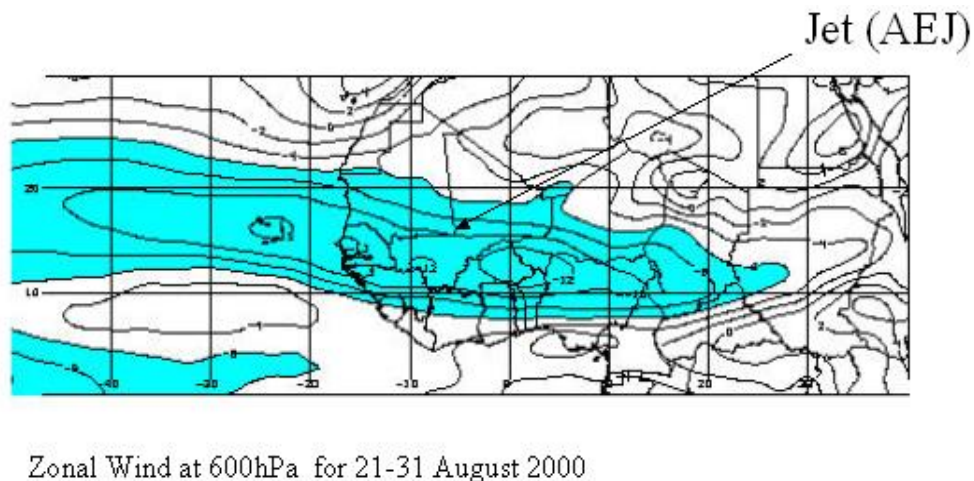


Figure 18 : Mousson d'Afrique de l'Ouest : Jet d'Est Africain (JEA)

Source : Thorncroft, 2001

- **Les alizés** sont des vents constants de vitesse moyenne d'environ 20 km/h qui soufflent généralement des zones subtropicales de hautes pressions vers l'Équateur (Leroux, 1973) (tableau 3).
- **Les cyclones**, encore appelé ouragans au niveau de l'Atlantique Nord et du Pacifique Est, sont de fortes perturbations atmosphériques, liées à des dépressions, qui touchent fortement les régions tropicales. Les cyclones s'accompagnent de tourbillons, de faible pression au centre, sur un diamètre compris entre 500 et 1000km (Sinclair, 1997). Ils peuvent atteindre des dimensions plus importantes, c'est le cas du typhon observé dans le Pacifique en 1979, qui avait un diamètre de près de 2200 km. Les cyclones provoquent à peu près 20% des dégâts et de la mortalité dus aux phénomènes naturels dans le monde. Les recherches actuelles permettent de prédire avec un maximum d'incertitude, leur intensité et leur trajectoire.
- **Les mouvements atmosphériques** de grande échelle ou vents planétaires de haute altitude se retrouvent au niveau des hautes altitudes. En effet, l'absence de frottements liés au sol fait en sorte que la vitesse de ces courants devient puissante et régulière. Ainsi, selon Sanchez (2001), Sanchez-Lavega (2011), trois types de courants appartiennent à ces groupes des vents : les courants occidentaux ; les courants orientaux et les courants-jets.
- Les **courants occidentaux** se déplacent d'Ouest en Est, à 5000 m d'altitude. Leur vitesse s'intensifie au fur et à mesure que l'altitude augmente, elles enregistrent leur maximum dans la zone tempérée, mais elle diminue vers la zone équatoriale ;
- Les **courants orientaux** soufflent d'Est en Ouest, dans une large zone comprise entre le tropique du cancer et celui du capricorne ;

- Les **courants-jets** sont les plus rapides, ils proviennent des courants occidentaux des zones tempérées. Situé à une altitude entre 6000 m et 12 000 m, ces mouvements d'air très rapides parcourent des milliers de kilomètres avec des pointes de vitesse pouvant atteindre les 500 km à l'heure. Leur trajectoire est sinusoïdale et circule sous les zones de dépression et au-dessus des anticyclones se trouvant à la même latitude. Il y a deux principaux courants-jets sur le globe: le subtropical, entre 25 et 30°N de latitude, provoqué par hautes pressions subtropicales et polaire, entre 45 et 60°N de latitude. Ces courants ne sont pas réguliers et ne suivent pas la même direction au cours de l'année. En été, ils ont tendance à se déplacer vers le pôle, et en hiver ils prennent la direction de l'Équateur. En raison de leurs caractéristiques atypiques, ils sont souvent responsables d'effets climatiques exceptionnels comme les vagues de froid et les canicules.

Le tableau 3 ci-dessous présente les types de vents planétaires rencontrés dans le monde.

Tableau 3: Les types de vents planétaires rencontrés dans les différentes régions du globe.

Nom du vent	Pays, Région, zone	Type de vent
Blizzard	Amérique du Nord	Tempête de neige par arrivée d'air froid
Cardonazo	Amérique centrale	Cyclone tropical
Vents étiésiens	Méditerranée orientale	Vents secs réguliers, en été, du nord au nord-ouest
Chamsin	Egypte	Vent du désert de sud-ouest
Harmattan	Sahara, Haute Guinée	Vent du nord sec chargé de sable (partie des alizés)
Foëhn	Alpes	Vent rabattant chaud
Hurricane	Ouest de l'Inde	Cyclone tropical
Ouragan de l'Île Maurice	Océan indien	Cyclone tropical
Mistral	Midi de la France	Vent rabattant froid
Mousson	Asie du sud, région ouest africaine	Système de vents terrestres et marins
Alizés	Régions tropicales	Système planétaire
Simoun	Afrique du Nord	Vent de sable
Ouragans des mers du Sud	Pacifique sud	Cyclone tropical
Cyclones	Amérique du Nord, Afrique occidentale	Grandes tornades tempêtes
Trombes	Tous pays	Tourbillons locaux
Typhon	Mers de Chine et du Japon	Cyclone tropical
White squalls	Ouest de l'Inde	Vent rabattant
Willy-willies	Australie	Cyclones tropicaux
Scirocco	Afrique du Nord	Vent rabattant chaud et sec du sud
Tornades	Tous les pays	Tourbillons de quelques centaines de mètres à quelques kilomètres de diamètre
Trombes d'eau	En mer	"tornades" sur mer
Courants-jets (jet-stream)	Entre la troposphère et la stratosphère (10 000 m)	Vents très rapides (jusqu'à 350km/h) résultant du fort contraste thermique existant à cette altitude

Source : Pierre Camberlin, 2010

Le tableau 4 présente la mobilité des masses d'air tropicales, leur comportement dans leurs lieux de départ et d'arrivée, ainsi que le type de temps qu'ils apportent. Les travaux d'Adjon Kouassi

(2010) identifient le type de nuages correspondant et le type de pluviométrie issu des forçages exercés par les TSO.

Tableau 4: Mobilité des masses d'air tropicales et les types de temps en zone tropicale.

Vent	Au départ de la masse d'air	A l'arrivée de la masse d'air	Nuages	Précipitations	Visibilité	Temps	Direction du vent
Tropical continental	Stable; très sec et très chaud	Stable et sec; effet de foehn en montagne	Stratocumulus, altocumulus	Aucune	7 à 8 km	Beau	Sud ou Sud-Est
Tropical maritime	Chaud et stable; humide à la base, sec en altitude	Chaud et très humide	Stratus sur terre, brouillard en mer	Bruine en hiver	Médiocre	Mauvais en hiver; assez beau en été	Sud-ouest

Source : Adjon Kouassi, 2010

La circulation des masses d'air. Deux modes de circulation influencent la dynamique des masses d'air et le climat en Afrique Centrale et au Cameroun. La circulation de Hadley et la circulation de Walker.

La circulation de Hadley

La circulation de Hadley se produit entre l'équateur et les latitudes tropicales. Elle commande le type de temps et les climats en Afrique Centrale et intervient dans les basses couches proches de la surface, sur plusieurs kilomètres d'altitude. Les alizés (vents d'Est) convergent vers l'équateur en provenance des deux hémisphères (figure 19).

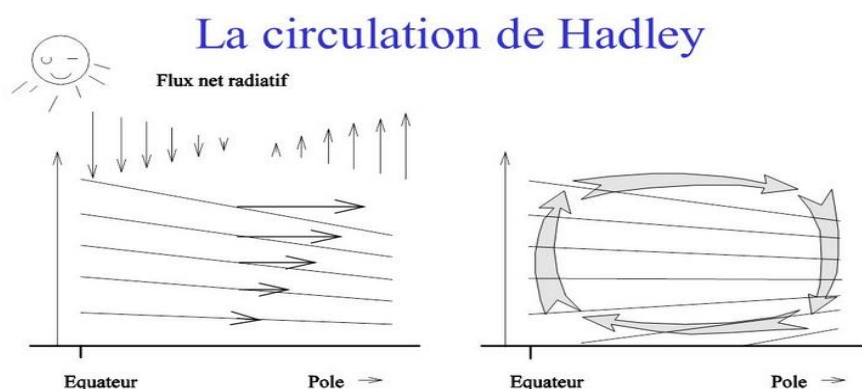


Figure 19 : Représentation schématique de la cellule de Hadley

Source : Hourdin, 2013

Entre les tropiques dominent les alizés qui sont des vents d'Est réguliers et constants. Très chauds et secs, ils peuvent se charger d'humidité après de longs parcours océaniques (Hourdin, 2013). Les alizés du Nord-Est de l'hémisphère Nord et du Sud-Est de l'hémisphère Sud convergent l'un vers l'autre et forcent l'air à s'élever dans la Région équatoriale. Les Régions équatoriales constituent donc une zone de basses pressions. Les masses d'air humide soulevées

par la convergence génèrent des nuages de type cumulonimbus et des précipitations intenses. À la tropopause, vers 15 km d'altitude, ces masses d'air qui ont perdu une grande partie de leur humidité sous forme de précipitations, divergent et finissent par redescendre jusqu'à 30°N. Lors de cette subsidence, l'air se réchauffe et son humidité relative diminue : les précipitations sont donc fortement ralenties. Les Régions subtropicales ont donc un régime anticyclonique, générateur d'un climat chaud et sec : c'est là que l'on retrouve la ceinture des grands déserts, tant dans l'hémisphère Nord que dans l'hémisphère Sud. Le contact entre les zones anticycloniques tropicales et la dépression équatoriale est à l'origine des alizés cités plus haut. Ces boucles de circulation forment les cellules de Hadley.

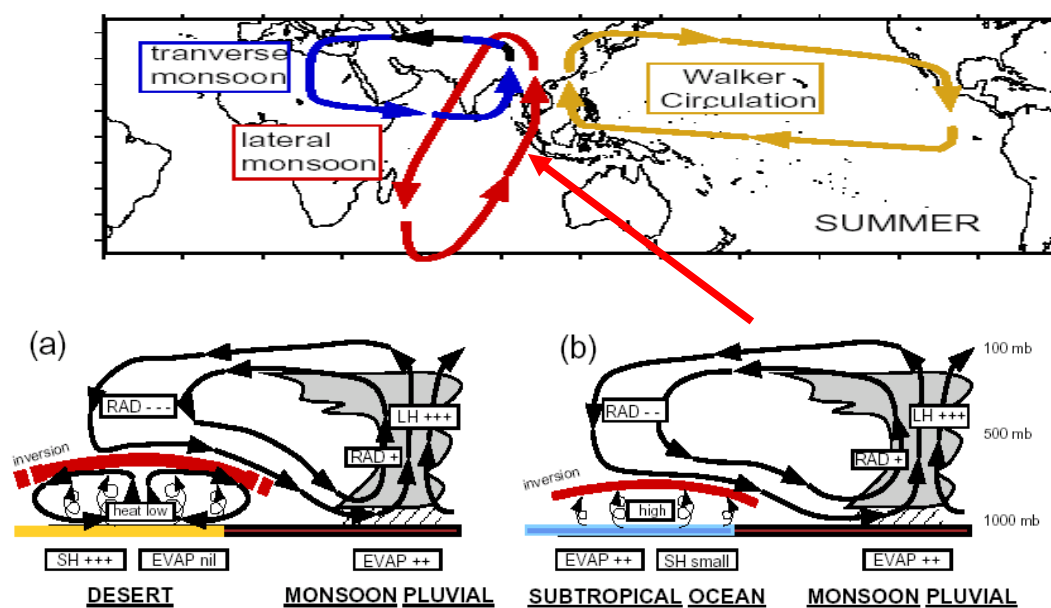
La circulation de walker

La mousson est synonyme de saison des pluies, l'un des éléments qui, avec les nuages, présentent la plus grande variabilité temporelle et spatiale du climat tropical (Guichard et al, 2013). Liées à la géographie, cependant, toutes les régions tropicales ne sont pas concernées par la mousson au sens strict du terme, c'est-à-dire l'alternance de saisons sèche et humide et un renversement des vents dominants. Le climat de l'Afrique tropicale est influencé par la mousson Ouest Africaine qui conditionne les ressources en eau et énergie, l'agriculture et la santé.

Suivant le sens des méridiens et des parallèles (qui sont des cercles reliant tous les lieux et situés sur la même latitude), la circulation générale de l'atmosphère en Afrique Centrale est sous la commande entre autres de la cellule de Walker et des spécificités géographiques locales (figure 20). Les méridiens sont les demi-cercles imaginaires de la surface terrestre qui joignent les deux pôles (nord et sud), on les définit également comme l'intersection avec la surface de la Terre des demi-plans imaginaires délimités par l'axe Nord-Sud autour duquel la Terre tourne sur elle-même.

La circulation de Walker caractérise la boucle atmosphérique organisée en cellule le long de l'équateur dans l'océan Pacifique. À ce niveau, l'océan reçoit le maximum d'énergie solaire, donc de chaleur disponible. Les alizés qui convergent vers l'équateur, mettent en mouvement les masses d'eaux chaudes d'Est et Ouest. Limité par les côtes, ce transport induit la formation d'une piscine d'eau chaude (*warm pool*). L'accumulation d'eau chaude à l'ouest du bassin génère un excédent de chaleur qui sera redistribué dans l'atmosphère par évaporation. C'est la zone convective de la circulation de Walker. La vapeur d'eau échangée de l'océan vers l'atmosphère va se condenser en altitude, en raison d'une chute de la température dans la haute atmosphère. Les vents d'altitude sont d'ouest, ils transportent donc l'accumulation d'eau condensée vers l'est (Webster et al, 1998). Durant ce transport, l'air s'assèche et génère la branche ascendante de la

cellule : la zone de subsidence. La figure 16 présente les connexions entre mousson asiatique et mousson africaine.



SH pour flux de chaleur sensible, LH pour flux de chaleur latente, Rad pour rayonnement, EVAP pour évaporation. Les + et - représentent le signe des processus et leur intensité.

Figure 20: Connexions entre mousson asiatique et mousson africaine

Source : Webster et al, 1998

Un modèle climatique est la représentation simplifiée du climat et son évolution dans le temps. Il se fait sur la base des équations mathématiques appliquées à une sphère en rotation. Comme le climat est complexe, le modèle climatique prend en compte un nombre fixe de variables qui lui permettent de se rapprocher plus ou moins de la réalité. Cependant, la prise en compte d'un grand nombre de variables rallonge le temps de calcul, ce qui oblige à faire recourt à des supers calculateurs. La modélisation vise surtout à calculer les conditions initiales du comportement du système climatique connues ou celles des paramètres climatiques tels que la température, le rayonnement solaire, l'humidité, etc., et les fait évoluer en suivant le formalisme mathématique.

Pour faire une représentation simplifiée d'une réalité, la modélisation s'appuie sur des hypothèses de base, qui sont des explications anticipées, des affirmations provisoires qui décrivent ou explique un phénomène. Elle est une prédiction qui met en relation une variable et un comportement. Cette prédiction peut naître soit de l'observation, soit de données précédemment collectées, soit d'une théorie qu'elle va tenter de valider. Elle s'exprimera alors sous la forme suivante : « si telle théorie est juste dans telle situation il se produira tel phénomène ». Une bonne hypothèse est une prédiction précise qui peut être opérationnelle et simple. La figure 21 ci-dessous est un schéma opérationnel d'une modélisation climatique.

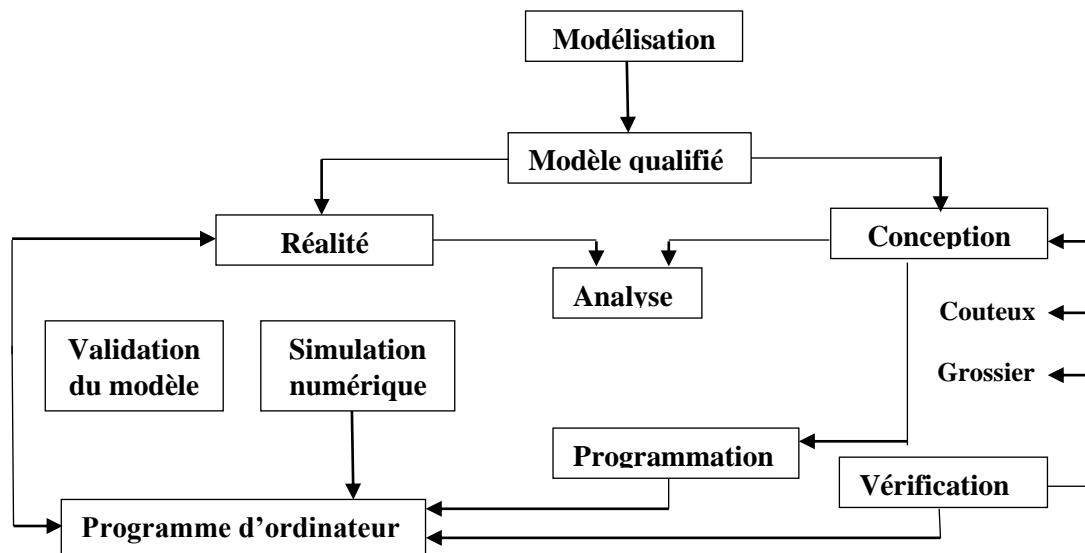


Figure 21: Schéma opérationnel d'une modélisation

Réalisateur : Auteur

Pour mieux modéliser le climat, il est nécessaire de comprendre les étapes qui sont prises en comptes. La figure 22 présente ces différentes étapes, la description de chaque étape est donnée par le graphique ci-après :

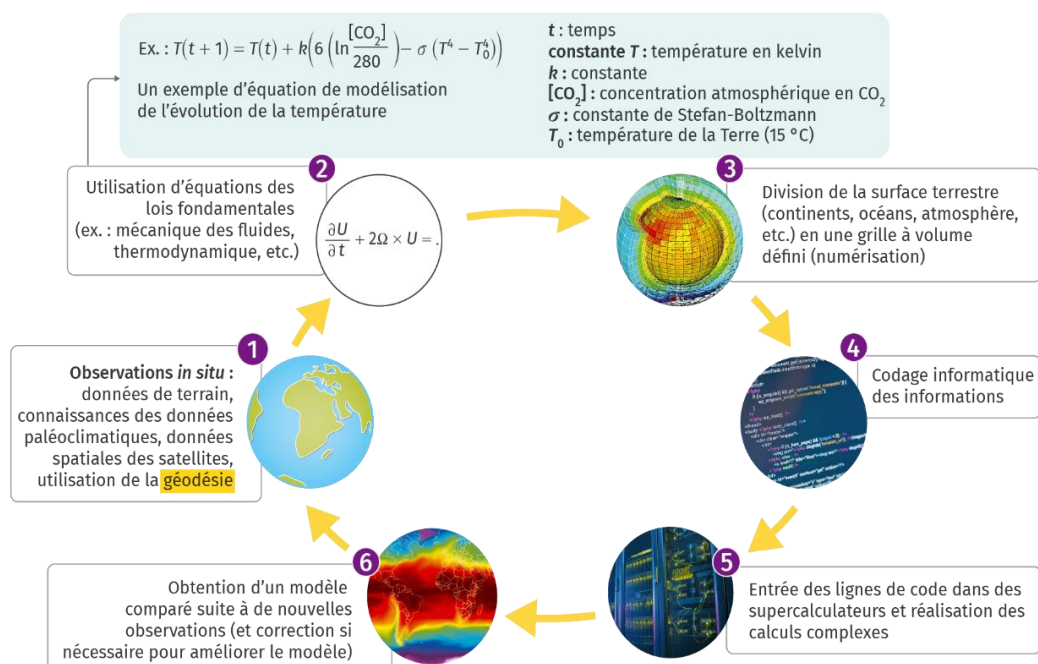


Figure 22: Principales étapes de la modélisation

Source : Cattiaux (CNRS), 2019

Un système climatique est défini comme un système thermodynamique, composé d'éléments interconnectés, en interaction et alimenté en quasi-totalité par le rayonnement solaire incident au sommet de l'atmosphère (actuellement $\sim 342 \text{ W/m}^2$ en moyenne spatiale et annuelle). C'est un ensemble composé de : l'atmosphère, la lithosphère, la cryosphère, l'hydrosphère, la biosphère

en interaction permanente et alimenté en énergie par le rayonnement solaire incident au sommet de l'atmosphère.

Une projection climatique est une simulation climatique visant à estimer la réponse du système climatique à travers des scénarios de forçages externes (émission de gaz à effet de serre, aérosols, etc...).

Les prévisions numériques font référence aux prévisions effectuées par un ordinateur. Elles sont fondées sur les lois physiques qui gouvernent l'évolution de l'état de l'atmosphère. Toutes ces lois sont représentées par des équations mathématiques manipulées par l'ordinateur qui a la capacité de faire des calculs avec une grande rapidité. La prévision numérique est le principal outil employé par les météorologistes pour anticiper l'évolution du temps qu'il va faire. L'anticipation du temps qui devient un enjeu majeur pour l'évolution du monde. Aujourd'hui, avec des moyens technologiques avancés et des connaissances, les scientifiques sont capables de modéliser le fonctionnement du système climatique et de prévoir son évolution sur plusieurs décennies.

Un calendrier climatique est un outil d'aide à la prise des décisions dans les différents domaines qui dépendent fortement du climat (dans le domaine agricole, on parlera de calendrier agricole). Le calendrier agricole par exemple met à la disposition et à temps, des informations les plus importantes sur les activités champêtres (périodes de préparation des champs, dates des semis, d'entretien, de traitement phytosanitaire. de récolte, etc.), pour la promotion de la production agricole locale.

Une zone agro écologique est une unité géographique définie en termes de climat, de géomorphologie et de sols, et/ou du couvert végétal et possédant un éventail spécifique de potentiels et de contraintes pour l'utilisation des terres. Le Cameroun en compte cinq (Soudano-Sahélienne, Hautes Savanes Guinéennes, Forestière à pluviométrie Bimodale, Hauts Plateaux, Forestière à Pluviométrie monomodale).

8. CADRE THÉORIQUE

8.1. La théorie du chaos et la théorie de la complexité au centre des démarches en climatologie

C'est le physicien météorologue Américain Lorenz (1972) qui évoque pour la première fois la théorie du chaos en convoquant les fameuses imprécisions (effet papillon) des calculs météorologiques prévisionnels. L'« effet papillon » est une expression qui résume le phénomène de sensibilité aux conditions initiales dans la théorie du chaos. Elle est abordée par Lorenz par la question suivante, comment «un simple battement d'ailes d'un papillon peut-il déclencher une

tornade à l'autre bout du monde ?». De toutes petites bêtes peuvent créer selon Lorenz des catastrophes énormes comme une tornade, un ouragan, un tsunami ou un tremblement de terre. Les climatologues se sont inspiré de l'« effet papillon » pour orienter leur recherches dans le domaine de la prévision météorologique une échéance fixe, comme c'est le cas avec les modèles numériques prévisionnels couramment utilisés en météorologie. Selon cette approche, les prévisions ne peuvent être élaborées qu'à un moment précis, avec des valeurs précises qui alimentent le modèle. Ces valeurs décrivent l'état de l'atmosphère au moment de lancement de la prévision. Ces conditions atmosphériques sont admises avec une plus ou moins grande imprécision qui est due plus aux imperfections de l'analyse objective qu'aux erreurs, aux retards ou à la faible densité des observations attendues à l'instant de la prévision. Une erreur aussi minime soit-elle qui s'infiltré dans le modèle, peut d'une manière ou d'une autre influencer le résultat attendu. Les différences entre les résultats obtenus à partir des conditions initiales modifiées ou non, au point que pour certains états initiaux, le modèle semble apporter dans les deux cas au système d'équations qu'il résout, deux groupes de solutions totalement différents. C'est ce constat que l'on appelle l'effet papillon.

Les calculs mathématiques prévisionnels utilisés par Lorenz, se limitent à des prévisions à court terme, n'offrant aucunement des possibilités de prédire le temps sur le long terme, trop sensibles aux causes des phénomènes. Pour cela, Allègre (2010) va s'en prendre aux relations de causalité, en soulignant que « les relations de cause à effet ont changé : "le monde est non linéaire" et le détail peut engendrer la catastrophe ». Il poursuit son propos en soulignant qu'il « croyait que la complexité pouvait se décomposer en unités élémentaires, or seule l'approche globale est pertinente ». C'est bien du déterminisme « de la nature » qui est mise en scène, lorsqu'il convoque les notions de « chaos déterminisme », il reconnaît toute l'impuissance de la science, qui face aux effets de seuil, introduit des notions telles que « variabilité, changement, fluctuation, instabilité, désordre ou indétermination », concepts qui échappent très souvent aux calculs mathématiques conventionnels, dont à des scénarios multiples, dans un contexte où les phénomènes naturels sont mues par de fortes bifurcations relationnelles. Toutes les transitions des phases, les seuils critiques, les instabilités impliquent un degré plus ou moins grand d'indétermination, sensibles à des variations infimes.

8.2 La théorie des systèmes et les principes de la complexité

L'économiste Pareto (1906) introduit la notion de théorie systémique en économie politique. Mais la théorie systémique commence surtout avec Wiener (1948) qui dans le traité « *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine* », propose pour la première fois d'élever l'idée de la boîte noire au rang de concept instrumental de la modélisation

scientifique. L'intérêt de cette évolution commence avec Descartes (1596-1650), fondée sur le postulat de la causalité. Selon son analyse, les phénomènes du monde peuvent être expliqués par un enchaînement de causalités. Si un phénomène apparaît d'abord comme un système complexe, il suffit de le décomposer en plusieurs enchaînements de causalités.

À cause des imprécisions théoriques au cœur de la théorie du chaos, le sociologue contemporain Morin (1982) propose un changement de paradigme, en passant de la « théorie du chaos » à la « théorie de la complexité ». L'innovation étant de « vouloir considérer comme un tout, les interactions (et rétroactions), dans leurs aléas et incertitudes ». Le concept de complexité, étymologiquement « complexus », signifie dans le dictionnaire classique Larousse « tisser ensemble », dans un enchevêtrement de plusieurs éléments. Si le principe de la complexité est créé par Laborit, puis repris par Wiener et de von Bertalanffy (1968), qui sont les pères de la théorie générale des systèmes, c'est bien Morin dans son livre *Science avec conscience* (1982), qui formule les bases théoriques de la pensée complexe. Selon lui, pour comprendre le monde, il faut associer les principes antagonistes d'ordre et de désordre, en y adjoignant celui d'organisation. Morin oppose la complexité désorganisée et la complexité organisée. L'idée de complexité désorganisée viendrait du deuxième principe de la thermodynamique et à ses conséquences (entropie toujours croissante). La complexité organisée signifie que les systèmes sont eux-mêmes complexes, parce que leur organisation suppose ou produit de la complexité. Il y aurait donc une relation entre la complexité désorganisée et la complexité organisée. Le vrai problème selon son auteur étant celui de la séparation qui est l'une des tendances de la modernité. L'homme gagnerait mieux à apprendre à relier, car relier, c'est établir une connexion qui se fasse en boucle, donc auto productive. La connaissance doit être capable de créer des instruments, des concepts fondamentaux qui permettront de relier.

8.3. Les enjeux de la complexité en climatologie

"La climatologie" est selon Coeuré (2016) une science complexe, puisque plusieurs facteurs influencent les phénomènes climatiques et ne peuvent être appréhendés du fait de leurs complexités eux-mêmes. À cela, s'ajoute l'incapacité des modèles météorologiques à prédire le temps de façon certaine et précise. Toutefois, il existe un certain nombre de facteurs climatiques dont la causalité est liée au climat terrestre, même si une part d'incertitude demeure, et que certains sont encore étudiés ou identifiés. Dans cette quête de complexité, Gachon (2000) a identifié les facteurs internes majeurs qui peuvent influencer le système climatique global parmi lesquels : la concentration des gaz à effet de serre (CO₂, CH₄, et autres) dans l'atmosphère, la cryosphère, les êtres vivants, la végétation, qui constituent la « biosphère » ; la surface continentale, l'atmosphère elle-même associée aux océans, par leurs vents et courants qui

distribuent l'énergie solaire excédentaire des basses latitudes en direction des pôles, déficitaires. C'est dans ce sens selon lui qu'on peut parler du climat comme une « machine », où des différences de température sont converties en mouvement, dont en énergie cinétique qui est par la suite dissipée en chaleur. La complexité du climat terrestre oblige à adopter des approches intégrées mêlant physique, biologie et socio-économie. Le climat de la terre et son couplage avec les dynamiques atmosphériques et océaniques est un objet complexe dont l'analyse et la prévision ne saurait se faire autrement que par le recours à de lourds modèles numériques, les capacités de calculs des ordinateurs modernes autorisant à traiter les nombreux jeux de données requis. La complexité selon Gerhard (2018) rend la compréhension du système climatique difficile en posant un défi considérable aux climatologues en quête de meilleures prédictions. Elle est également l'une des sources de la variabilité climatique à des échelles de temps très diverses. Pour apprivoiser cette complexité, deux concepts fondamentaux sont indispensables, dont celui des forçages et celui des rétroactions climatiques.

Certains organismes de prévision météorologique déclarent que la prévision météorologique devient incertaine au-delà d'une semaine. Cela remet très souvent en cause la prévisibilité climatique aux longues échelles de temps. La question posée est celle de savoir comment peut-on prévoir l'évolution du système climatique à des échelles de temps au-delà de la semaine ? Il s'agit là d'un forçage : le rayonnement solaire incident au sommet de l'atmosphère est déterminé par un facteur extérieur au système climatique, c'est la configuration de l'orbite de la Terre et la position de son axe de rotation qui déterminent les variations saisonnières du rayonnement incident et qui forcent l'atmosphère vers un état moyen très différent entre les mois d'été et d'hiver (Cubasch et al., 2013). Il est donc possible de prédire au-delà de la semaine (du mois) comment des grandeurs statistiques qui définissent le climat réagissent à des variations des facteurs qui les déterminent (par exemple les flux radiatifs). Parfois, la réponse d'une composante du système climatique ou du climat lui-même à un forçage extérieur qui varie lentement s'accélère brutalement : on parle de changements abrupts. L'identification d'éléments du système climatique susceptibles de réagir de façon abrupte et/ou irréversible et la quantification des seuils de changement impliqués constituent des facettes de la recherche actuelle en climatologie.

8.4. Elaboration d'un modèle de prévisions climatiques au Cameroun par une approche économétrique.

Trois approches économétriques pourront servir d'éléments d'inspiration en vue de l'élaboration d'un modèle de prévision des précipitations au Cameroun. Il s'agit de l'approche fonction de production, de l'approche Ricardienne ou Hédonique et de l'approche Deschênes-Greenstone.

L'approche fonction de production

Meade (1952) fut le premier à mesurer les effets directs de l'impact d'une modification des paramètres climatiques sur certaines fonctions de production. C'est une approche expérimentale dans le domaine agricole, qui prend en compte les cultures ainsi que leurs besoins en intrants, notamment les pesticides, les herbicides, les engrais, etc. que Meade va mettre en commun à l'aide de modèles de simulation biophysique des plantes. La fonction de production permet de mesurer le mécanisme de réponse des cultures face aux réactions du climat, en observant individuellement leur comportement sur la croissance des plantes. D'autres auteurs, notamment Wylie (1996), Aschauer (1989) utilisent la fonction de production trans logarithmique pour estimer l'élasticité du capital public dans la croissance de la production et de la productivité du secteur agricole, afin de calculer les dommages causés par les perturbations climatiques sur les différentes phases de développement des cultures. Il réussira à les combiner avec des modèles économiques de choix des cultures au niveau des fermes en utilisant des outils de programmation linéaire.

L'approche Ricardienne ou Hédonique

Elle est développée par Mendelsohn et al (1994) qui utilisent une étude en coupe transversale au moyen d'une approche dite Ricardienne en mesurant directement l'influence du climat sur la valeur chiffrée des terres et des rendements agricoles. En s'intéressant au prix des terres agricoles dans différents environnements, les deux auteurs étudient les différentes stratégies d'adaptation possibles des agriculteurs. Dans le but d'évaluer l'impact de la variabilité climatique sur l'agriculture, les auteurs tels que Geniaux et al (2005), Molua et al (2007), Temesgen (2014), Garba et al (2015) utilisent l'approche Ricardienne en prenant en compte les aspects liés à l'adaptation locale. L'étude permet de régresser le revenu net agricole par hectare en prenant en considération les aspects liés au climat, au débit d'eau, le type et la qualité des sols et les variables économiques. L'étude examine des scénarios climatiques simples pour voir comment le pays réagirait au changement climatique. Les scénarii « uniformes » supposent qu'un seul aspect des changements climatiques est uniforme dans l'ensemble. Les résultats de ces recherches indiquent qu'une augmentation annuelle des quantités de précipitations aura un impact significatif sur les rendements des cultures et sur les revenus, tandis qu'une augmentation de la température causerait la baisse du revenu agricole.

D'autres auteurs tels que Cline (1996), Weber et al (2003), considèrent que l'approche Ricardienne ne prend pas en compte les aspects liés aux stratégies d'adaptation, à la composition

des sols qui peuvent limiter la migration des cultures ou la disponibilité en eau d'irrigation dans certaines localités.

L'approche Deschênes-Greenstone

Selon Deschênes et al (2007), la principale limite de l'approche Ricardienne relève des erreurs liées à la spécification du modèle qui ne tient pas compte de certaines caractéristiques non observables. Ainsi, on pourrait confondre l'impact du climat avec l'impact d'autres facteurs qui sont pourtant importants dans la détermination de la production agricole et dans la valeur des terres. La principale critique de ces auteurs est de surestimer l'adaptation aux changements climatiques.

Dans le cadre de cette étude, il est question d'utiliser l'approche Ricardienne qui est basée sur l'hypothèse de l'existence d'une relation entre les facteurs déterminants du climat observés au niveau des anticyclones subtropicaux et quantités de précipitations enregistrées dans les 10 stations régionales représentatives des 10 régions du Cameroun. Il est important d'indiquer que malgré l'importance capitale des facteurs locaux sur la dynamique du climat, ceux-ci ne seront évoqués qu'à titre indicatif et ne feront pas l'objet d'une étude spécifique.

9. REVUE DE LITTÉRATURE

❖ Facteurs globaux explicatifs de la dynamique spatiale et temporelle du climat au Cameroun

Le panel d'outils statistiques en lien avec le climat actuel a connu une nette évolution au fil des années, ce qui a permis d'améliorer les connaissances sur le comportement du climat en Afrique tropicale. Les auteurs tels que (Dempster et al., 1977), Makhuva et al. (1997a, 1997b) vont mener des études statistiques avancées sur le climat permettant aux chercheurs tels que Dunn (2004), Ines et Hansen (2006) et Schmidli et al. (2006) d'établir des liens de causalité entre le climat et les activités économiques (celles fortement tributaires des ressources naturelles) en Afrique Tropicale. Ainsi, pour construire des approches d'analyse, Marteau et al. (2009), Simolo et al. (2010) vont se pencher sur Les méthodes de régression pour estimer la forme de distribution les précipitations quotidiennes. Les régressions linéaires des séries météorologiques en Afrique de l'Est, vont permettre à Camberlin et al. (2012) d'estimer les précipitations au pas de temps mensuel.

Les méthodologies et outils empruntés dans d'autres disciplines (statistique, économie,, physique, etc.) ont permis aux chercheurs d'avoir un meilleur regard sur le comportement de certains paramètres climatiques tels que les dates de démarrages et de fins des saisons, les tendances évolutives des quantités précipitations (annuelle et/ou saisonnière), la distribution dans

le temps et l'espace des quantités de précipitations et/ou du nombre de jours de pluies, ainsi que les intensités des situations météorologiques extrêmes telles que les inondations et les sécheresses pluviométriques. Ces connaissances constituent autant d'outils majeurs qui animent la recherche actuelle dans le domaine de la climatologie.

De nombreux travaux au Cameroun se sont appesantis sur le comportement des paramètres climatiques, notamment : la température, la pluviométrie, l'humidité, l'ensoleillement, l'évapotranspiration qui sont considérés comme les principaux éléments qui influencent le plus la variabilité climatique, au moment où l'équilibre du système climatique global se sent très menacé. Les résultats de ces travaux imputent la variabilité du climat actuelle à des processus naturels internes, qu'aux facteurs externes issus du système climatique global (Suchel, 1987). Selon Tsalefac (2007), c'est le comportement de ces éléments du climat (température, vent, précipitations, etc.), qui varient effectivement à l'échelle spatiale et temporelle, ce qui confirme le caractère changeant du climat actuel. D'autres auteurs tels que Tchenga et al (2015) soulignent le fait que les études sur l'évolution du climat actuel en Afrique tropicale sont la conséquence d'une menace imputable au réchauffement climatique global de la planète. Selon lui, et pour rejoindre les thèses de Morin (1986) et Suchel (1988), la cause première de ces bouleversements, serait liée à la modification de la circulation atmosphérique, probablement d'ordre cosmique ou planétaire. Dans le même ordre d'idée, pour lever l'énigme de cette situation, Amougou et al (2013, 2014, 2015 et 2016), Abossolo et al (2014, 2015, 2016 et 2017) ont pu au même titre que les autres auteurs, identifier les centres d'actions atmosphériques des océans Pacifiques et atlantiques comme les principaux moteurs de la circulation atmosphérique, qui influencent le plus la dynamique du climat dans toute la zone du Golfe de Guinée et parfois au-delà. C'est en utilisant les méthodes de statistiques inférentielles, sur la base des corrélations réalisées sur de longues périodes (plus de 50 ans), que des inter-relations sont établies entre les différents facteurs du climat au Cameroun. Il faut préciser qu'en prélude à ces résultats, les travaux de Nicholson, Hubert et Carbonel (2000), montraient déjà une tendance à une baisse généralisée de la pluviométrie interannuelle sur l'ensemble de l'Afrique de l'Ouest et Centrale non sahélienne. En s'attardant sur le terme « sécheresse au Sud », les résultats de ces auteurs estiment une diminution comprise entre 0,2% à 0,3% par décennie de la pluviométrie sur la plupart des régions intertropicales.

Les perturbations climatiques observées en Afrique tropicale prennent leurs sources dans des phénomènes qui vont au-delà des frontières climatiques régionales ou locales, provoquant ainsi des inondations, des ouragans, des sécheresses et des incendies de forêt (Assani, 1999). Au Cameroun, la présence d'un épisode El Niño s'accompagne des inondations dans la partie

septentrionale du pays, lorsqu'il survient entre le mois de juin et d'août et d'intenses sécheresses (entre le mois d'octobre et de mai). Dans les autres localités du pays, d'abondantes pluies apparaissent pendant la saison des pluies. Ces anomalies météorologiques affectent tous les secteurs socio-économiques, notamment : l'agriculture, l'élevage, la santé, le tourisme, le commerce, le transport et la sécurité.

La présente recherche sur la dynamique du climat au niveau local est la continuité des recherches entreprises par les auteurs⁶ tels que Suchel (1983), Tsalefac (1983), Fraser & al. (1998), Ogallo et al. (1988) ; Rowell et al. (1995), Camberlin et al. (2001), Sighomnou (2003) et Marquis (2004). Ces auteurs utilisent des méthodes statistiques sur des séries de données historiques pour étudier la variabilité climatique dans certaines localités en Afrique tropicale et du Cameroun. D'autres auteurs (Nicholson, 1996 ; Suchel, 1988) associent à cette variabilité d'échelle, des effets locaux dus à la complexité des contrastes géographiques des régions. Cette situation pousse Camberlin et al (1997, 2012), Oettli et al (2005) à évoquer les effets d'exposition des pentes aux vents dominants pour les zones de reliefs⁷ ou encore le long de la côte, comme autant de phénomènes pouvant modifier les caractéristiques du climat local.

Les recherches de Nicholson (1996) ; Paturel J.E et al (1998) ; Mc Hugh et al. (2001) ; Camberlin et al. (2002) ; Sighomnou (2003) ; Mc Hugh (2004) ; Mena (2005) ; Tsalefac et al (1990, 2003, 2007, 2014), Amougou et al (2014, 2015, 2016 et 2017), Abossolo et al (2014, 2015, 2016 et 2017) s'accordent sur le fait que le climat en Afrique tropicale a connu une forte variation ces dernières décennies. Ils démontrent par là qu'il existe des liens dynamiques importants entre les anomalies des précipitations et les flux d'humidité venant de l'atlantique et/ou du Pacifique équatorial. Ils concluent que le 20^{ème} siècle aura été marqué par une tendance générale à la hausse des TSO, avec un pic important dans l'hémisphère nord.

Pour des besoins d'optimisation de la performance économique des pays d'Afrique, fortement tributaires des ressources naturelles, Glahn et al (1972), Ducroc (1997) évoquent un besoin impératif en outils de prévisions et de projections climatiques, qui présentent un intérêt crucial en termes d'anticipation aux risques. Par ailleurs, le développement de nouvelles méthodes de prévision climatique est étroitement lié à l'essor en temps réel des moyens d'observation de l'atmosphère, mais surtout à l'essor du radar et de l'imagerie satellitaire. Ce qui a poussé Dolcine (1997) et Bell et al (1997), Browning et al (1989) à prôner la superposition des

⁶ Données de la thèse d'État de Suchel (1988) et de celle de la thèse de 3ème cycle de Tsalefac (1983). Enregistrements de Fraser & al. (1998) pour la Région du Sud-Ouest et de Marquis (2004) pour la Région de l'Extrême Nord

⁷ Le relief contraint fortement les températures, mais d'une manière moins complexe que pour les précipitations, car l'altitude contrôle l'essentiel des variations spatiales, et les variations thermiques interannuelles sont faibles.

cellules par des méthodes d'extrapolation pour avoir de meilleures prévisions, notamment celles comprises à des échelles de temps fines.

La particularité de la présente thèse tient sur le fait qu'à l'opposé des précédents auteurs dont les résultats des analyses ont porté sur des séries climatiques relativement plus courtes, la longueur des séries pluviométriques (données journalières et/ou mensuelles sur 66 années) disponibles a permis de faire des analyses détaillée (aux différentes échelles) de la dynamique de la pluviométrie. De plus, le présent travail se révèle de par son ouverture à la prévision climatique au niveau local, dans un contexte où les informations climatologiques de qualités pourraient permettre aux acteurs des secteurs socio-économiques fortement dépendants du milieu naturel de mieux s'ajuster aux perturbations climatiques actuelles. Cet exercice de recherche et d'analyse documentaire a permis de mieux articuler le raisonnement sur un corpus de questionnement.

Les trois principaux océans que sont l'Atlantique, l'océan Indien et le Pacifique qui ceinturent le continent africain déterminent les conditions climatiques qui y règnent tout au long de l'année. D'après Broecker (1991), entre ces trois océans, deux principaux courants marins sont régulièrement observés au cours de l'année. Il s'agit des courants de surface matérialisés sur la figure 22 ci-dessous par la couleur rouge, et les courants de profondeur matérialisés par la couleur bleue. Ainsi, l'océan Pacifique qui est le plus vaste des océans (166 241 700 km² de superficie), reçoit des courants océaniques de profondeur en provenance de l'océan atlantique et les lui restitue en surface sous forme de courant chaud en passant par l'océan indien. Ce processus qui se déroule en deux phases est connu en climatologie sous l'appellation de circulation thermohaline (selon le dictionnaire Futura planète, il s'agit de la **circulation** océanique engendrée par les différences de densité (masse volumique) de l'eau de mer. Ces différences de densité proviennent des écarts de température et de salinité des masses d'eau, d'où le terme de thermo pour désigner la température et halin pour désigner la salinité).

Les trois principaux océans que sont l'Atlantique, l'océan Indien et le Pacifique qui ceinturent le continent africain déterminent les conditions climatiques qui y règnent tout au long de l'année. D'après Broecker (1991), entre ces trois océans, deux principaux courants marins sont régulièrement observés au cours de l'année. Il s'agit des courants de surface matérialisés sur la figure 23 ci-dessous par la couleur rouge, et les courants de profondeur matérialisés par la couleur bleue. Ainsi, l'océan Pacifique qui est le plus vaste des océans (166 241 700 km² de superficie), reçoit des courants océaniques de profondeur en provenance de l'océan atlantique et les lui restitue en surface sous forme de courant chaud en passant par l'océan indien. Ce processus qui se déroule en deux phases est connu en climatologie sous l'appellation de circulation thermohaline (selon le dictionnaire Futura planète, il s'agit de la **circulation**

zones de mêmes altitudes, tandis que les Régions des hauts plateaux sont beaucoup plus arrosées que les zones de plaines et les bas plateaux.

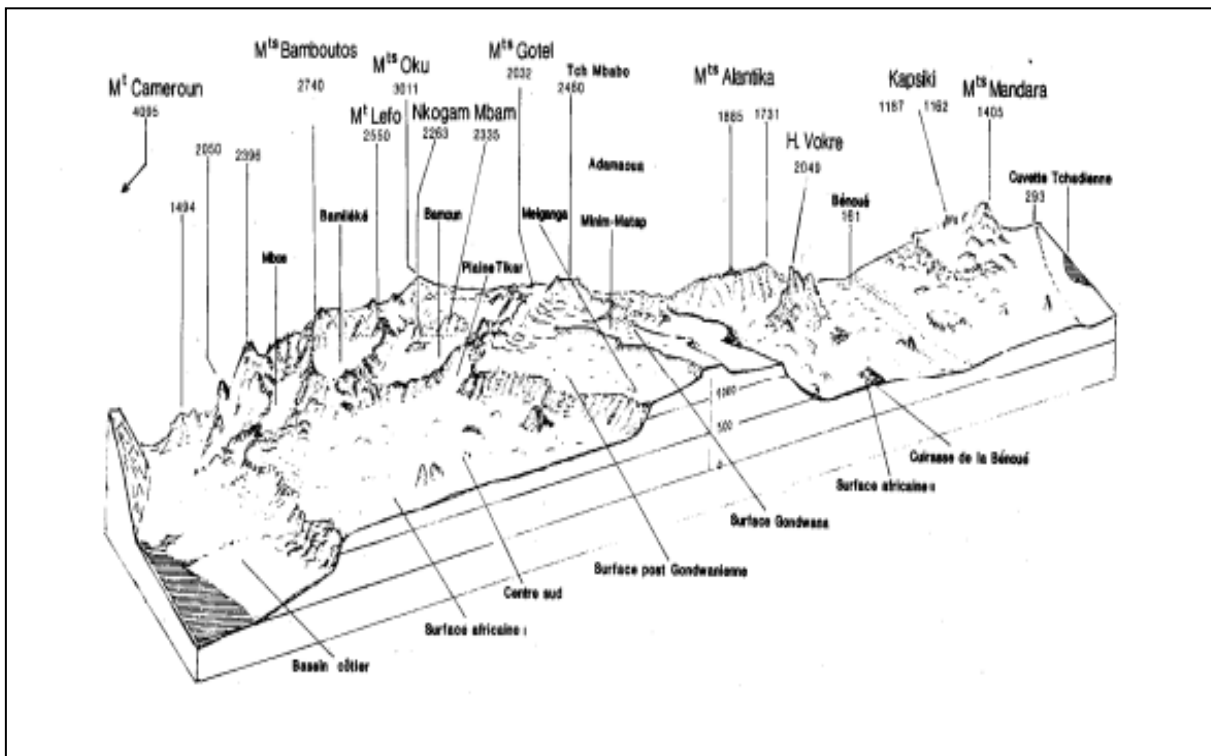


Figure 24 : Coupe géomorphologique du Cameroun de Direction Sud-Ouest- Nord-Est

Source : Olivry, 1986

Du sud vers le Nord, il distingue 03 principales unités géomorphologiques :

- Entre 0 et 100m, on retrouve la plaine sédimentaire de la façade maritime (atlantique), qui épouse la courbure du Golfe de Guinée ;
- De 160 à 300 d'altitudes, se trouvent les basses terres du Nord de l'Adamaoua constituées par la plaine de la Bénoué. Selon Sighomnou (2004), elle s'épanouit en une large et profonde cuvette au pied de l'Adamaoua. La cuvette tchadienne constituée de vastes plaines inondées des eaux du Logone constitue une immense dépression endoréique aux pentes très faibles ;
- De 600 à 900m, c'est le plateau sud camerounais, qui s'étend du Sud Cameroun vers le Gabon, jusqu'aux contreforts de l'Adamaoua. C'est un relief de collines et de bas-fonds marécageux ;
- De 1000 à 4100 m d'altitudes, c'est la zone des hauts reliefs du Cameroun, dont les principaux massifs sont : le Mont Cameroun (4100m) ; la dorsale camerounaise (de 400 à 600m), constituée de massifs montagneux et de hauts plateaux. C'est le domaine de l'Adamaoua (château d'eau du pays) et des massifs du Nord, aux altitudes comprises

entre 1000 et 1500 m, qui traversent l'Est du pays et s'étend jusqu'en Centrafrique. Les massifs des monts Alantika et Mandara traversent le Nord, et prennent leur origine sur l'Adamaoua en se prolongeant vers le Nord selon la direction de la ligne du Cameroun.

Le tableau 5 présente la répartition de la température et de la pluviométrie en fonction de l'altitude au Cameroun.

Tableau 5 : Répartition de la température et de la pluviométrie en fonction de l'altitude au Cameroun

Régions	% superficie totale du Pays	Altitude en (mètres)	Température moyenne annuelle (°C)	Pluie moyenne annuelle (mm)
Basses plaines et cuvettes septentrionales	21,53	300-900m	28	500-800
Plateau de l'Adamaoua	13,67	1200-1800	25	1200-1500
Hautes terres de l'Ouest	6,69	800-3000	22-25	1300-2500
Plateau sud camerounais	48,31	650-900	24-26	1500-1800
Littoral et plaines côtières	9,79	15-300	25-27	3000-9000
Mont Cameroun	0,01	800-4090	15-24	2000-3000

Source : SCNCC (2015)

Le relief exerce une influence significative sur le rythme et la distribution locale des quantités de pluies. La présence des hauts plateaux constitue une barrière naturelle à la circulation de la mousson, entraînant ainsi une intensification des précipitations à une certaine période au cours de l'année. De plus, les mouvements de convection des nuages liés à l'orographie (ascendance orographique), à la présence des montagnes, expliquent en grande partie l'importance des précipitations du versant sous le vent, connus sous le nom d'effet de Foehn.

L'effet de Foehn est un phénomène météorologique qui se produit généralement dans les hautes montagnes, mais aussi entre 500 et 600 mètres d'altitude (figure 25). Il se caractérise par de fortes précipitations sur le versant de la montagne situé face à un vent chaud et sec (le foehn en espagnole) par rapport à l'autre versant de la montagne. C'est ce qui explique la différence de pluies entre Debundscha (12 mètres de pluies en moyenne par an) et Edenau (moins de 4 000mm d'eau).



Figure 25 : Effet de Foehn : vent froid et humide qui devient chaud et sec au passage d'un relief.

Source : site <http://meteo05.sepcs.fr>, visité le 18.11.2018

❖ La position en latitude et longitude

En fonction de ses positions en latitude, les climatologues ont divisé la planète en cinq grandes parties dont chacune dispose des durées de jours variables, des températures et une pluviométrie assez semblable pour les régions qui en font partie.

Le Cameroun est situé entre le 2° et 13°N et entre le 8° et le 17°E, cette variation des positions (altitude et longitude) s'accompagne d'une différenciation des régimes et du rythme des précipitations (figure 26). Du Nord au Sud, le territoire est traversé par différentes zones climatiques que l'on peut regrouper en deux principales de part et d'autre de la latitude 4°30 N. Au Nord de cette zone on retrouve la zone de climat à pluviométrie monomodale (une saison sèche et une saison des pluies à durées variables), et le climat équatorial à quatre saisons au Sud. En tenant compte des différences des positions géographiques, Olivry (1986) a proposé un schéma qui présente les différents contrastes climatiques. C'est ainsi qu'on retrouve :

- la zone 1 : le climat équatorial qui s'étend du Sud du pays jusqu'à 4°30 N, région côtière non comprise ;
- la zone 2 : le climat équatorial type côtier qui couvre une franche côtière au sud de 4° N, jusqu'à la localité d'Edéa ;
- la zone 3 : Climat équatorial de type côtier nord à 2 saisons, qui intéresse la région côtière Nord et la partie sud-ouest du pays, entre 4° et 6° N ;
- la Zone 4 : Climat équatorial et tropical de transition qui regroupe la Région comprise entre 4° et 6° N à l'ouest du 10e parallèle, de Bafia à Garoua-Boulai en passant par Yoko et Bertoua ;
- la Zone 5 : Climat tropical de montagne à l'Ouest (Dschang, Nkambe et Foumban) avec 02 saisons, entre 5° et 7° N, il couvre la région de l'Ouest du 11e parallèle ;

- la Zone 6 : Climat tropical d'altitude de l'Adamaoua avec 02 saisons climatiques, s'étend du 6° au 8° N. Il est caractérisé par son régime thermique et d'abondantes précipitations. La saison sèche dure au moins 04 mois. Cette zone intéresse l'ensemble du plateau de l'Adamaoua, et couvre les localités de Banyo, Ngaoundéré et Meiganga ;
- la Zone 7 : Climat tropical du bassin de la Bénoué, entre 8° et 10° N, marqué par des précipitations annuelles relativement abondantes (1500 à 900 mm) et une saison sèche d'au moins 6 mois ;
- la Zone 8 : concerne le nord de 10° N, le climat qui y règne est tropical sec, avec des précipitations qui varient de 900 à 400 mm (enregistrées essentiellement en juillet et août) et une saison sèche qui dure environ 07 mois. On le retrouve à l'Extrême-Nord, de Maroua à Kousséri en passant par Yagoua et Kaélé.

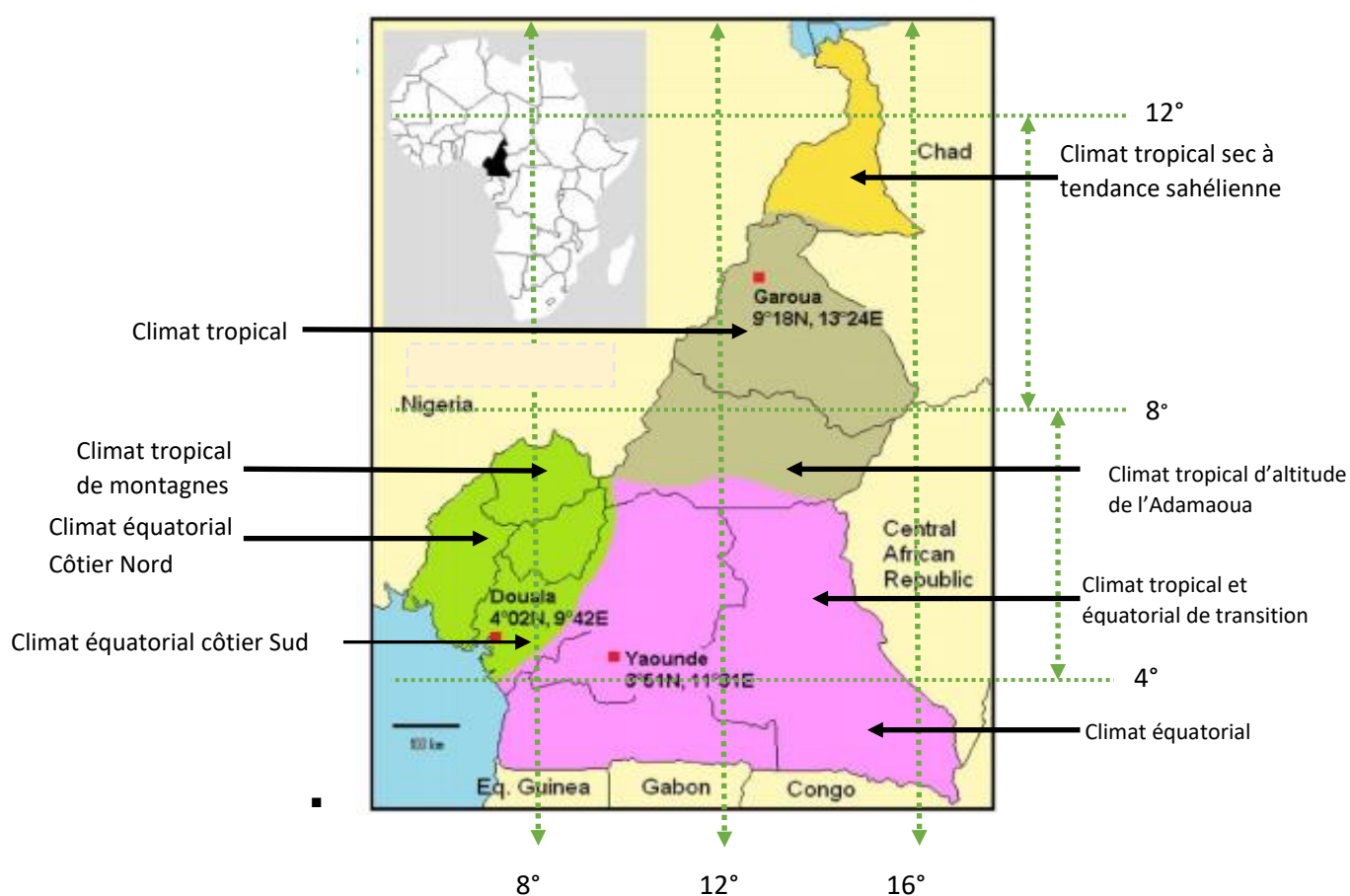


Figure 26 : Régions climatiques du Cameroun.

Source : Banque Mondiale (1992)

❖ La végétation

La Seconde Communication Nationale sur les Changements Climatiques publié en 2015 présente l'état de la végétation camerounaise comme un condensé de toute l'Afrique tropicale, avec un ensemble d'environ 8 000 espèces, 1 800 genres, et 230 familles selon Letouzey (1985).

Par ailleurs, six principaux domaines vont du congolais au domaine sahélien, en passant par les formations Congo guinéennes, côtières, soudaniennes et d'altitude. Cette végétation obéit à sa zonalité climatique. Si l'on prend les deux grands domaines climatiques du pays, divisés en deux grands aspects :

La savane arbustive et arborée couvre le plateau de l'Adamaoua. Formée par endroits d'un tapis continu de graminées où surgissent des petits massifs d'arbustes et d'arbres, cette dernière est en partie dégradée par les feux de brousse, des cultures et le surpâturage (c'est la région d'élevage par excellence) ;

La savane boisée et les forêts qui poussent dans la cuvette de la Bénoué, constitué de tapis de graminées où la densité des arbres (baobab, acacia, palmier) est très faible. Les arbres sont séparés par des surfaces herbeuses de plus en plus étendues ;

La végétation Camerounaise est influencée par les deux grands domaines climatiques à savoir le domaine tropical et le domaine équatorial.

Le domaine Tropical

Il est caractérisé par la savane. Les variations climatiques donnent à celle-ci plusieurs aspects : La savane arbustive et la savane arborée.

La savane arbustive

Elle couvre le plateau de l'Adamaoua, formée d'un tapis continu de graminées où surgissent par endroit des petits massifs d'arbustes et d'arbres qui sont en partie dégradés par l'action de l'homme et par des feux de brousse, des cultures et le surpâturage des troupeaux.

La savane boisée

La savane boisée pousse dans la cuvette de la Bénoué. C'est un des tapis de graminées où la densité des arbres (baobab, acacia, palmier) est très faible. Les arbres sont séparés par des surfaces herbeuses étendues. La prairie pousse dans la vallée du Logone, inondée sur une partie de l'année.

Le domaine Equatorial

La végétation est la forêt dense, à cause de la forêt ombrophile qui recouvre l'ensemble du plateau Sud-camerounais et les basses terres côtières. La destruction de la forêt par le feu et les défrichements laisse place à une forêt secondaire. On y trouve aussi des galeries forestières le long des cours d'eau et au contact de la mer, qui les transforment en mangrove. La vallée du

Logone est inondée pendant une partie de l'année, il y pousse une prairie humide dénommée « yaérés ».

❖ La présence d'étendues d'eau plus ou moins importantes

Les étendues d'eau plus ou moins importantes exercent une influence significative sur le climat local. L'eau absorbe de la chaleur et la rejette lentement dans l'atmosphère. L'amplitude thermique des localités proches des cours d'eau, des rivières, des fleuves et des mers est nettement moins importante que dans les localités situées à l'intérieur des terres. L'eau des cours d'eau est plus chaude pendant la saison sèche, et l'évapotranspiration plus importante. La présence des cours d'eau contribue à l'augmentation de l'humidité de l'air. Il est à noter que les côtes européennes sont plus chaudes en raison courant océanique qui prend sa source entre la Floride et les Bahamas et se dilue dans l'océan Atlantique vers le Groenland après avoir longé les côtes européennes (c'est le Gulf Stream).

La figure 27, réalisée par Météofrance (2018), présente l'installation d'une brise de mer et d'une brise de terre. Cette représentation est valable pour les lacs et les cours d'eau, mais sur une échelle locale, avec un impact plus minime. C'est pour cela que les lacs sont considérés comme des régulateurs thermiques, car quand la terre absorbe plus de chaleur, le lac étant plus frais va favoriser la création d'une cellule de convection locale, ce qui va ramener de l'air frais en provenance de la surface du lac. Il est plus frais en journée, et la nuit c'est le contraire. La convection va permettre de ramener de l'air plus doux en provenance de la surface du lac donc les températures minimales seront moins basses.

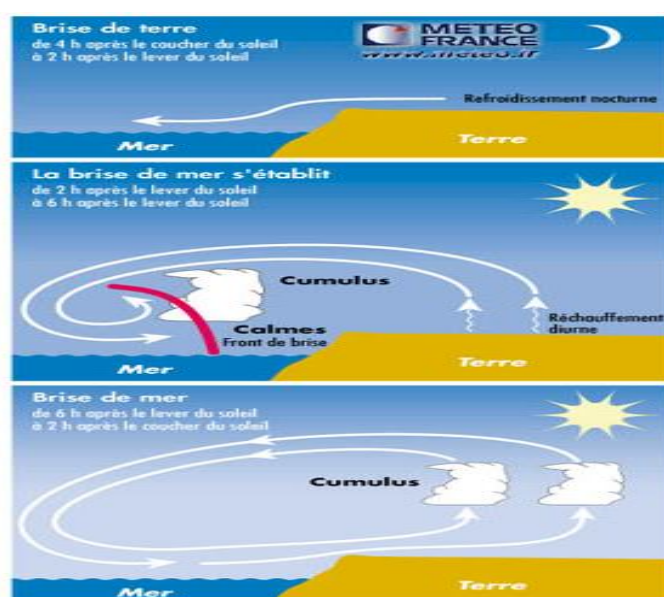


Figure 27 : Les brises de vent et la brise de mer.

Source : Météofrance (2018)

❖ L'importance de l'urbanisation

Etant donné son caractère variable sur le plan spatial et temporel, son caractère discontinu et même aléatoire, la pluie peut s'exprimer différemment entre deux villes proches, voire deux quartiers plus ou moins voisins d'une même ville. Ces différences sont fonction des caractères physiques spécifiques ou encore des effets urbains. Les recherches montrent que l'extension urbaine observée en Afrique depuis les indépendances se caractérise par une forte destruction des forêts, au profit de l'urbanisation, de la production et de l'autoconsommation (Tchekoté, 2012). Des études devraient être menées pour établir des interrelations entre les aléas pluviométriques locaux et les faits urbains aux échelles spatiales et temporelles fines. Cela permettra de mieux caractériser à l'échelle fine les aléas qui sont à l'origine des événements extrêmes observés depuis quelques décennies au Cameroun. Cela permettra également d'améliorer la gestion du réseau d'assainissement, l'anticipation des phénomènes, et les systèmes d'alertes précoces.

❖ La pénétration des masses d'air océaniques

Les vents de mousson saturés de vapeur d'eau condensable, de direction SW-NE exercent une influence remarquable sur la dynamique spatiale de la pluviométrie au Cameroun. Olivry (1986) atteste que, lorsque ces vents rencontrent des obstacles sur leur passage, en s'élevant, ils engendrent d'énormes quantités de précipitations. La mousson pénétrant largement à l'intérieur des terres au nord du Mont Cameroun vient buter sur les contreforts des "montagnes des hauts plateaux". Le Mont Cameroun par son immensité et sa position, reçoit de plein fouet la mousson venue du golfe de Guinée, et devient un obstacle entre son versant sud-ouest et son versant maritime. Debundscha de son versant maritime reçoit en moyenne 10 m de hauteur d'eau par an, alors que son versant Nord-Est, reçoit à peine 2 mètres de pluies. D'une manière générale les précipitations sont les plus abondantes le long de la côte Camerounaise (Kribi c'est 3.000mm par an, Ebolowa 1 800mm par an, alors que Garoua reçoit moins de 1 000 mm par an).

Le Cameroun est sous influence de deux principales masses d'air provenant chacune des anticyclones situés de part et d'autre de l'équateur. La première masse d'air est située dans l'hémisphère sud, (anticyclone de l'île Sainte Hélène). Elle apporte sur le continent de l'air frais et humide. La seconde masse d'air est centrée sur le Sahara, et apporte de l'air chaud et sec, l'harmattan. Ces deux masses d'air se rencontrent le long d'une zone de convergence (front intertropical (FIT) qui change de latitude suivant les saisons. Selon Suchel (1988), le FIT migre sur trois positions au cours de l'année. Une première position entre le mois de novembre et le mois de février, où il se situe au Sud du 4e parallèle. Dans cette position toute la Région du Nord

connait une saison sèche. La deuxième position correspond à la période comprise entre le mois de mars et d'avril, et correspond à la position au-dessus du 7ème parallèle. Dans cette position, toute la zone comprise entre l'Extrême-Nord et Garoua est en saison sèche. La troisième position est située au-dessus du 13^{ème} parallèle, où l'ensemble du pays est en saison pluvieuse.

La figure 28 présente le flux des masses d'air qui pénètrent au Cameroun selon Suchel (1988). Les travaux de Houze et al (2001) ont démontré que le flux des masses d'air océaniques aurait une incidence sur la répartition des précipitations, compte tenu de l'inégale répartition du relief au niveau local. Partant de ce fait, le relief devient une barrière des flux des vents qui peuvent passer soit au-dessus du relief, soit être bloqué par ce dernier. Ainsi, les contrastes thermiques entre versants deviennent importants lorsque les reliefs sont orientés d'Est-Ouest Estienne (1992). Ce qui crée des situations soit d'ubac qui reçoivent le soleil très obliquement, soit d'adret qui reçoivent plus d'énergie solaire, et sont plus chauds, plus cultivés et habités par les hommes.

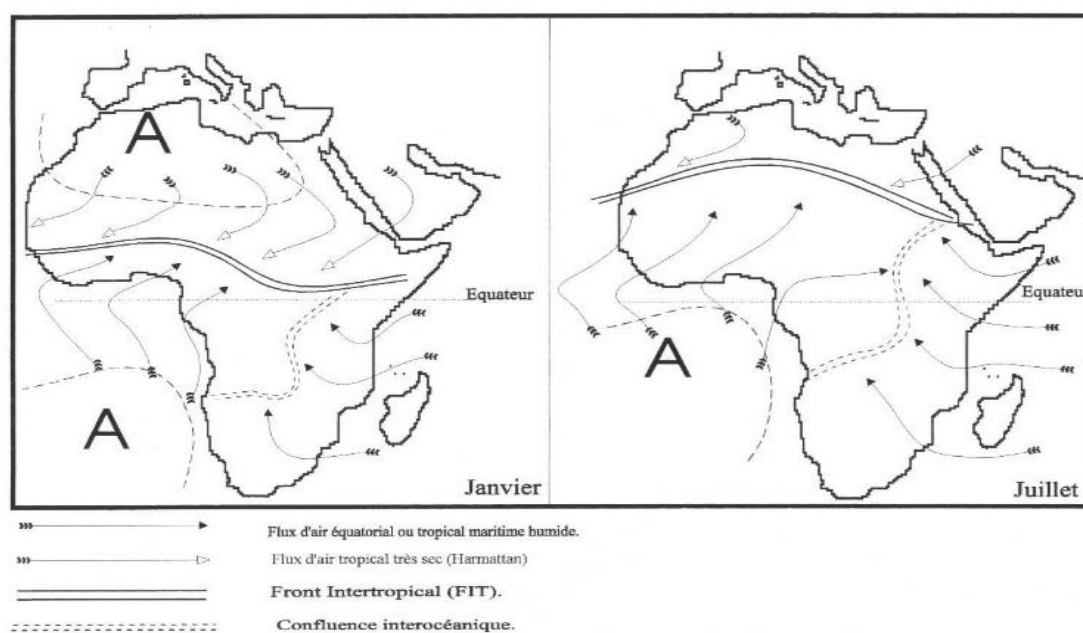


Figure 28 : Centres d'action et flux des masses d'air de Janvier et de Juillet

Source : Suchel, 1988

10. MÉTHODOLOGIE

10.1. Le choix du Cameroun comme zone d'étude

La présente recherche est réalisée sur l'étendue du territoire national (les dix régions du Cameroun impliquées). Plusieurs raisons justifient le choix du Cameroun comme zone d'étude. D'abord la diversité climatique du Cameroun, de sa partie Septentrionale jusqu'au Sud du pays. Considéré comme « Afrique en miniature » (Tchawa, 2012), le Cameroun condense en son sein

une multitude de climats africains. Des études antérieures (Tsalefac, 2014) ont permis de maîtriser certaines variabilités climatiques au niveau national. Ces études bien qu'éparses ont permis d'acquérir une base des données importante et intéressante sur certaines stations météorologiques du Cameroun. Elles ont également permis d'identifier et de caractériser les spécificités climatiques des dites localités.

10.2. Le choix de la zone d'étude et localisation des stations de collecte des données

10.2.1. Le choix de la zone d'étude

Afin de s'assurer d'une bonne analyse spatiale des données pluviométriques, l'étude a pris en compte les 10 principales stations météorologiques appartenant chacune aux différentes régions du Cameroun. Par ailleurs, les dix stations météorologiques disséminées sur le territoire national sont représentatives des cinq zones agro-écologiques du Cameroun. Le regroupement de ces données selon leur appartenance aux différentes zones agro-écologiques facilitera les analyses des tendances évolutives des paramètres pluviométriques aux différentes échelles de temps.

10.2.2. Localisation des principales stations de la zone d'étude

La figure 29 présente les coordonnées géographiques des stations météorologiques situées dans les 10 régions du Cameroun. Par ailleurs, l'apport des données pluviométriques de certaines stations locales a été d'une très grande utilité, bien que les séries mises à contribution soient très limitées.

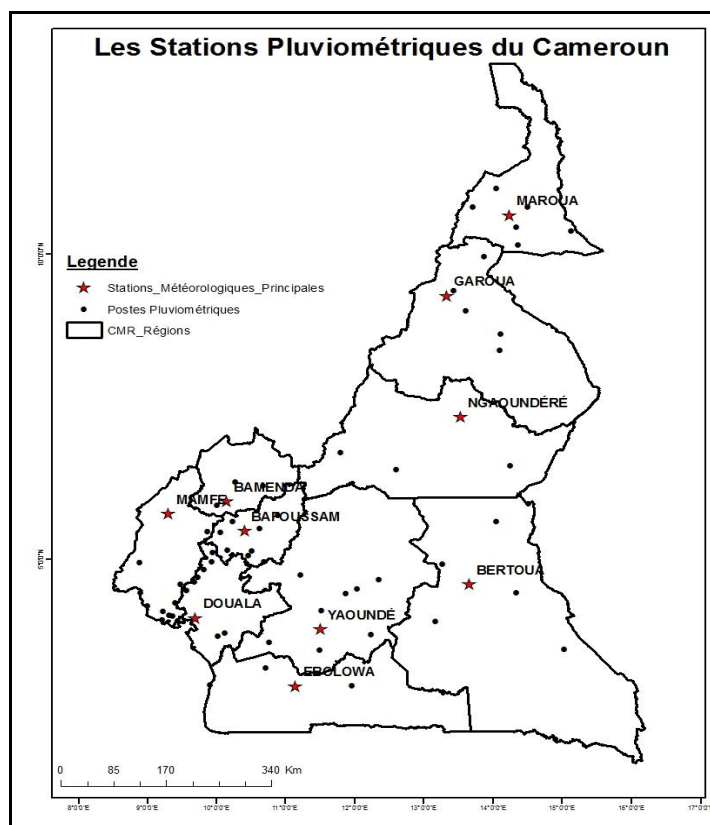


Figure 29 : Localisation des principales stations météorologiques du Cameroun

Source : Auteur, novembre 2018

Les données collectées dans les principales stations météorologiques appartiennent chacune à l'une des 10 régions du Cameroun. Le tableau 6 présente la position géographique et la position en altitude des stations météorologiques ainsi que leur situation dans les différentes zones agro-écologiques.

Tableau 6: Situation géographique des stations météorologiques régionales au Cameroun

Ville	Zone agroécologique	Région	Position géographique des stations	Altitude des stations
Maroua	Soudano-sahélienne	Extrême-Nord	Latitude: 10° 27' N Longitude: 14° 15' E	423m
Garoua	Soudano-sahélienne	Nord	Latitude: 9° 20' N Longitude: 13° 23' E	242m
Ngaoundéré	Hauts savanes	Adamaoua	Latitude: 7° 21' N Longitude: 13° 33' E	1113m
Yaoundé	Forestière bimodale	Centre	Latitude: 3° 50' N Longitude: 11° 31' E	760m
Ebolowa	Forestière bimodale	Sud	Latitude: 2° 55' N Longitude: 11° 9' E	1399m
Bertoua	Forestière bimodale	Est	Latitude: 4° 35' N Longitude: 13° 41' E	668m
Bafoussam	Hauts plateaux	Ouest	Latitude: 5° 28' N Longitude: 10° 25' E	1460m
Bamenda	Hauts plateaux	Nord Ouest	Longitude: 5° 56' N Latitude : 10° 10' Est	1350m
Douala	Forestière monomodale	Littoral	Latitude 4° 01' N Longitude: 9° 44' E	5m
Mamfé		Sud-Ouest	Latitude : 05°42' Longitude : 009°17'	126m

Source : Auteur, novembre 2018

10.3. Types de données utilisées

10.3.1. Données pluviométriques disponibles

Trois types de données ont été utilisés dans le cadre de cette étude. Les données in situ, issues de l'annuaire du comité Interafricain d'études hydrauliques de l'office de la recherche

scientifique et technique d'outre-mer. Cet annuaire dispose d'une série de données pluviométriques journalières collectées dès les origines de la création des stations météorologiques jusqu'en 1982 ; les séries des données collectées par la Direction de la Météorologie Nationale (DMN), elles ont été consolidées par la série temporelle (pluviométrie) collectées par l'ASECNA dans les différentes stations régionales du Cameroun entre 1950 et 2015. Une seconde série de données des précipitations (moins longue que la précédente) a été mise à disposition grâce aux structures de collecte privées répandues sur le territoire national, notamment la SEMRY, Maïscam, SODECOTON et PULCI, CDC, etc. Une troisième série de données qui a servi à la production des cartes de distribution spatiale a été mise à la contribution avec le concours des données spatiales de l'Université de Columbia (USA) au moyen du logiciel Desktop/Monthly Climatological Sea-surface Precipitations.

Les données mises à disposition pour cette étude ont été traitées grâce aux logiciels Excel, SPSS version 12.0, OpenGrad, Chronostat, Stata version 2.0.

10.3.2. Données issues des descentes sur le terrain

Elles ont été collectées grâce aux échanges avec :

- les Services Déconcentrés du Ministère des Transports (Délégués Régionaux, Départementaux et d'Arrondissement, Chefs de Service de la Météorologie, Chefs des Stations Météorologiques, etc. Ces échanges avaient pour objectifs de faciliter l'accès aux stations, aux données, d'avoir une localisation spatiale des stations météorologiques et d'identifier les autres acteurs impliqués dans la collecte des données météorologiques dans les différentes localités ;
- les chefs des stations météorologiques, afin d'identifier les problèmes majeurs rencontrés dans chaque station et les variables climatiques collectés avec les périodes de collecte des dites données.

10.3.3. Données issues des centres internationaux de prévision sur le climat

Les données des facteurs déterminants des anticyclones des Açores et de l'île Sainte Hélène proviennent de l'Université de Colombie d'une part et de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) d'autre part. Les différentes données sont mesurées à 0h, 6h, 12h et 18h TU (Temps Universel) en °K (Kelvin) pour les TSO, et en Pression atmosphérique (Pa) au centre des anticyclones subtropicaux sur une grille régulière de résolution 1.5°x1.5° et moyennées chaque jour à une échelle globale. Les fichiers utilisés dans ce cadre combinent des données d'observation directes et les données d'observation indirectes afin d'accroître leur quantité et obtenir une couverture spatiale et temporelle plus étendue.

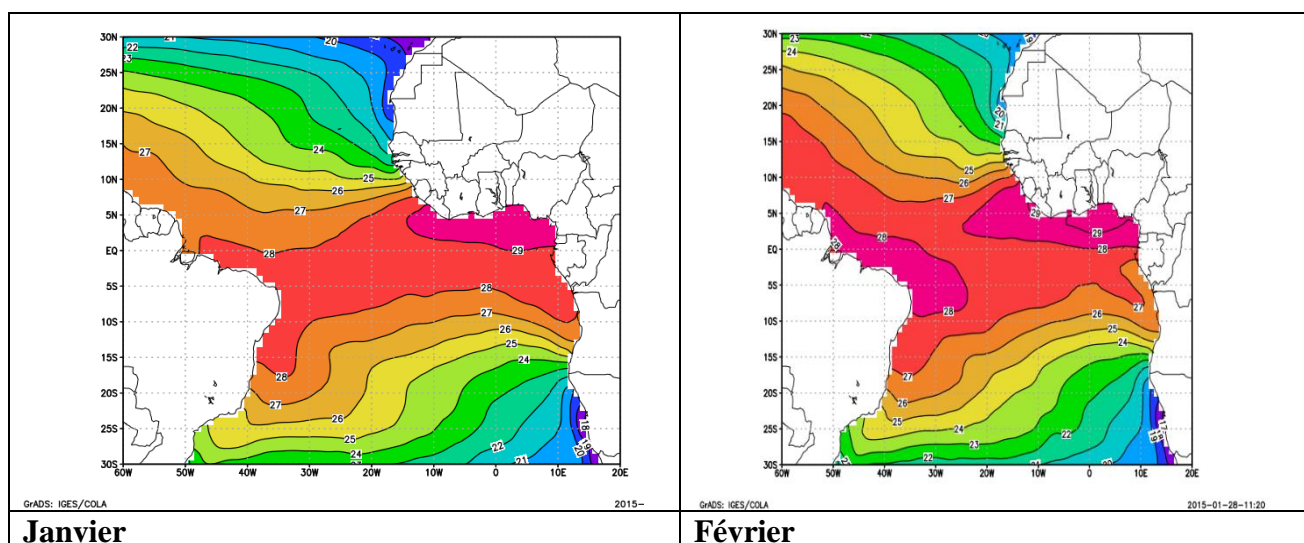
10.3.3.1. Données des TSO

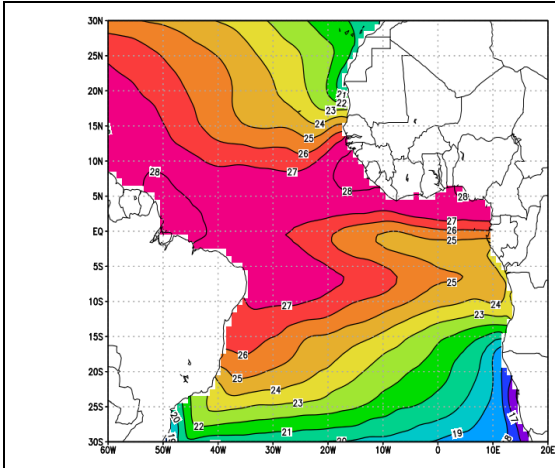
Ces données proviennent des centres internationaux de prévision sur le climat. Il s'agit notamment de l'IRI (Institut international de recherche sur le climat et la société) de l'Université de Colombie (USA); la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) aux USA; les données des Températures de la Surface Océanique (TSO) de l'Atlantique, les intensités des épisodes El-Niño/La Niña du Pacifique tropical de 1950 à 2015.

La figure 30 présente la variation mensuelle moyenne des TSO enregistrées au niveau des anticyclones des Açores et de l'île Sainte Hélène en 2015. Les données utilisées sont collectées sur une trentaine de stations mobiles installées de part et d'autre de l'océan atlantique selon la NOAA. Lesdites données sont par la suite traitées et analysées par des algorithmes spécifiques contenus dans le logiciel OpenGrad version 2.0.

Les résultats de ladite figure révèlent que dans l'hémisphère Nord, une légère instabilité des températures de surface est observée aux mois de janvier, février et mars. Les mois d'avril et de mai ont été plus stables, sans modification majeure sur les lignes isothermiques. A partir du mois de juin, jusqu'au mois de décembre, bien que la température semble se maintenir sur les isothermes, leur extension spatiale est sujette à de nombreuses variations.

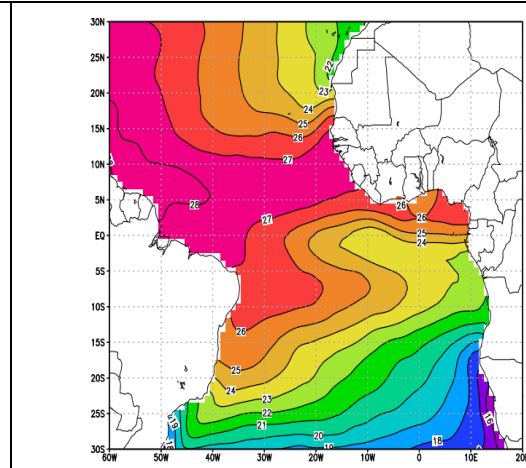
Dans l'hémisphère Sud, on observe une instabilité spatiale des isothermes 22, 23, 24, 25, 26, 27 et 28°C de janvier à décembre. Cette instabilité thermique justifierait par l'existence des courants de convection au sein du système océanique. La conduction thermique semble être plus stable de janvier à février, répandue de mars à août, et stable de septembre à décembre.





GrADS: IGES/COLA

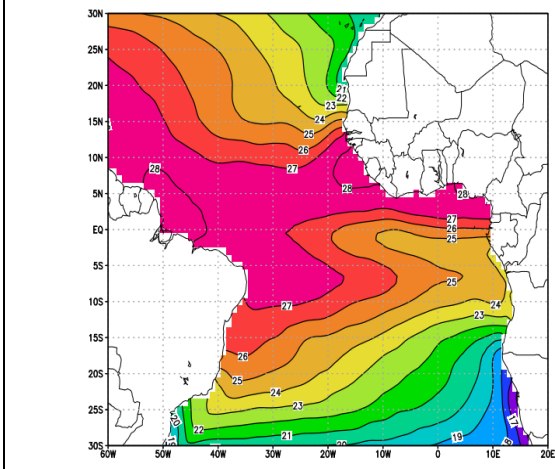
2015-01-28-11:21



GrADS: IGES/COLA

2015-01-28-11:24

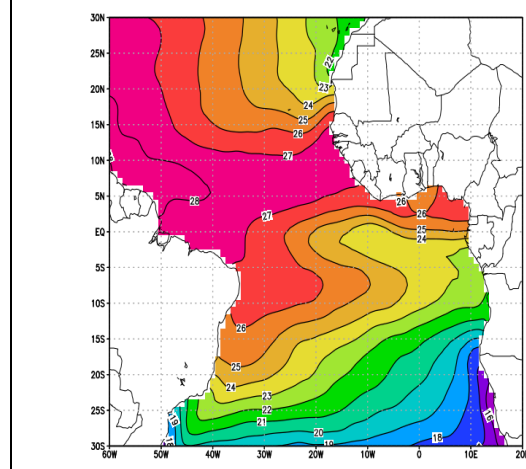
Mars



GrADS: IGES/COLA

2015-01-28-11:21

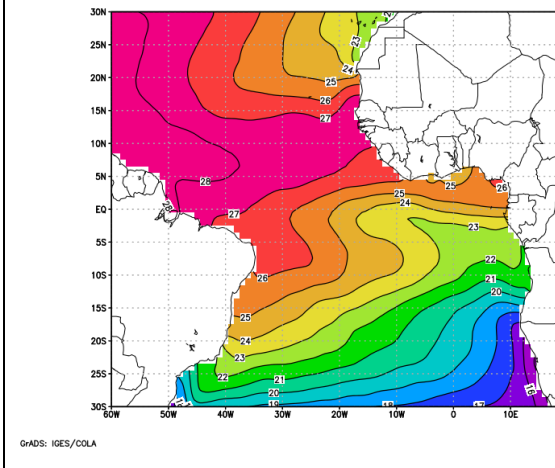
Avril



GrADS: IGES/COLA

2015-01-28-11:24

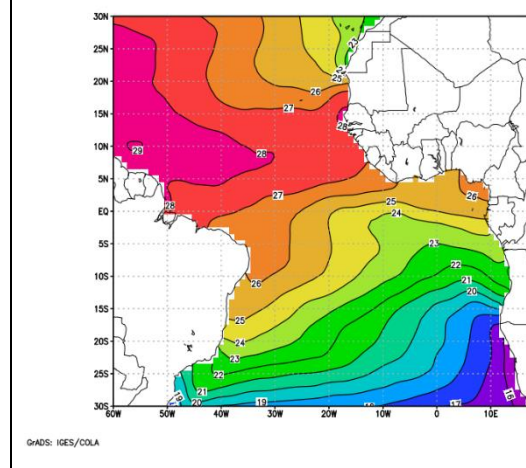
Mai



GrADS: IGES/COLA

2015-01-28-11:25

Juin



GrADS: IGES/COLA

2015-01-28-11:10

Juillet

Août

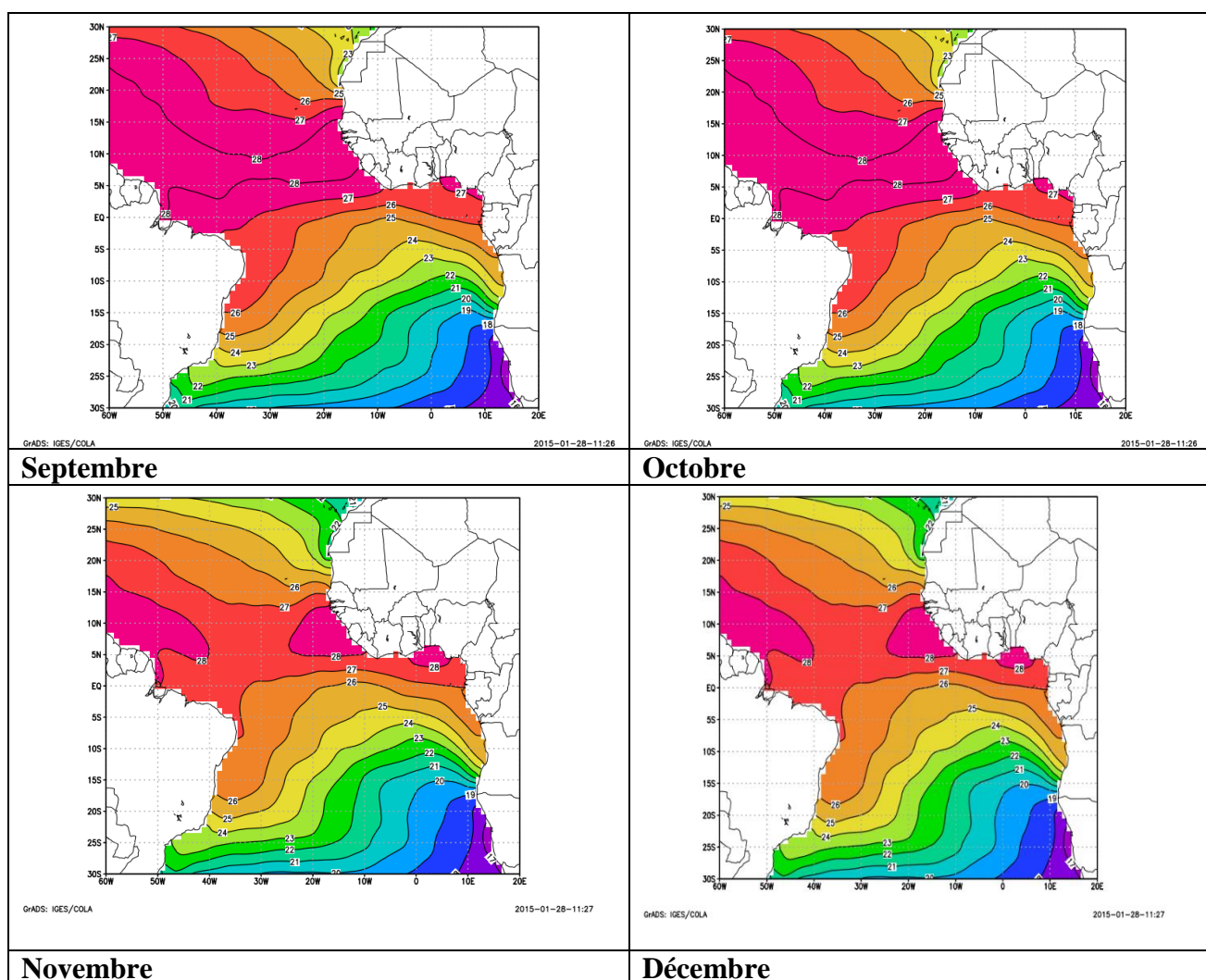


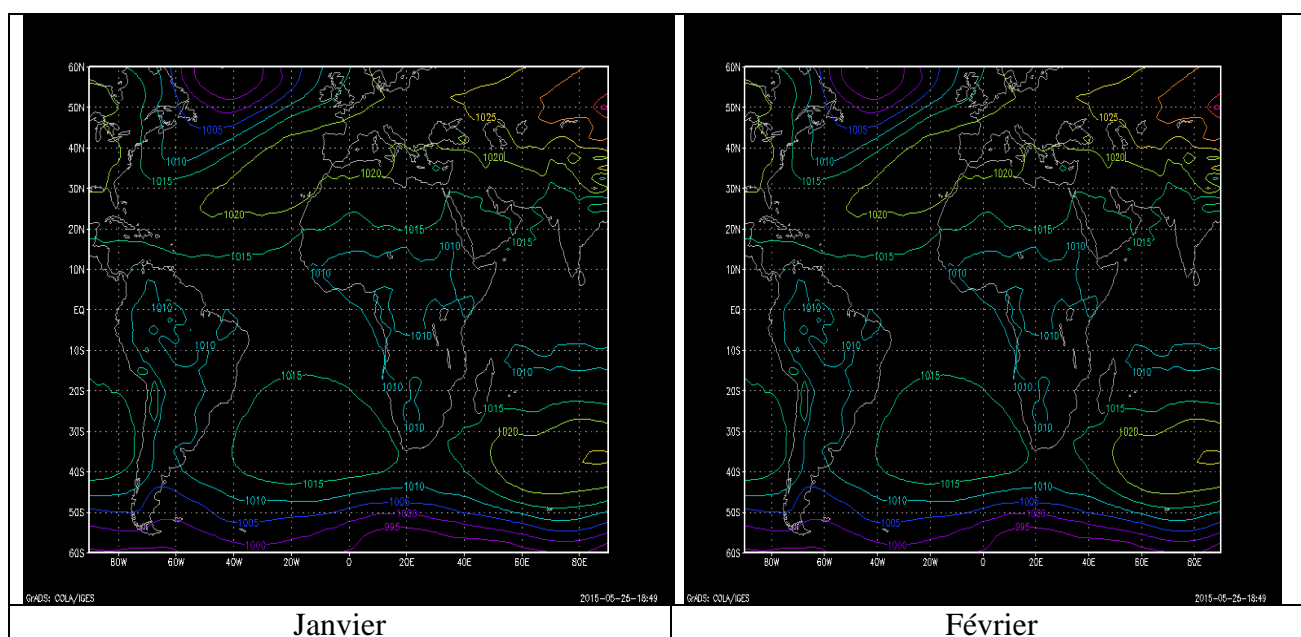
Figure 30: TSO moyenne mensuelle des anticyclones des Açores et de l'île Sainte Hélène en 2015
Source : NOAA, 2015

10.3.3.2. Données sur la Pression atmosphérique et des positions géographiques des centres d'action atmosphériques des anticyclones subtropicaux

La figure 31 présente la variation mensuelle moyenne de la pression atmosphérique couplée aux différentes positions des deux anticyclones subtropicaux (Açores et île Sainte Hélène) en 2015. Il ressort de ces figures que les mois de janvier et de février présentent un déplacement presque similaire des deux centres d'action atmosphériques subtropicaux, entre 30-45°N de latitude, et entre 40°W-18°E de longitude. Pour cette année, pour les mois de janvier et de février, la pression atmosphérique au niveau de l'anticyclone des Açores varie autour de la moyenne qui est de 1020hpa. De mars à avril, elle se maintient à 1020hpa, et l'anticyclone des Açores migre entre 25-35°N de latitude, et entre 45-25°W de longitude. De mai à août, la pression moyenne atteint le record de 1025hpa et migre entre 30-45°N de latitude, et 20-40°W de longitude. Le mois de septembre est caractérisé par une forte expansion de l'anticyclone des

Açores qui se situe autour de 30-40°N de latitude, et entre 35-45°W de longitude, pour une pression atmosphérique autour de la moyenne qui est de 1020hpa. Au mois d'octobre, ledit anticyclone migre de 35-47°N de latitude, et entre 0-25°W de longitude, pour une pression moyenne de 1025hpa, soit 05hpa de plus qu'au mois de septembre. Au mois de novembre, on observe une chute brusque de la pression atmosphérique, dont la moyenne atteint 1010hpa, soit 10hpa en moins qu'au mois d'octobre. A partir du mois de décembre, la pression atmosphérique augmente à nouveau et le record de 1030hpa est atteint.

Au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène, l'année 2015 est marquée par une stabilité de la pression atmosphérique autour de 1015hpa aux mois de janvier, février, mars, et d'avril, avec une forte expansion spatiale pour les mois de mars et d'avril. La migration dudit anticyclone n'a presque pas changé entre les mois de janvier et de février, entre 42-25°S de latitude, et entre 38°W-18°E de longitude. Il en est de même pour les mois de mars et d'avril, ou la pression moyenne avoisine 1020 hpa, entre 43-25°S de latitude, et entre 40-70°E de longitude. De mai à septembre, elle augmente d'environ 05hpa de plus par rapport à celle enregistrée au mois d'avril, et son expansion spatiale est plus importante, le foyer central se situe entre 30-40°S de latitude, et entre 30-70°W de longitude. D'octobre à décembre, elle ne varie presque pas, et les 1020hpa du mois d'avril sont maintenues, et ses positions se situent entre 20-45°N de latitude, et entre 40°W-20°E de longitude.



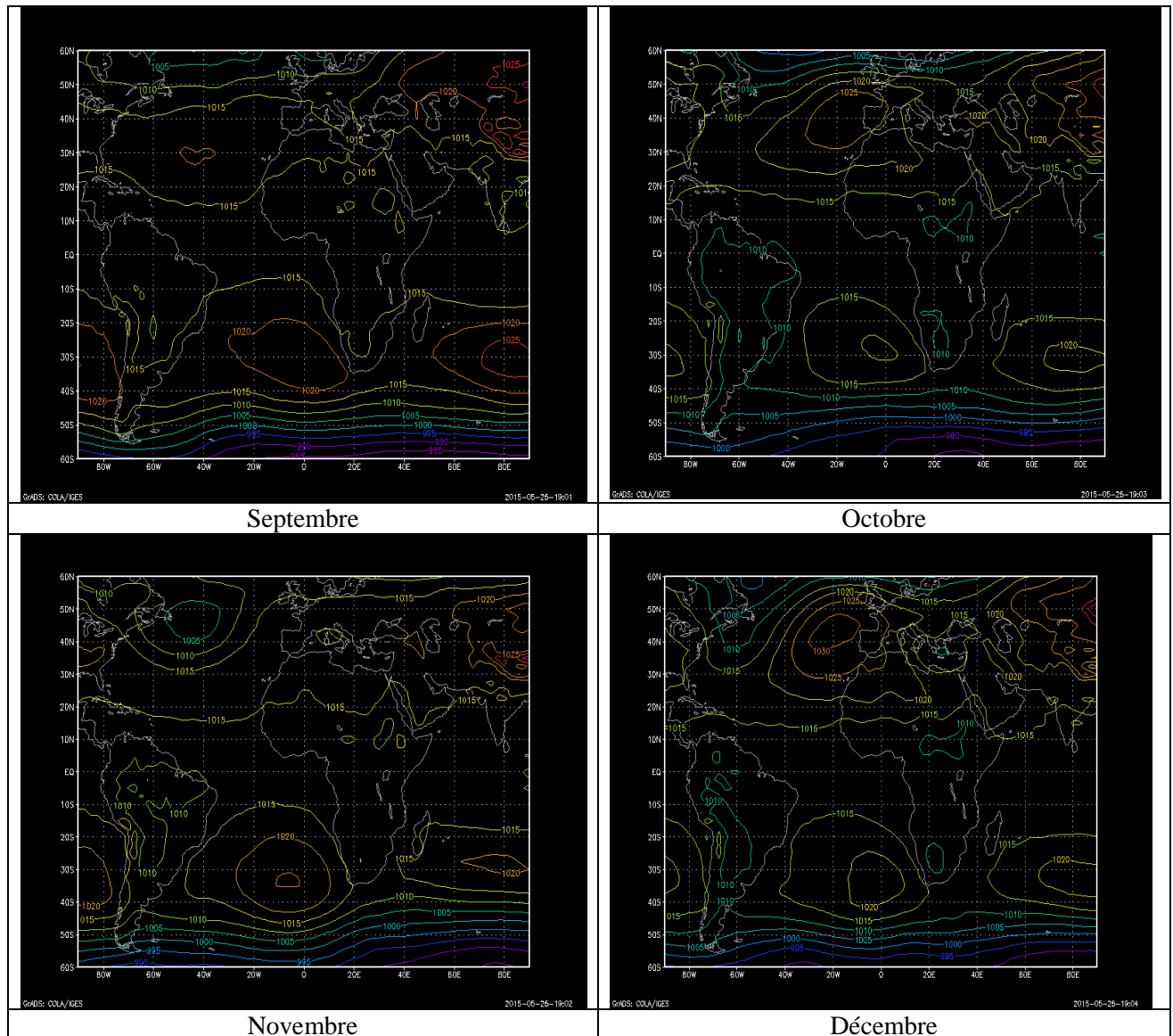


Figure 31: Pression atmosphérique et positions géographiques mensuelles des anticyclones des Açores et de l'île Sainte-Hélène en 2015

Source : NOAA, 2015

10.3.3.3. Données sur la migration mensuelle du Front Inter Tropical

Compte tenu de l'indisponibilité des données historiques sur la migration spatiale du front intertropical sur le territoire national sur la période de l'étude, nous nous sommes contenté des résultats d'autres recherches sur la migration du Front Intertropical, notamment (Rossby, 1939 ; Citeau, 2004 ; Pelaborde, 1970 ; Dorize, 1975, etc.). Ces résultats ont permis de faire un rapprochement avec la dynamique des paramètres pluviométriques aux différentes échelles de temps.

Le FIT Africain est dynamique, et sa position géographique varie permanemment d'une saison à l'autre. En janvier, il atteint sa position la plus méridionale en Afrique du Sud-Est. En juillet au contraire, il atteint la position plus septentrionale en Asie du Sud-Est (figure 32). Cette zone occupe une étendue en latitude qui varie un peu suivant la saison de l'année. Sa longitude

moyenne est d'une dizaine de degrés pendant l'été boréal, un peu moins pendant l'hiver, et son axe moyen est à peu près situé le long de l'équateur selon les secteurs. Selon Citeau (2004), cette ceinture théorique est déterminée par certaines données géométriques par rapport aux mouvements de la terre. Il présente toutefois une réalité climatique nuancée par des facteurs géographiques, océanographiques, aérologiques et migratoires du front d'un hémisphère à l'autre.

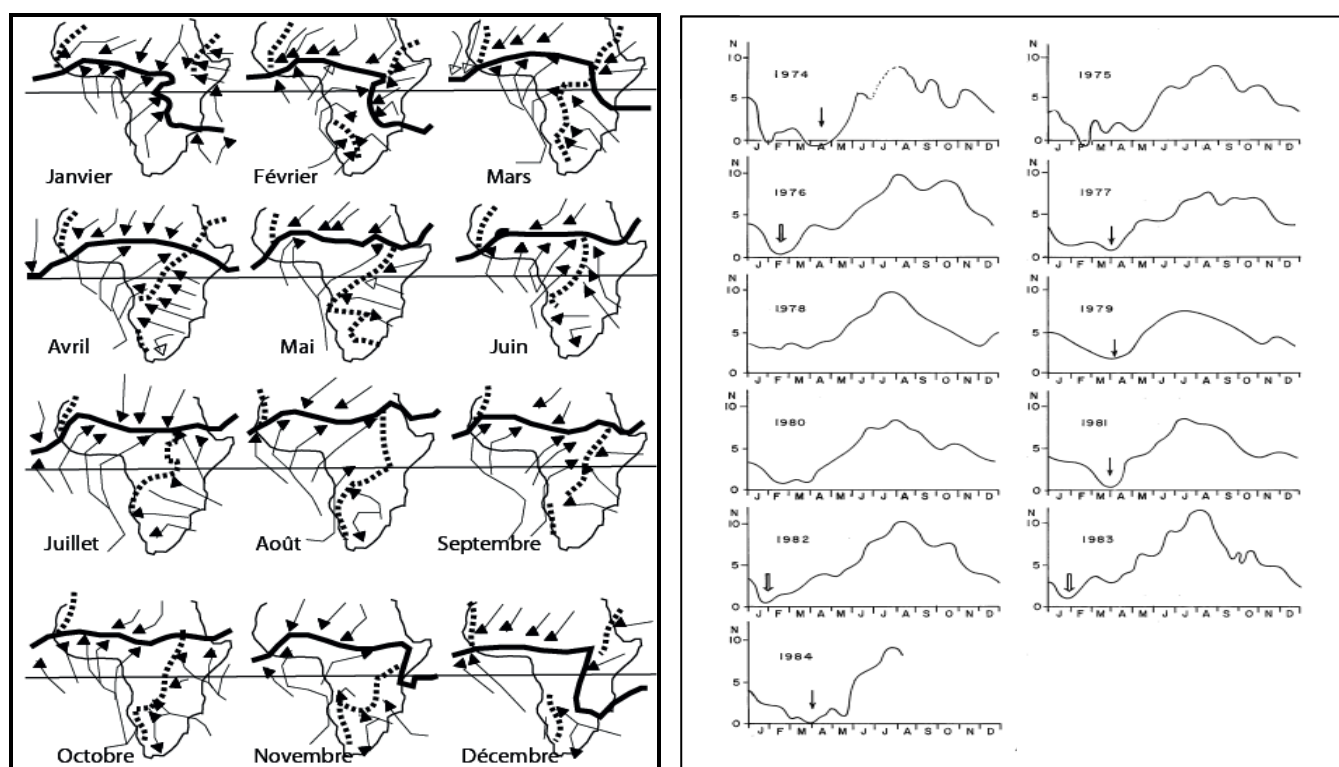


Figure 32: Position moyenne mensuelle de la ZCIT (trait plein) et de la CIO (tirets) en Afrique (a) d'après Bigot (1997) et position par an de la zone de convergence intertropicale le long de 28°W (b)

Source : Citeau (2004)

La position du FIT au sol en Afrique tropicale est fonction des masses d'air au sol, et dont la mobilité serait fonction de critères hygrométriques (température du point de rosée) d'une part, de l'intensité et de la direction du vent d'autre part (Rossby, 1939). Les travaux de Pelaborde (1970) et ceux de Dorize (1975) abordent la question de la translation saisonnière du FIT des latitudes Subéquatoriales en hivers, au voisinage du tropique Nord en été qui s'inscrit dans l'oscillation latitudinale des centres d'actions atmosphériques et des grandes zones de circulation atmosphériques.

10.3.3.4. Les données sur les intensités des épisodes El Niño/La Niña

La Niña (petite fille en espagnol) est la phase plus froide qui fait suite à El Niño. L'OMM (2004) dans Nouvelles du Climat Mondial, définit La Niña comme «un phénomène caractérisé

par une anomalie négative de la température de surface de la mer (par rapport à la période de référence 1971-2000), dans la Région Niño 3.4 du Pacifique équatorial, dans la mesure où cette anomalie est supérieure ou égale à 0,5°C selon une moyenne calculée sur trois mois consécutifs ». Le tableau sur les données des épisodes El Niño (en annexe) présente les intensités des épisodes La Niña de 1950 à 2015. Il ressort de ce tableau que 13 épisodes La Niña ont été d'intensité faible (1950-51, 1954-55, 1956-57, 1964-65, 1971-72, 1974-75, 1983-84, 1984-85, 1995-96, 2000-01, 2005-06, 2008-09 et 2011-12), 04 d'intensité modérée (1955-56, 1970-71, 1998-99 et 2007-08) et 05 de forte intensité (1973-74, 1975-76, 1988-89, 1999-00 et 2010-11).

Pour ce qui est de la température, selon l'OMM (2010), les épisodes La Niña provoquent des anomalies de température sur différentes Régions du globe qui subissent des conditions climatiques anormalement fraîches. Les Régions les plus touchées sont le Sud de l'Alaska, le Japon, les parties occidentale et centrale du Canada, le Sud-Est du Brésil, l'Asie du Sud-Est, le long de la côte-Ouest de l'Amérique, le Nord de l'Amérique du Sud, certaines parties de l'Amérique Centrale, le Sud-Est de l'Afrique, la Région du Golfe de Guinée. A l'opposé, la température est supérieure à la normale le long des états américains du Golfe du Mexique.

10.4. Homogénéisation des données

D'après le Guide des pratiques de climatologie de l'OMM (2014), l'analyse des données sur le climat est destinée à discerner les variations et les tendances gagne en fiabilité quand les jeux de données utilisés sont homogènes⁸. L'homogénéisation consiste selon l'OMM à détecter puis à corriger ces variations. Elles sont appliquées selon Peterson *et al.*, (1998), lorsque les séries quantitatives des précipitations seraient perturbées lors des prélèvements soit par des sauts dans les données (cas des changements de l'emplacement des installations de collecte, de la forme du capteur ou de sa hauteur au-dessus du sol). Ainsi, une comparaison d'au moins deux types d'informations permettra de pencher pour l'une ou l'autre des explications. Dans ce cas la mise à contribution des enregistrements des stations voisines (s'il y en a) et les métadonnées (s'il y en a également) est nécessaire pour la correction des données.

10.5. Utilisation de l'information des stations voisines

D'un point de vue climatologique, les séries des stations voisines sont supposées être similaires, dont homogènes à la série de la station de référence, bien qu'il soit difficile de garantir qu'elles soient exemptes d'inhomogénéités. Il existe cependant des techniques qui permettent de minimiser les inhomogénéités potentielles et de former des séries de référence plus homogène sur la base de la prise en compte de la référence d'une ou de plusieurs séries voisines.

⁸ L'OMM entend par jeu de données homogène, un jeu de données dans lequel toutes les fluctuations de la série chronologique traduisent les variations réelles de l'élément climatique représenté.

Cette démarche est très bien développée par Peterson et al. (1998)⁹. Selon lui, lorsque les stations voisines utilisées sont trop éloignées ou d'altitudes très différentes, la qualité de l'homogénéisation des précipitations dépend de la densité du réseau d'observations et de la topographie de la zone. De plus, le degré d'importance de ces caractéristiques dépend fortement du pas de temps des données que l'on veut homogénéiser.

✚ **Importance des métadonnées**

Selon Aguilar et al. (2003), les métadonnées sont des informations historiques sur les conditions dans lesquelles les données d'une station ont été enregistrées. Elles sont constituées selon cet auteur des enregistrements des stations, des fiches d'inspection, des annuaires météorologiques, des photographies des stations et de leur environnement, d'une entrevue avec la personne responsable d'une station, etc. Les métadonnées sont généralement mises-à contribution pour expliquer la cause de l'inhomogénéité des données, dans le cas où celles-ci sont incomplètes, erronées, inexistantes ou remplies d'informations impertinentes.

✚ **Méthodes d'homogénéisation des données**

Plusieurs techniques d'homogénéisation des données climatiques ont été développées par de nombreux auteurs (Kohler, 1949 ; Craddock, 1979 ; Bois, 1986 ; Rhoades & Salinger, 1993 ; Tayanc et al., 1998 ; Aguilar et al., 2003) selon l'endroit où la longueur des séries et le nombre de données manquantes, les métadonnées disponibles et la densité du réseau d'observations. La méthode subjective (Kohler, 1949 ; Brunet-Moret, 1979 ; Craddock, 1979 ; Bois, 1986 ; Jones *et al.*, 1986 ; Rhoades & Salinger, 1993 ; dépend du jugement face à la série intervient lorsque l'emplacement d'une discontinuité est détecté à l'œil nu sur un graphique. La méthode objective par contre ne dépend pas du jugement personnel de l'utilisateur pour localiser les inhomogénéités, elle fait intervenir des méthodes statistiques telles que les méthodes Bayésiennes, le modèle de régression linéaire ; le modèle sans forme paramétrique spécifiée.

10.6. Traitement et analyse des données

Afin de représenter la variabilité à des échelles mensuelles et saisonnières, plusieurs méthodes statistiques ont été utilisées. La méthodologie peut se résumer en trois étapes :

- l'analyse à différentes échelles de la relation entre la variabilité des facteurs déterminants des centres d'action atmosphériques et la pluviométrie au niveau local ;
- l'analyse à différentes échelles de la relation entre les intensités des épisodes El Niño et la pluviométrie au niveau local ;
- l'analyse de la variabilité à différentes échelles de la pluviométrie au niveau local.

⁹ Présente les techniques utilisées pour minimiser les inhomogénéités potentielles des séries

Bafoussam	Sec	Humide	Sec
Bamenda	Sec	Humide	Sec
Mamfe	Sec	Humide	Sec
Douala	Sec	Humide	Sec

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER
Réalisation : Auteur, 2016

10.6.2. Calcul des moyennes mensuelles (annuelle et/ou saisonnière)

La moyenne mensuelle (annuelle et/ou saisonnière) des quantités de précipitations et du nombre de jours des pluies est obtenue d'après les équations suivantes : $P_m = \sum(P_x) / N_b$ (*Equation 1*), et $E_m = \sum(N_x) / N_b$ (*Equation 2*), avec : P_x = volume annuel des pluies recueillies pour chaque station en mm ; N_b = nombre total de mois ; P_m = précipitations moyennes annuelles en mm ; N_x = nombre annuel de jours des pluies enregistré par station en jour ; N_b = nombre total de mois/an ; E_m = nombre annuel moyen de jours des pluies, en jour ; avec $1 \leq b \leq 12$.

Le nombre moyen de jours des pluies est obtenu d'après l'équation statistique :

$N_a = \sum(N_y) / N_b$, (*Equation 3*), avec : N_a = nombre annuel moyen de jours des pluies en jours ; N_y = nombre annuel de jours des pluies enregistrées par station en jour, avec $1 \leq b \leq 50$.

10.6.3. Détermination de la droite de régression

Pour déterminer la droite de régression des paramètres climatiques, l'équation suivante sera appliquée : $Y = Ax + B$, (*Equation 4*), avec $A = \text{cov}(x, y) / X^2$ et $B = m(y) - a_m(x)$, (*Equation 5*) et : A la pente de la droite de régression par rapport à l'axe des x et B la coordonnée verticale de l'intersection entre la droite de régression et l'axe des ordonnées y .

10.6.4. Détermination des dates des démarrage, des fins et de la longueur des saisons

Pour caractériser les dates des débuts et des fins des saisons des pluies, ainsi que la longueur des saisons (pluvieuse et sèche) au Cameroun, les séries pluviométriques journalières existantes dans les stations pluviométriques régionales ont été prises en compte. Les données pluviométriques journalières des stations de Maroua, Garoua, Ngaoundéré, Yaoundé, Bertoua, Ebolowa, Bafoussam, Bamenda, Mamfe et Douala proviennent de la Direction de la Météorologie Nationale (DMN) collectées entre 1950 et 2015. Celles-ci ont été mises à disposition avec le concours de l'Observatoire National sur les Changements Climatiques (ONACC).

10.6.5. Elaboration des tests statistiques

Le test statistique d'hypothèse est une démarche consistant à rejeter ou à ne pas rejeter une hypothèse statistique, appelée hypothèse nulle, en fonction d'une série de données climatiques. On les qualifie de statistique inférentielle à partir des calculs réalisés sur des

données climatiques observées. Les caractéristiques des données dans le cas des tests paramétriques peuvent être obtenues à l'aide de paramètres estimés sur l'échantillon, dans ce cas, la procédure du test ne porte alors que sur ces paramètres. Ainsi donc l'hypothèse de normalité des données est alors utilisée au moyen du calcul de la moyenne et de la variance pour caractériser la distribution.

Les tests non paramétriques encore qualifiés de tests « distribution free », facilitent l'estimation des paramètres des distributions avant de procéder au test d'hypothèse proprement. Lorsque les données sont quantitatives, les tests non paramétriques transforment les valeurs en rangs, surtout lorsque les données sont qualitatives.

10.6.5.1. Test de rupture de Pettitt

Le test non paramétrique de Pettitt (1979) permet de mesurer la stationnarité ou non de la série pluviométrique. Selon Pettitt, l'absence de la rupture dans une série (X_i) de taille N constitue l'hypothèse nulle. Sa mise en œuvre suppose que pour tout instant t compris entre 1 et N , les séries chronologiques $(X_i)_{i=1}^{t-1}$ (Equation 6) à t et $t+1$ à N appartiennent à la même population, selon l'hypothèse si à l'instant t l'hypothèse nulle est rejetée, une estimation de la date de rupture est donnée, définissant la valeur absolue de la variable $U_{t,N}$. On pourra calculer dans ce cas la somme des rangs des éléments de chaque sous échantillon dans l'échantillon total. Ainsi, on considère la variable U_t et N , telle que : $U_t, N = \sum_{i=1}^t \sum_{j=t+1}^N D_{ij}$ (Equation 7), avec K , la variable correspondant au maximum en valeur absolue de U_t, N , sachant que t varie de 1 à $N-1$. Pour tout KN prise dans la série étudiée, sous l'hypothèse nulle, la probabilité de dépassement de la valeur K est donnée par : $\text{Prob}(KN > K) = 2 \exp[-6K^2/(N^3 + N^2)]$ (Equation 8). Ainsi, si $\text{Prob}(KN > K)$ est inférieure à α , l'hypothèse nulle est rejetée.

10.6.5.2. Approche Bayésienne de Lee et Heghinian

L'approche Bayésienne est considérée comme une méthode basée sur une approche paramétrique et permet de confirmer ou d'infirmer l'éventualité d'un changement dans une série chronologique. Elle permet d'estimer la distribution de la position de la rupture. Elle est complémentaire au test de Pettitt, en ce sens qu'elle permet de confirmer la date de la rupture détectée par le test de Pettitt.

10.6.5.3. Statistique U de Buishand

L'approche de Buishand fait référence au même modèle et aux mêmes hypothèses que l'approche de Lee et Heghinian. Cette approche stipule que l'hypothèse nulle du test statistique est l'absence de rupture dans la série des données. En cas de rejet de l'hypothèse nulle, aucune estimation de la date de rupture n'est proposée par le test. Par ailleurs, la construction d'une

ellipse de contrôle permet d'analyser l'homogénéité de la série de (X_i) . La variable S_k , définie suivant une distribution normale de moyenne nulle et de variance $k(N-k)N^{-1} \sigma^2$, (*Equation 9*) $k=0$, N est l'hypothèse nulle d'homogénéité de la série des (X_i) .

10.6.5.4. Test de Bravais Pearson

Les tests de régression linéaire de Pearson (1896) sont utilisés pour définir l'intensité de la relation entre les variables mises en cause. Selon Pearson, le (r) est le coefficient de la corrélation qui s'exprime à l'intervalle compris entre -1 et 1. Ainsi, plus r se rapproche de 1 (en valeur absolue), plus la relation n'est forte, et $r=0$ indique l'absence de la corrélation. Par ailleurs, le coefficient est de signe + lorsque la relation est positive et de signe (-) lorsque la relation est négative. Cependant, un coefficient de corrélation nul n'est pas synonyme de l'inexistence d'autres relations autres que linéaires (Ricco Rakotomalala, 2012). Il sera également calculé dans cette partie le coefficient le r^2 , qui est le coefficient de détermination, dont la proportion de variance de Y (resp. X) linéairement expliquée par X (resp. Y).

Les principales hypothèses du test de Pearson sont les suivantes :

$H_0 : \rho = 0$, absence de liaison linéaire entre les variables

$H_1 : \rho \neq 0$, existence d'une liaison linéaire

- Si $|t| \geq t_{\text{seuil}}$, Rejet de H_0 , existence d'une liaison linéaire significative entre les variables
- Si $|t| < t_{\text{seuil}}$, Non rejet de H_0 , pas de liaison linéaire

L'intervalle de confiance est de 95%, si $p\text{-value} < 0,05$ alors on conclut l'existence d'une liaison linéaire, si $p\text{-value} > 0,05$ alors on conclut l'absence d'une liaison linéaire. L'amplitude du coefficient de corrélation Pearson détermine la force de la corrélation, Bien qu'il n'existe pas de règles strictes pour l'attribution d'une force d'association à des valeurs particulières, certaines lignes directrices générales sont fournies par Cohen (1988) (tableau 8).

Tableau 8: Identification des mois (sec et humide), d'après Bagnouls et Gaussen (1953) et lignes directrices des coefficients de corrélation d'après Cohen (1988)

Coefficient valeur	force de l'association
$0,1 < |r| < 0,3$	Faible corrélation
$0,3 < |r| < 0,5$	corrélation moyenne
$|r| \gg 0,5$	grande/forte corrélation

10.6.5.5. Principes des ACP

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) est une des méthodes statistiques d'analyse de données multi variées. Elle permet de projeter les observations depuis l'espace à p dimensions des p variables vers un espace à k dimensions ($k < p$) tel qu'un maximum

d'informations soient conservées sur les premières dimensions. L'ACP utilise une matrice qui indique le degré de similarité entre les variables et le coefficient de corrélation de **Pearson** ou la **covariance** comme indice de similarité. La corrélation de Pearson présente l'avantage de donner des matrices semi-définies positives dont les propriétés sont utilisées en Analyse en Composantes Principales. Le coefficient de corrélation (Pearson) permet de supprimer les effets d'échelle, ainsi une variable variant entre 0 et 1 ne pèse pas plus dans la projection qu'une variable variant entre 0 et 1000. Toutefois, dans certains domaines, lorsque les variables sont supposées être sur des échelles identiques, ou lorsque l'on veut que la variance des variables influe sur la construction des facteurs, on utilise la covariance.

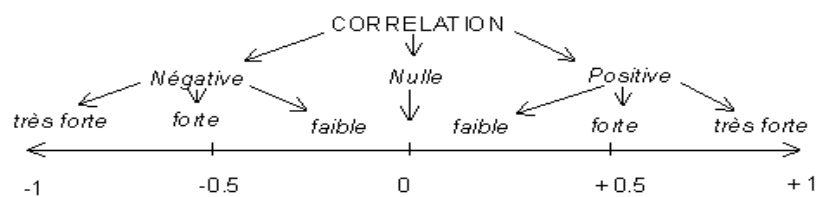
➤ *Types de variables utilisées dans le cadre de l'ACP*

Les variables utilisées dans le cadre de cette étude sont entre autres les moyennes des variables mensuelles et saisonnières des facteurs déterminants du climat (TSO, pression atmosphérique, position en latitude et en longitude) enregistrés au niveau des centres d'actions des anticyclones des Açores et de l'île Sainte Hélène sur la période comprise entre 1950 et 2015. Compte tenu de nombreuses recherches évoquées au chapitre précédent, ces variables seraient parmi tant d'autres indicateurs intéressants pour expliquer la dynamique spatiale et temporelle de la pluviométrie observée au niveau local.

➤ *Interprétation de $r(XY)$*

Le coefficient $r(XY)$ varie entre -1 et +1. Son interprétation est la suivante :

- si r est proche de 0, il n'y a pas de relation linéaire entre X et Y
- si r est proche de -1, il existe une forte relation linéaire négative entre X et Y
- si r est proche de 1, il existe une forte relation linéaire positive entre X et Y



Le signe de r indique le sens de la relation, tandis que la valeur absolue de r indique l'**intensité** de la relation, c'est-à-dire la capacité à prédire les valeurs de Y en fonction de celles de X.

10.6.5.6. Détermination de l'Indice Standardisé des Précipitations (SPI)

10.6.5.6.1. Détermination de l'indice SPI au niveau national

D'après Nouaceur Z. et al (2015), l'SPI correspond à la transformation d'une série temporelle des précipitations en une distribution moyenne standardisée de moyenne nulle et d'écart-type unitaire. Il permet ainsi d'analyser les valeurs extrêmes, obtenues en ajustant une densité des probabilités appropriées à la distribution de fréquences des précipitations moyennes, et l'intensité des évènements est évaluée selon la valeur de l'indice obtenu.

10.6.5.6.2. Application de l'SPI à la Matrice de Bertin

La Matrice Graphique Chronologique de Traitement de l'Information (MGCTI) de type « Matrice Bertin » est une méthode qui s'associe à des statistiques de dispersion sur une application graphique. Dans le cadre de ce travail, l'application de la Matrice de Bertin permettra d'analyser dans un premier temps la répartition spatio-temporelle des volumes pluviométriques et de déterminer dans un deuxième temps les périodes de changement de cycles (Z. Nouaceur et al, 2015).

10.6.5.7. Détermination des évènements pluviométriques extrêmes selon les critères du GIEC

Traitement et analyse des données

L'essentiel du travail est fait à l'aide des logiciels RClmDex et Excel de la suite Microsoft Office. Le dernier logiciel a permis de gérer des données quantitatives organisées par le logiciel RClmDex, et d'en générer les graphiques plus lisibles.

Détermination des indicateurs des changements climatiques (selon le GIEC)

Pour analyser les extrêmes de pluies, le calcul des indices a été effectué. En effet, de nombreux indices climatiques (27) dont les indices pluviométriques au nombre de 11 ont été définis par la communauté des climatologues. Dans ce chapitre, 08 de ces indices feront l'objet de ce travail. Les identités, les noms et les méthodes de calcul de ces indices sont présentés dans le tableau 9 Cette méthode d'analyse est communément utilisée pour l'étude des événements extrêmes.

Tableau 9:Indices pluviométriques selon le GIEC

N°	Indices	Nom de l'Indice	Définition	Unité
1	R10 mm	nombre de jours de fortes précipitations	Nombre de jours par année où PRCP \geq 10 mm	jour
2	R20 mm	Nombre de jours de très fortes précipitations	Nombre de jours par année où PRCP \geq 20 mm	jour
3	CDD	Jours secs consécutifs	nombre maximal de jours secs consécutifs	jour
4	CWD	Jours pluvieux consécutifs	nombre maximal de jours pluvieux	jour

			consécutifs	
5	R95p	Jours très humides	Précipitations totales quand RR > 95 ^{ième} percentile de 1961-2000	mm
6	R99p	Jours extrêmement humides	Précipitations totales quand RR > 99 ^{ième} percentile de 1961-2000	mm
7	RX5day	Quantité maximale de précipitations durant 5 jours	Précipitations maximales de l'année durant 5 journées	mm

Source, GIEC 2013

10.6.6. Caractérisation du nombre de jours successifs sans pluies

Les données qui ont servi à l'élaboration de cette analyse ont été traitées puis analysées par des applications statistiques spécifiques, notamment le logiciel R-climindex. En climatologie, les pluies potentiellement utiles sont très généralement attribuées au nombre de jours successifs sans pluies « **trous pluviométriques** » qui permettent d'identifier les périodes à risque pluviométrique majeur sur une série quantitative. Cet indicateur est d'autant plus important que nombreuses sont les activités socio-économiques à fortes dépendance de la pluviométrie, et qui connaissent des perturbations du fait de l'arrêt brusque et voire prolongé des pluies.

Le nombre de jours successifs sans pluies est un indicateur pluviométrique qui permet de mettre en alerte les acteurs qui exercent des activités socio-économiques fortement dépendantes de la pluviométrie. Ces derniers s'attendent à un stress hydrique occasionné par un manque de pluie prolongé à durée variable à des périodes non définies au cours de l'année. Dans le cadre de ce travail, trois classes de cette variable (nombre de jours successif sans pluies) communément observées sur l'ensemble des données collectées ont été identifiées pour les 10 Régions du Cameroun:

- classe 1 : nombre de jours successifs sans pluies compris entre 0 et 6 jours ;
- classe 2 : nombre de jours successifs sans pluies compris entre 7 et 14 jours ;
- classe 3 : nombre de jours successifs sans pluies supérieurs à 14 jours.

Détermination du degré de sévérité pluviométrique par le Principe de Nicholson

Le Principe de l'indice de Nicholson a été choisi pour détecter le degré de sévérité pluviométrique entre 1950 et 2015 au Cameroun. Le calcul de l'indice du nombre de jours successifs sans pluies standard (ITS) permet de déterminer la sévérité de la sécheresse selon les classes ci-dessus identifiées. Le principe de Nicholson a été calculé sur la base de l'analyse des anomalies centrées, en standardisant les données par la formule :

$$\Delta P = (P_i - P_m) / \sigma(P), \quad (\text{Equation 10})$$

Où : ΔP est l'anomalie centrée réduite pour l'année i , P_i est la valeur de la variable, P_m est la moyenne de la pluviométrie et $\sigma(P)$ l'écart-type de la série pluviométrique.

L'indice des anomalies pluviométriques

L'indice des anomalies pluviométriques (SPI) peut être utilisé par classe, et peut être positif ou négatif. Il s'exprime sur la base de la moyenne et de l'écart-type en suivant la loi moyenne centrée réduite.

L'indice SPI utilisé par Mc Kee et al (1993) permet de faire un suivi de la sécheresse et d'élaborer des systèmes d'alertes précoces. Cet indice est utilisé selon la formule ci-après :

$$\text{SPI} = (\text{Xi} - \text{Xm}) / \text{Si}, \text{ (Equation 11)}$$

où **Xi** est le cumul de la pluie pour une année *i* ; **Xm** et **Si** sont respectivement la moyenne et l'écart type des pluies annuelles observées pour une série donnée.

En se fondant sur l'analyse des données pluviométriques annuelles des 10 principales stations représentatives des 10 Régions du Cameroun entre 1950 et 2015, les résultats de l'indice SPI soumet à deux principaux types de résultats : (1) une forte variabilité annuelle décennale de l'SPI pour chaque Région étudiée. Ce qui a permis de mettre en évidence les décennies les plus sèches, et les décennies qui ont connu la plus forte humidité sur la période de l'étude. (2) une forte variabilité spatiale de la sécheresse ce qui a permis de faire une analyse sur la progression de la sécheresse et son ampleur dans les différentes stations étudiées.

Selon Wilhite et Glantz (1985), une sécheresse se définit comme un déficit hydrique d'une composante (au moins) du cycle hydrologique. On distingue classiquement 3 types de sécheresse : les sécheresses météorologiques liées à un déficit du cumul de précipitations, les sécheresses agricoles ou édaphiques concernant l'humidité moyenne des sols et les sécheresses hydrologiques liées aux débits des cours d'eau ou au niveau des nappes. Dans ce contexte, on s'intéressera à la sécheresse météorologique afin de mesurer en utilisant l'Indice Standardisé Précipitation (SPI).

Méthode de calcul de la probabilité d'occurrence d'un événement pluviométrique extrême (figure 33).

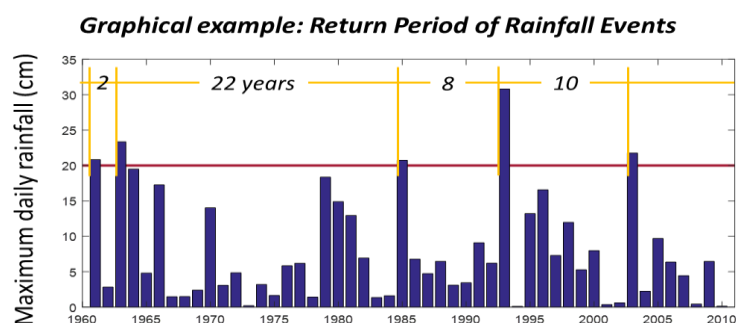


Figure 33: Calcul de l'occurrence d'un événement pluviométrique extrême

Source : Wilhite (1985)

Il est démontré que les évènements pluviométriques sont interdépendants d'une année à une autre. Ainsi donc,

$$P = 1/T_r, \text{ avec } P \text{ la probabilité d'occurrence d'un évènement d'intensité } T_r \text{ pour}$$

une année donnée. *(Equation 12)*

Détermination de l'occurrence des classes

- **Occurrence de plus de 2 ans**

- $(1-P)$ est la **probabilité d'occurrence d'une année**
- $(1-P).(1-P)=(1-P)^2$ est la **probabilité d'occurrence d'une série d'année** et $1-(1-P)^2$, la probabilité d'occurrence au-delà de 2 ans. *(Equation 13)*

- **Généralisation de la probabilité d'occurrence pour une série de N années.**

Pour N d'années, la probabilité d'occurrence est donnée d'après la formule de Wilhite suivante : $1-(1-P)^N$.

10.7. Analyse multifactorielle et modelisation

10.7.2. Régression par les Moindres Carrés Ordinaires (MCO)

Dans «Guide d'Econométrie Appliquée », Ouellet et al (2005) définissent la régression par les *moindres carrés* comme la méthode qui permet de mieux estimer statistiquement les coefficients d'une régression linéaire multi variée, tout en minimisant la somme des carrés des résidus. Selon ces auteurs, c'est un outil statistique habituellement utilisé dans le cadre des études des variables multidimensionnelles, surtout dans le cas des modèles de régression linéaire. Les modèles de régression mathématiques nécessitent l'usage de formules complexes, et leurs applications sont très fréquentes dans des domaines de la médecine, l'économétrie, les sciences sociales, la climatologie, etc. Le principal objectif du modèle de régression multiple, étant de décrire l'association entre les variables. Dans le cas des relations entre deux variables, il est important de contrôler l'effet des autres variables sur la variable dépendante, en particulier les facteurs de confusion, qui conduisent au principe d'ajustement. Les techniques d'ajustement permettent d'augmenter la précision (la puissance) de l'estimation de l'effet du traitement, dont de prendre en compte le facteur de confusion au moment de l'analyse.

Dans le cadre d'une régression multiple, la formule souvent utilisée est la suivante :

$$\hat{y} = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_3x_3 + \dots + \beta_nx_n, \text{ (Equation 14)}$$

avec H_0 considéré comme hypothèse nul ($H_0 : \beta=0$). Cela signifie que l'effet marginal « d » des coefficients sur la variable dépendante est nul, et que l'hypothèse alternative est H_1 , dans ce cas, $\beta \neq 0$, $H_1 : \beta > 0$ ou $H_1 : \beta < 0$. L'hypothèse alternative vient influencer la zone de rejet du test. Cette zone déterminée à son tour par le niveau de confiance (α). Ainsi, plus le niveau de

confiance est élevé et plus le test est précis. Dans le cas des études de climatologie, comme dans d'autres disciplines de sciences humaines, le niveau de confiance utilisé est de 5%. Dans ce cas on parle de 5% de chances pour rejeter l'hypothèse nulle alors qu'elle est vraie. Dans le cadre de la présente étude, il est question de privilégier le test bilatéral pour avoir plus de précision.

➤ ***Variables quantitatives et hypothèses dérivées du modèle***

En régression linéaire Y est prédite par une combinaison de variables explicatives X_1, X_2, \dots, X_p . Cette hypothèse de linéarité implique qu'une variation (augmentation ou diminution) de a unités d'une variable explicative quantitative X_1 a le même effet sur Y quelle que soit la valeur de X_1 . C'est ainsi que, dans la régression linéaire des quantités de précipitations en fonction d'un facteur dit déterminant, si la pente vaut 0,01, cela implique que chaque année les quantités de précipitations augmentent de 0,01mm en fonction du facteur déterminant identifié, et ce, quelle que soit la station observée. Cette hypothèse se vérifie facilement dans les graphiques, en représentant l'évolution des quantités de précipitations en fonction des facteurs déterminants du climat observés au niveau des 02 anticyclones subtropicaux et en vérifiant l'alignement des nuages de points par rapport à la droite de régression.

➤ ***Test de Student***

Le test de Student fait partie des méthodes de statistique inférentielle. Ce test dit paramétrique repose sur la comparaison des moyennes quantitatives de deux échantillons indépendants ou appariés. La statistique *inférentielle* est la partie des statistiques qui extrapole sur les constats faits sur un ensemble d'éléments très souvent robustes. Il permet de tester des hypothèses sur cet ensemble, pour prendre les décisions les plus importantes. Il s'oppose à la statistique descriptive qui se contente de décrire uniquement des observations. Le test de Student nécessite alors au préalable l'usage d'un test de normalité, afin de s'assurer que la distribution de l'échantillon est compatible avec l'hypothèse de distribution gaussienne de la variable.

➤ **Conditions d'application d'un test de Student dans le cas d'une variable aléatoire**

Soit X une variable aléatoire distribuée selon une loi normale, la variable aléatoire définie ci-dessous suit une loi de Student avec n -1 degrés de liberté.

$$t_{\text{obs}} = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\sqrt{\frac{S^2}{n}}} \quad (\text{Equation 15})$$

avec μ_0 la moyenne de la population spécifiée par H_0 , \bar{X} la moyenne de l'échantillon, S^2 la variance de l'échantillon et n est la taille de l'échantillon.

➤ **Dans le cas de deux échantillons indépendants**

Un test statistique est un mécanisme qui permet de prendre une décision entre deux hypothèses, au vu des résultats d'un échantillon. Soient H_0 et H_1 deux hypothèses (H_0 est appelée hypothèse nulle, H_1 hypothèse alternative), dont une et une seule est vraie. La décision consiste à retenir soit H_0 soit H_1 .

- Pour un test bilatéral, on émet les hypothèses suivantes:

- Hypothèse nulle, $H_0: p_A = p_B$
- Hypothèse alternative, $H_1: p_A \neq p_B$.

Pour un test unilatéral, ces hypothèses deviennent :

- Hypothèse nulle, $H_0: p_A = p_B$
- Hypothèse alternative, $H_1: p_A > p_B$ ou $p_A < p_B$

10.7.3. Correction d'erreur par la méthode d'hétéroscédasticité

Selon Maouloud (2014), l'hétéroscédasticité intervient lorsque l'hypothèse de la constance de la variance d'erreur $E(\varepsilon_i) = \sigma^2, \forall i$ est violée. L'hétéroscédasticité est un problème qui se pose dans les modèles spécifiés en coupe instantanée que ceux en série temporelle. Pour cela, il existe plusieurs tests permettant de détecter l'hétéroscédasticité : le test de White, le test de Breusch-Pagan-Godfrey ; le test de Harvey ; le test de Glejser ; le test de ARCH. Ces différents tests peuvent s'effectuer directement avec le logiciel Stata version 2.0. L'erreur d'estimation sur l'individu i est donc égal au résidu ε_i défini par :

$$\varepsilon_i = (Y_i - Y^*_{xi}) = Y_i - (aX_i + b), \quad (\text{Equation 16})$$

avec Y_i l'erreur d'estimation, X est la variable dépendante, Y la variable indépendante, b est la constante et a la pente.

10.7.4. Vérification des hypothèses de la régression multiple

La vérification des hypothèses est une condition nécessaire avant de s'engager à l'interprétation statistique des résultats du modèle. Il est question pour cela de vérifier les hypothèses d'hétéroscédasticité des perturbations et d'auto corrélation des erreurs.

Test d'hétéroscédasticité des résidus

Plusieurs tests peuvent être effectués pour vérifier l'hétéroscédasticité des variables. C'est le cas des tests de Breusch-Pagan, test de Goldfeld, test de Glejser et test de White. Dans le cadre de cette étude, il, sera question d'utiliser le test de Breusch-Pagan qui s'adapte le mieux avec le logiciel Stata version 2.0 pour tester l'hétéroscédasticité, le problème du test est le suivant :

- H_0 : homoscedasticité
- H_1 : hétéroscédasticité

- Si la probabilité associée au test est inférieure à α , on rejette l'hypothèse d'homoscédasticité (H_0).
- En revanche, si la probabilité est supérieure à α , l'hypothèse nulle est ainsi vérifiée et l'on peut alors supposer l'homoscédasticité des résidus, avec α au seuil de significativité 5%.

Les résultats du test d'hétéroscédasticité montrent que toutes les probabilités associées aux coefficients sont supérieures au seuil 0,05. Donc l'hypothèse H_1 d'hétéroscédasticité est rejetée et l'homoscédasticité des résidus est vérifiée.

Test d'auto corrélation des erreurs

Le test d'auto corrélation des résidus est une condition nécessaire pour la validation des résultats de l'estimation (Ouellet, 2005). L'analyse des résidus permet alors de détecter la dépendance des erreurs. Pour cela, le même auteur conseille d'utiliser un nouvel estimateur qui est les Moindres Carrés Généralisés (MCG), lorsque les erreurs sont autos corrélées. L'analyse peut alors s'effectuer par le test de Durbin-Watson ou le test de Breusch-Godfrey. Pour ce modèle précis, le test statistique de Breusch-Godfrey (1978) sera utilisé pour vérifier l'auto corrélation des erreurs.

Test de cointégration

L'étude de la cointégration se fait sur la base de la stationnarité des séries. Les séries étant stationnaires et intégrées dans différents ordres. Ledit test se fera par la méthode de Johansen, selon laquelle deux séries chronologiques non stationnaires sont cointégrées si elles ont tendance à se déplacer dans le temps. Si deux séries non stationnaires se déplacent ensemble, on dit qu'elles sont « cointégrées ». La procédure consiste à utiliser la méthode des moindres carrés, puis à tester les résidus pour la non-stationnarité en utilisant le Test de Dickey-Fuller Augmenté complet. L'hypothèse nulle dans ce cas est que les résidus sont non stationnaires. Le rejet de celle-ci conduit à la conclusion selon laquelle les résidus sont stationnaires et les séries sont cointégrées.

Les tests de cointégration fournissent des élasticités des variables aussi bien pour le court terme que pour le long terme. Ils traduisent le degré d'influence des variables exogènes sur la variable endogène. L'étude considère le seuil de 5% pour la validation des hypothèses.

Tests de stationnarité de Dicker-Fuller

Les tests de Dickey-Fuller et de Dickey-Fuller Augmenté (ADF) (1981) permettent de rendre compte de la stationnarité ou non d'une série. Ce test a été proposé pour améliorer le test de Dickey-Fuller simple en prenant en considération la corrélation de ce qu'on appelle en statistique les bruits blancs. Il intègre en complément l'hétéroscédasticité des erreurs. D'une manière pratique, le test ADF consiste alors à estimer les modèles qui précèdent en introduisant

des variables retardées. Par exemple, le modèle sans constante ni dérive temporelle est le modèle suivant :

$$\Delta y_t = \phi \cdot y_{t-1} + \sum_{j=2}^p \beta_j \cdot \Delta y_{t-j+1} + \varepsilon_t \quad (\text{Equation 17})$$

L'hypothèse nulle du test DFA dans ce cas est l'hypothèse de la racine unitaire (ou de non-stationnarité) de la variable y_1 soit l'hypothèse $H_0 : \phi_1=0$. Il s'agit également dans ce cas de comparer la valeur estimée du test de Student associé au paramètre ϕ_1 aux valeurs tabulées de cette statistique. Les valeurs critiques de cette statistique, notée ADF (Dicker Fuller Augmenté) dans ce qui suit, sont données par Mackinnon (1996). L'hypothèse nulle H_0 de non-stationnarité de la série temporelle est rejetée au seuil de 5% lorsque la valeur observée du test de Student est inférieure à la valeur critique tabulée par Mackinnon (1996) où $t < ADF_{0,5}$.

10.7.5. Distribution spatiale des quantités de précipitations

La distribution mensuelle spatiale des quantités de précipitations de 1950 à 2015 a été possible grâce au logiciel de cartographie ArGis, version 4.5. Pour cela, il était nécessaire de disposer de longues séries pluviométriques (plus de 30 ans) sur l'étendue du territoire national. Ainsi, outre les données des quantités de précipitations des dix principales stations régionales, utilisées précédemment dans le cadre de cette étude, une seconde série de données in situ des quantités de précipitations, collectées sur l'étendue du territoire national auprès des institutions telles que le Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques (Pluviométries journalières des origines à 1972 ; puis de 1972 à 1980, Tomes 1 et 2), la Direction de la Météorologie Nationale (DMN), le projet PULCI, le MINADER et les structures privées telles que SODECOTON, SEMRI, ASECNA, etc.) a été mise à contribution.

Pour ajuster les cumuls pluviométriques mensuels et annuelles des données des stations (postes pluviométriques) manquantes aux lois de répartition spatiales sur l'étendue du territoire national, l'étape de correction des lacunes desdites données a consisté à utiliser l'information des stations (postes pluviométriques) se trouvant dans les stations les plus proches, tout en ajustant les séries manquantes par la loi de répartition, le calcul des quantiles, et l'application des lois telles que la Gamma incomplète, ou encore la loi des fuites. Pour chaque série présentant des lacunes, nous avons appliqué le maximum de tests possibles (KHI 2, statistique de Cramer-Von Mise, statistique de Watson et statistique d'Anderson-Darling- logiciel ALED, 1991). Les tableaux 9 à 18 en annexe de la présente thèse présente le réseau d'observation pluviométrique par type de données et selon leur période de collecte.

10.7.6. Analyse de la significativité des coefficients du modèle

Il est important de signaler que la période comprise entre le mois de décembre et mars est considérée comme l'unique saison sèche dans la zone des Hautes savanes Guinéennes, les Hauts Plateaux et la zone forestière à pluviométrie monomodale qui inclut la zone côtière et Littorale. Dans la zone forestière à pluviométrie bimodale, cette période correspond à la grande saison sèche.

Les tableaux de régression sont obtenus à la suite d'une première transformation en Analyse à Composante Principale (ACP), qui consiste selon Christophe Croux et al (2005) à transformer les variables corrélées en de nouvelles variables dites « décorréelées » les unes des autres. Les nouvelles variables sont appelées « Composantes Principales ». Pour Périnel (2008), la méthode des ACP permet de synthétiser le nombre de variables, surtout celles qui sont très peu significatives dans la corrélation, et d'en conserver les plus significatives, afin de rendre l'information moins redondante. Pour cela, 04 variables seront retenues, à savoir : les positions en latitude et en longitude des anticyclones de l'île Sainte Hélène et la pression barométrique enregistrée au niveau des anticyclones des Açores et de l'île Sainte Hélène. Une fois la méthode des ACP effectuée, on procède à la régression multiple des variables retenues.

L'analyse de la significativité du modèle par localité météorologique se fera en deux principales étapes :

- une analyse de la qualité globale, c'est-à-dire si l'ensemble des variables explicatives exerce une influence sur la variable dépendante ;
- des tests de significativité individuelle des coefficients. Le test de significativité globale du modèle peut être formulé de la manière suivante : existe-t-il au moins une variable explicative significative ? Cette démarche analytique s'adosera sur l'importance que les chercheurs statisticiens ont toujours accordée à la P-value.

De nombreux auteurs ont largement expliqués la P-value et son rôle en économétrie, Pearson (1900), Gibbons et al (1975), Bosson (2009), Nuzzo (2014), Ronald Wasserstein et al (2016), la considèrent comme une variable aléatoire, un calcul à posteriori généralement utilisé dans le cas des corrélations multiples, ou le risque d'erreur est grand. Ainsi, plus la P-value est petite, plus il est incontestable que les variables soient liées (elles soient corrélées sans que cela implique forcément une causalité) ou que les moyennes soient différentes. Par convention, on se fixe souvent une P-value au seuil de 5 %.

Il est question par la suite de procéder à un arbitrage en comparant la valeur de la F-statistique exprimée à celle tabulée par Fisher. Ces calculs statistiques se font automatiquement avec le logiciel Stata 2.0, qui fournit en même temps la probabilité associée à la F-statistique au

seuil de 5% telle qu'énoncée. Dans le cas où ladite probabilité est associée à la F-statistique calculée est inférieure à 5%, l'hypothèse H_0 est rejetée au détriment de l'hypothèse alternative H_1 et la régression est globalement significative.

Dans les différents tableaux, les symboles suivants sont utilisés :

- R^2 représente le coefficient de détermination ;
- $Prob > F$, le test de significativité global de Fisher ;
- R -squared est le coefficient de détermination de la variable explicative sur la variable expliquée ;
- $P > T$ est le test de significativité individuelle, encore appelé test de Student ;
- $Coef$ est le niveau de variation de la variable expliquée.

10.7.7. Elaboration des nuages de points

Le nuage de points indique le degré de relation entre deux ou plusieurs variables liées, chaque unité représentant un point dans le nuage. Étant donné que les corrélations sont bivariées, en tenant compte du fait que chaque facteur déterminant est corrélé aux quantités de précipitations individuellement, l'axe des abscisses positionne les facteurs déterminants du climat, tandis que l'axe des ordonnées positionne les variables dépendantes (quantités de précipitations). Sur les différents points qui sont par ailleurs de même taille, sont affichés à des intervalles irréguliers les nuages de points proprement dits. La droite de régression se rapprochant le plus de tous les points est tracée afin de montrer la force de la relation entre les variables. Plus les points sont rapprochés, et plus la corrélation est importante.

10.7.8. Régression par les moindres carrés ordinaires (MCO)

Dans cette partie, l'estimation de la dynamique des quantités de précipitations en fonction des facteurs déterminants du climat se fera au moyen de la méthode MCO. Ladite méthode se fait sur la base du modèle logarithmique de régression linéaire simple, couramment utilisé en économétrie. Cependant, les résultats de l'estimation seront interprétés avec beaucoup de prudence, étant donné qu'au-delà desdits facteurs déterminants observés au niveau des anticyclones subtropicaux, d'autres facteurs globaux au-delà de l'océan atlantique (El Niño au niveau de l'océan pacifique, anticyclone Subtropical de l'Océan Indien ou anticyclone des Mascareignes, etc.) exercent une influence sur la distribution spatiale et temporelle des quantités de précipitations au niveau local. Dans le cadre de cette étude, 08 variables représentant les facteurs déterminants du climat (TSO et pression atmosphérique enregistrés au niveau des anticyclones des Açores et de l'île Sainte Hélène, les positions en latitude et en longitude des centres d'actions atmosphériques) seront prises en compte et incorporés dans le modèle économétrique pour faire des estimations prévisionnelles des quantités de précipitations pour les

10 stations locales du Cameroun. Les autres facteurs locaux ont été présentés à l'introduction générale mais seront de temps en temps évoqués, mais à titre transitoire pour justifier le caractère systémique d'un système climatique complexe et global.

10.7.9. Fonctionnement du modèle de prévision des précipitations

Selon Hastemth (1986), trois types de modèles peuvent être utilisés pour élaborer une prévision climatique. Il s'agit entre autres :

- du modèle numérique qui simule les équations de circulation générale ;
- du modèle statistique et/ou stochastique, où les entrées ne sont autres que les variables à prédire ;
- du modèle statistique où les entrées sont des variables météorologiques autres que les variables de sortie.

Le modèle statistique peut à son tour être subdivisé en modèle de persistance où des valeurs des précipitations dans une localité X présentant des conditions similaires sont utilisées pour prédire les précipitations d'une autre région Y et le modèle qui combine les diagnostics de la circulation générale et les méthodes statistiques. Cette démarche sera construite en cinq principales étapes (figure 34).



Figure 34 : Modèle statistique qui incorpore les informations climatiques

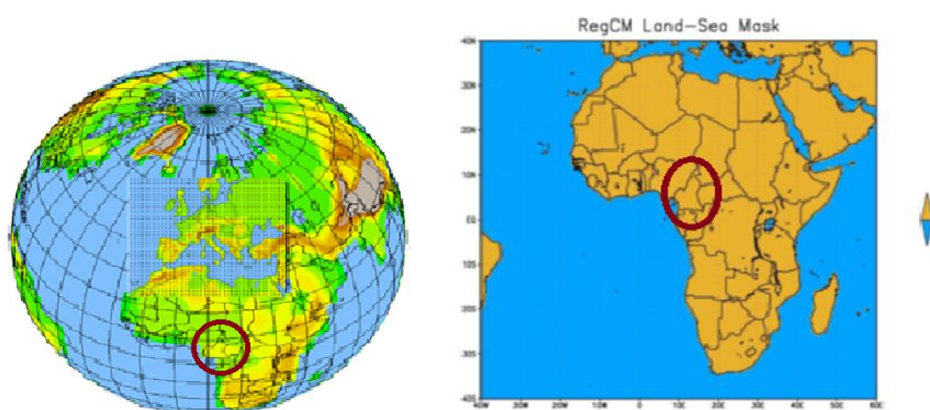


Figure 35 : Modère climatique régionale (RegCM)

Source : Météo France
Réalisation : Météo France, 2020

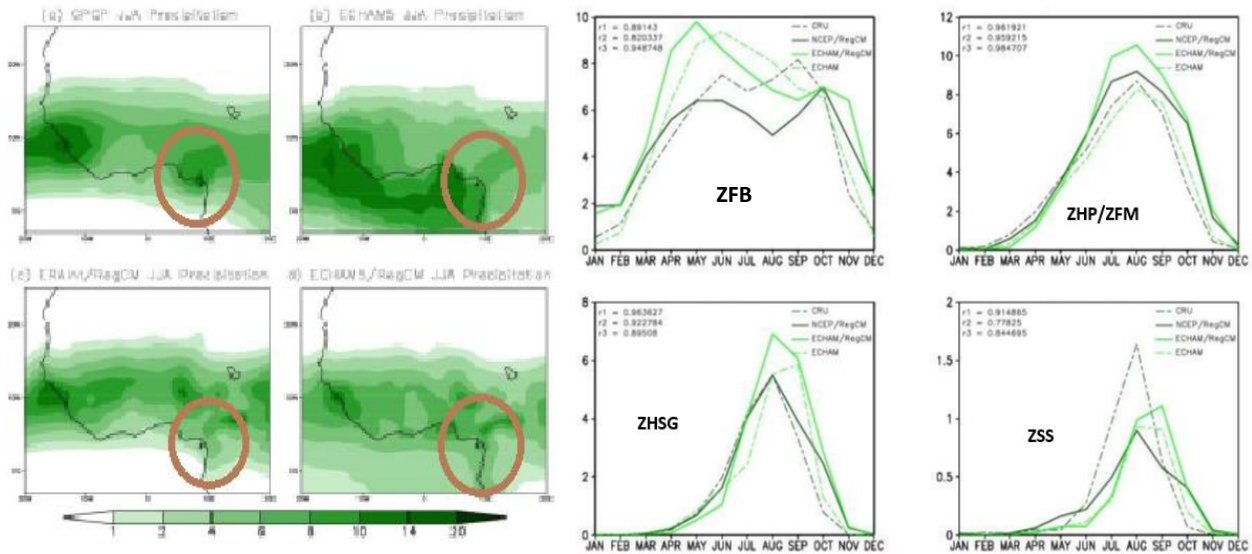


Figure 36 : Simulation des précipitations (a), cycle annuel des précipitations (b)

Source : NOAA

Réalisation : NOAA, 2020

10.7.10. Tentatives d'amélioration du modèle : intégration des équations complexes

Dans le but d'améliorer la prévision quantitative des pluies, le présent travail s'inspirera de trois méthodes, notamment celles de Thalamy (1981), Mandon (1985) et Berlin et Cendrier (1986). Ces différents modèles intègrent les équations complexes dans le cadre des prévisions climatiques.

- ✚ Thalamy a surtout travaillé sur la prévision des durées d'insolation en utilisant des techniques d'analogie. Cette méthode fait intervenir des fichiers historiques qui intègrent 56 paramètres, parmi lesquels les paramètres de date (jour, mois et année), les rapports d'insolation RI (rapport entre le nombre d'heures d'ensoleillement de la journée et la durée d'ensoleillement astronomique à la date considérée) des journées J, J+1 et J-1, classés en 3 groupes (RI faible, moyen et fort). Ce modèle se résume à la formule améliorée ci-après :

$$D2(J,C) = \sum [X_i(J) X_i(J) - \{X_i(C) X_i(C)\}^2]$$

CP choisies (Equation 18)

avec $\Delta X_i(J) = X_i(J) - X_i(J-1)$ qui est la variable d'évolution entre J et J-1.

Le modèle fait implicitement l'hypothèse selon laquelle l'évolution entre les journées J-1 et J est la même qu'entre J et J+1. Malheureusement, les résultats de ce modèle ne sont pas toujours concluants. Dans le but de maximiser le taux de réussite (rapport entre le nombre de bonnes prévisions et le nombre de prévisions effectuées), Thalamy procède soit à l'annulation de la dérivée (mais alors on peut tomber sur un minimum), soit par tâtonnement.

- ✚ Une seconde méthode est celle de Mandon (1985). En étudiant les pluies intenses de type "cévenol", elle constate un manque d'homogénéité des pluies et des défauts d'alertes et de

fausses alertes. Pour remédier à cela, elle introduit un critère de sélection applicable seulement en cas de mise en alerte. Ce critère devait permettre de séparer les analogues peu ou pas pluvieux des autres, plus intenses, dans le cas d'épisodes "cévenols". Pour cela, deux méthodes seront utilisées :

- l'introduction de nouveaux paramètres à caractère local comme le vent, l'humidité et la température de l'air, etc. ;
- l'introduction d'un deuxième critère barométrique plus approprié à la détection des épisodes "cévenols" afin de différencier les situations d'été, d'automne et d'hiver et à effectuer un test spécifique pour chaque saison car les Composantes Principales discriminantes ne sont pas les mêmes.

✚ **En utilisant la méthode d'Analyse en Composante Principale (ACP), Berlin et Cendrier (1986) ont pu identifier les prédicants et les prédicteurs du climat, pour cela, ils ont procédé aux étapes suivantes :**

- redéfinition de certains groupements pluviométriques en procédant à l'Analyse en Composantes Principales des données collectées ;
- pondération des pluies des analogues en fonction de leur distance au jour de référence.
- élimination de la boule de proximité qui limite le nombre d'analogues retenus. Cela permettra, par la suite, d'effectuer une deuxième sélection sur ces analogues.

11. ORGANISATION GENERALE DE LA THESE

Le tableau 10 ci-dessous présente l'organisation générale de la thèse.

Tableau 10: Organisation générale de la thèse

Questions de recherche	Objectifs de recherche	Hypothèses de la recherche	Organisation des chapitres	
GLOBALE				
Peut-on à partir de la dynamique des facteurs déterminants du climat identifiés au niveau des centres d'action atmosphériques des Açores, de l'île Sainte-Hélène ainsi que du phénomène El Niño de 1950 à 2015, mieux comprendre afin de prédire le comportement de la pluviométrie au Cameroun ?	Etablir l'influence des facteurs déterminants du climat identifiés au niveau des centres d'action atmosphériques des Açores, de l'île Sainte-Hélène et du phénomène El Niño de 1950 à 2015 sur la dynamique spatiale et temporelle de la pluviométrie au Cameroun.	Une meilleure connaissance de la dynamique des facteurs déterminants du climat identifiés au niveau des centres d'actions atmosphériques des Açores, de l'île Sainte-Hélène, ainsi que le phénomène El Niño de 1950 à 2015 permet de mieux comprendre la situation de la pluviométrie au Cameroun.	<u>Introduction générale</u>	
N°	SPECIFIQUES			
<u>Première partie</u>				
1	Qu'elles sont les caractéristiques pluri-échelles de la pluviométrie au Cameroun et ses tendances évolutives sur la période comprise entre 1950 et 2015 ?	Faire une analyse pluri-échelles des caractéristiques et des tendances évolutives de la pluviométrie au Cameroun de 1950 à 2015	Une analyse à différentes échelles de temps des caractéristiques et des tendances évolutives de la pluviométrie de 1950 à 2015 permet de mieux maîtriser la dynamique spatiale et temporelle de la pluviométrie au Cameroun.	Chapitre 1
2	En quoi l'occurrence et l'évolution des événements pluviométriques extrêmes de 1950 à 2015 permet de mieux comprendre la dynamique spatiale et temporelle de la pluviométrie au Cameroun ?	Étudier l'occurrence et l'évolution des événements pluviométriques extrêmes de 1950 à 2015 pour mieux comprendre la dynamique de la pluviométrie au Cameroun	L'occurrence et l'évolution des événements pluviométriques extrêmes survenus de 1950 à 2015 permettent de mieux comprendre la dynamique spatiale et temporelle de la pluviométrie au Cameroun	Chapitre 2
3	Dans quelle mesure les perturbations de la distribution spatio-temporelle de la pluviométrie ont des effets sur les activités socio-économiques au Cameroun ?	Identifier quelques effets des perturbations de la distribution spatio-temporelle de la pluviométrie sur les activités socio-économiques au Cameroun.	Les perturbations dans la distribution spatio-temporelle de la pluviométrie au Cameroun de 1950 à 2015 ont des effets sur les activités socio-économiques	Chapitre 3
<u>Deuxième partie</u>				
4	Comment les facteurs déterminants du climat observés au niveau des centres d'actions atmosphériques des Açores et de l'île Sainte Hélène sur la période comprise entre 1950 à 2015 exercent une influence sur la pluviométrie au Cameroun ?	Établir l'importance des centres d'actions atmosphériques des Açores et de l'île Sainte Hélène de 1950 à 2015 sur la dynamique spatio-temporelle de la pluviométrie au Cameroun	Les centres d'actions atmosphériques des Açores et de l'île Sainte Hélène exercent une influence sur la dynamique spatio-temporelle de la pluviométrie au Cameroun	Chapitre 4 et 5
5	Quelles sont les effets des épisodes El Niño observés au niveau du Pacifique équatorial de 1950 à 2015 sur la dynamique spatiale et temporelle de la pluviométrie au Cameroun ?	Établir un lien entre les épisodes El Niño observés au niveau du Pacifique équatorial de 1950 à 2015 et la pluviométrie au Cameroun.	Les épisodes El Niño observés au niveau du Pacifique de 1950 à 2015 exercent une influence sur la dynamique spatiale et temporelle de la pluviométrie au Cameroun.	Chapitre 6
6	Discussion			
7	Conclusion			

CONCLUSION

La phase quantitative de cette recherche avait pour premier objectif de faire une collecte des données climatiques sur l'étendue du territoire national. Pour cela, des descentes de terrain ont été effectuées dans les stations météorologiques identifiées dans les dix régions du Cameroun. Compte tenu de la fermeture de nombreuses stations gérées par le Ministère des Transports (DMN), des insuffisances ont été relevées sur les séries disponibles. Pour pallier à ces insuffisances, les données climatiques des structures privées ont été mises à contribution, et le choix a été porté sur la pluviométrie, du fait de la représentativité et de l'homogénéité des séries disponibles sur la période comprise entre 1950 à 2015. Certaines données des stations locales ont également été mises à contribution, bien que les séries disponibles soient très limitées. Pour ce qui est des facteurs déterminants du climat enregistrés au niveau des centres d'actions atmosphériques, les données des TSO, de la pression atmosphérique et de la position des centres d'action atmosphérique au niveau des anticyclones des Açores et de l'île Sainte Hélène collectées par les centres internationaux de prévisions sur le climat ont été mises à contribution. Il s'agit de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) et de l'Institut international de Recherche sur le climat et la société (IRI) de l'Université de Colombie (USA). Cette étude qui se veut descriptive transversale, permettra d'analyser la dynamique spatiale et temporelle du climat au niveau national, et d'identifier les causes de cette dynamique au niveau planétaire. Il est question de présenter la zone d'étude, les types de données, les méthodes ou techniques utilisées pour la réalisation de l'étude et les logiciels utilisés.

PREMIERE PARTIE :

**DYNAMIQUE SPATIO-TEMPORELLE DE LA
PLUVIOMETRIE ET QUELQUES EFFETS SUR LES
ACTIVITES SOCIO-ECONOMIQUES AU CAMEROUN**

CHAPITRE 1

TENDANCES EVOLUTIVES DES PARAMETRES PLUVIOMETRIQUES AUX ECHELLES MENSUELLE, SAISONNIERE ET ANNUELLE DE 1950 A 2015 ET PREVISIONS AU CAMEROUN

INTRODUCTION

Les recherches actuelles sur la variabilité climatiques se sont très souvent penchées sur la dynamique pluviométrique en Afrique tropicale, au vu de leur importance sur les populations et leurs activités. Il est actuellement reconnu que malgré les mesures importantes prises pour réduire les émissions des gaz à effet de serre, l'évolution de certains paramètres climatiques ne pourraient être évitées, encore moins leurs répercussions sociales, économique et environnementale. Ceci explique les travaux de Nicholson (2000); Indeje et al (2000) ; Neng et al. (2002) ; Clark et al. (2003) ; Omondi et al. (2009), réalisés en Afrique de l'Est et ceux de Davies (1985) ; Ogallo et al. (1988) ; Ogallo (1988 et 1989) ; Beltrando et al (1996) ; Sun et al. (1999) ; Hastenrath (2000), Nicholson et al (2000) ; Camberlin et al. (2001); Schreck et al, (2004) ; Black (2005) ; Marchant et al. (2006) ; Mc Hugh (2006) ; Zabloné et al (2008) sur l'évolution climatique en Afrique de l'Ouest, Centrale et du Nord. Ces travaux ont permis de prédire le climat à court, moyen et long terme, et de fournir des informations climatologiques pertinentes, utiles à la prise des décisions pour les certains secteurs socio-économiques. Parmi les manifestations des changements climatiques au Cameroun, on note entre autres l'instabilité de la longueur des saisons, les perturbations dans la distribution spatiale et temporelle des éléments climatiques, la multiplication des vagues de chaleurs, ainsi que la multiplication des situations météorologiques extrêmes. C'est dans ce contexte que des inondations se multiplient dans les localités telles que Douala, Edéa, Mouanko dans la Région du Littoral ; Tiko, Buea, Limbe dans la Région du Sud-Ouest ; Maroua, Maga, Kaikai, Moulvoudai dans la Région de l'Extrême-Nord ; Yaoundé, Eséka dans la Région du Centre ; Kribi dans la Région du Sud, etc. On relève par ailleurs que ces évènements s'accompagnent de la destruction des biens, de matériels et des vies humaines. Le présent chapitre se propose de faire une analyse des tendances historiques des paramètres tels que les quantités de précipitations, le nombre de jour des pluies, les dates des débuts et des fins des saisons, la longueur desdites saisons dans les principales stations des dix Régions du Cameroun, aux différentes échelles spatiales et temporelles (mensuelle, saisonnière et annuelle) de 1950 à 2015. Ce regard historique est accompagné par la mise à contribution des scénarios climatiques destinés à anticiper les évolutions possibles en réponse aux préoccupations environnementales dans les dix Régions du Cameroun.

1. DYNAMIQUE SPATIALE DES PRÉCIPITATIONS AU CAMEROUN

Aux mois de décembre, de janvier et de février, c'est la saison sèche sur presque toute l'étendue du territoire national. Quelques localités subsistent, notamment les parties Sud-Ouest et Sud du pays qui, du fait de la présence de l'océan atlantique, couplée à la position du FIT enregistrent encore des excédents pluvieux. Pendant cette période, le F.I.T occupe la position nord de la région du Sud, et les régions de l'Extrême-Nord, du Nord, de l'Adamaoua, les parties Nord des régions du Centre et du Sud sont sous l'emprise de l'harmattan.

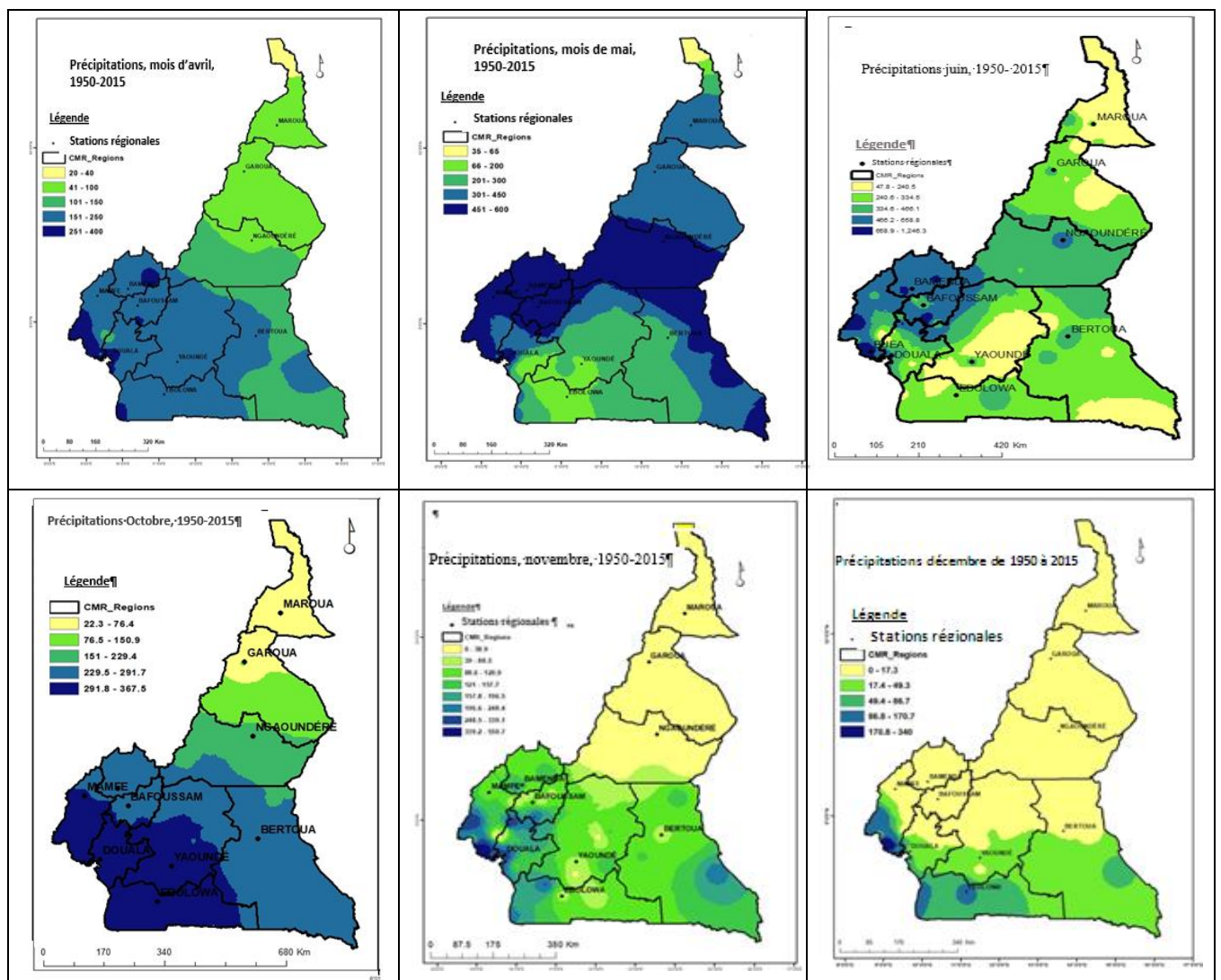
Vers le mois de mars, la mousson fait son apparition dans la partie côtière, marquant ainsi le début de la saison des pluies. Les pluies se progressent dans la zone forestière à pluviométrie bimodale (régions du Centre, de l'Est et du Sud), la partie Sud la Région de l'Adamaoua, les Hauts Plateaux (régions de l'Ouest et du Nord-Ouest) et la zone côtière. La localité de Kribi enregistre des records de 453 mm en 2004 et 390 mm en 2011. À partir du mois de mai, la saison des pluies s'installation progressive de dans presque toutes les régions du pays (figure 37).

De juin à août, malgré la présence des poches de pluies, c'est la petite saison sèche dans la zone forestière à pluviométrie bimodale, tandis que dans les autres régions du pays, c'est le prolongement de la saison des pluies. Pendant cette période, l'harmattan se retire au-delà du lac Tchad, laissant une bonne partie du pays sous l'emprise de la mousson. Les localités les plus humides pendant le mois de juin sont Ngaoundéré (22%), Bamenda (19%), Buea (20,2%) et Douala (18,9%). Les localités de Buea, Mamfe, Bamenda et Ngaoundéré reçoivent les deuxièmes volumes pluviométriques (compris entre 600 et 800mm de pluies) les plus importants au mois de juillet.

Entre le mois de septembre et d'octobre, le F.I.T se trouve entre le Sud du lac Tchad et la partie Septentrionale du Cameroun, laissant toute l'étendue du territoire national sous l'emprise des moussons. C'est le prolongement de la saison des pluies dans la zone Soudano Sahélienne (régions de l'Extrême-Nord et du Nord), des Hautes Savanes Guinéennes (région de l'Adamaoua), les Hauts Plateaux (régions de l'Ouest et du Nord-Ouest) et la zone forestière à pluviométrie monomodale (région du Littoral et de Sud-Ouest). Les records les plus importants sont observés au mois de septembre à Bafoussam (284mm de pluies), Douala (596mm), Bamenda (434mm) et Mamfe (485mm) et d'octobre à Bertoua (284mm), Ebolowa (314mm) et Yaoundé (287mm).

Entre les mois de novembre et de décembre, le F.I.T reprend progressivement sa position méridionale, la mousson se retire laissant progressivement place la bande Soudano-Sahélienne sous l'emprise de l'harmattan. Ainsi, à l'exception de certaines localités dans la zone côtière (Débunsha, Edenau, etc.) qui enregistrent encore d'abondantes précipitations, c'est la saison

sèche sur le reste du territoire national. La localité de Debunscha¹⁰, du fait de sa position particulière au pied du mont Cameroun et sur le bord de l'océan atlantique ne connaît pratiquement pas de mois sans précipitations. Le mont Cameroun qui est un obstacle orographique s'oppose à la progression des moussons issues de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène, entraînant ainsi une brusque ascendance de l'air. Selon Sighomnou (1993)¹¹, dans son ascension, l'air se détend et se refroidit, ce qui augmente son humidité relative. Il se forme alors des nuages qui provoquent la pluie.



¹⁰ C'est l'une des localités les plus arrosées au monde. Située en bordure de la côte atlantique, elle ne connaît presque pas de mois sans pluies.

¹¹ Selon Sighomnou, dans cette zone, l'air marin est fortement et régulièrement chargé de noyaux de condensation qui favorisent la formation des gouttelettes d'eau, qui grandissent progressivement par coalescence et accumulation de la vapeur d'eau autour du noyau, pour atteindre la taille d'une goutte d'eau, et tombent sous forme de pluie. La conjugaison de ces phénomènes conduit à des nuages entretenus qui sont à l'origine de précipitations intenses et de longue durée.

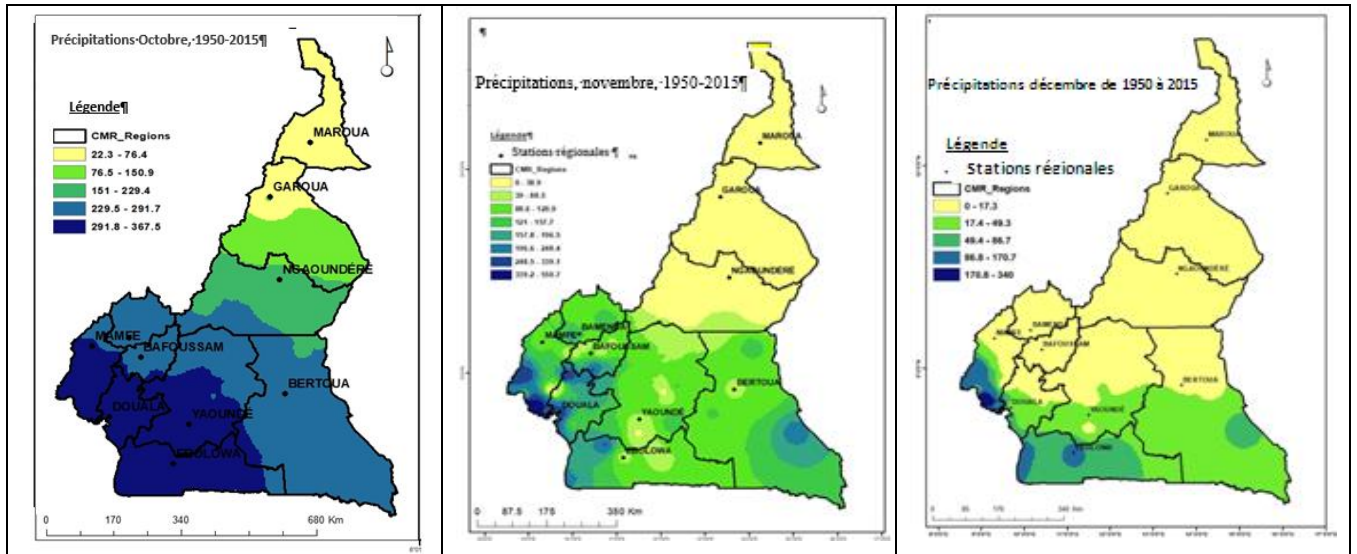


Figure 37 : Distribution spatiale des quantités de précipitations au Cameroun

Sources des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

2. DYNAMIQUE PLURI-ECHELLE DES PARAMETRES PLUVIOMETRIQUES AU CAMEROUN

Le Cameroun de par sa position au-dessus de l'équateur, au fond du Golfe de Guinée, bénéficie d'une ambiance climatique particulière. Au niveau local, la situation climatique varie d'un mois à l'autre et d'une saison à l'autre et dépend du déplacement du Front Inter tropical tout au long de l'année.

D'une manière générale les différentes localités de la zone Soudano-Sahélienne présentent un mois humide entre le mois de mai et de septembre pour la Région de l'Extrême-Nord. Celle-ci se prolonge jusqu'au mois d'octobre dans la Région du Nord. Dans la zone des Hautes Savanes Guinéennes (Région de l'Adamaoua), la période humide s'étale du mois d'avril au mois d'octobre (Tab.11). Dans la zone des Hauts Plateaux (Région de l'Ouest et du Nord-Ouest), la période humide s'étend du mois de mars au mois d'octobre, tandis que dans la zone forestière à pluviométrie monomodale (Région du Littoral et du Sud-Ouest), elle s'étend du mois de mars au mois de novembre. Le même tableau montre que dans la zone forestière à pluviométrie bimodale, la période humide débute au mois de février pour la partie Sud du Cameroun, au mois de mars pour les Régions de l'Est et du Centre représentées par les stations de Bertoua et de Yaoundé, pour s'achever au mois de novembre pour ces trois Régions.

Tableau 11 : Identification des mois (sec et humide), d'après Bagnouls et Gaussen (1953)

Mois	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre
Maroua	Sec				Humide				Sec			
Garoua	Sec				Humide				Sec			
Ngaoundéré	Sec			Humide						Sec		
Yaoundé	Sec		Humide						Sec			
Bertoua	Sec		Humide						Sec			
Ebolowa	Sec	Humide						Sec				
Bafoussam	Sec		Humide						Sec			
Bamenda	Sec		Humide						Sec			
Mamfe	Sec		Humide						Sec			
Douala	Sec		Humide						Sec			

Sources des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2016

2.1. Chronique pluri-échelle et dynamique de la pluviométrie en zone Soudano-Sahélienne

2.1.1. Pluviométrie en zone semi-aride de la région de l'Extrême-Nord

La région de l'Extrême-Nord appartient à la zone semi-aride du Cameroun. Située entre la plaine de la Bénoué et le 13^{ème} parallèle. Le climat qui y règne est de type Soudano-Sahélienne, avec des affinités subdésertiques sur les rives du lac Tchad. Globalement, la région est caractérisée par la modicité des précipitations annuelles qui varient entre 400 et 900 mm. Dans ladite région, on distingue deux climats du même type, le climat Soudano-Sahélien de plaine qui occupe les plaines du Diamaré et le Mayo-Danaï, et le climat Soudano-Sahélien de montagne que l'on retrouve à l'ouest de la plaine du Diamaré, sur les monts Mandara. Le premier est caractérisé par une longue saison sèche qui dure environ 8 mois et une saison des pluies d'environ 4 mois. Le second, plus arrosé que le précédent à cause du relief se retrouve dans les localités de Mokolo et de Maroua. La longueur de la saison sèche dure 7 mois en moyenne tandis que la saison des pluies dépasse difficilement 5 mois. Les pluies sont fortement concentrées entre le mois de mai et de septembre dans les différentes localités de la Région de l'Extrême-Nord. A Maroua, cette configuration est confirmée au tableau 9 qui indique une augmentation progressive des quantités de pluies à partir du mois de mai (73,1mm de pluies en moyenne), avec un pic au mois d'août qui enregistre en moyenne 244,3 mm de pluies, suivi d'une chute au mois d'octobre (34 mm de pluies en moyenne).

Tableau 12: Pluviométrie mensuelle moyenne à Maroua dans la Région

Paramètres	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juillet	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
Précipitations (mm)	0	0	3,18	25,9	73,1	121,25	207,8	244,3	153,5	34,12	0	0
Nbre de jrs des pluies (nbre de jrs)	0	0	1	3	7	11	16	18	11	4	0	0
Type de mois d'après Gaussen	mois sec				mois humides						mois sec	
Type de saison	SS				SP						SS	

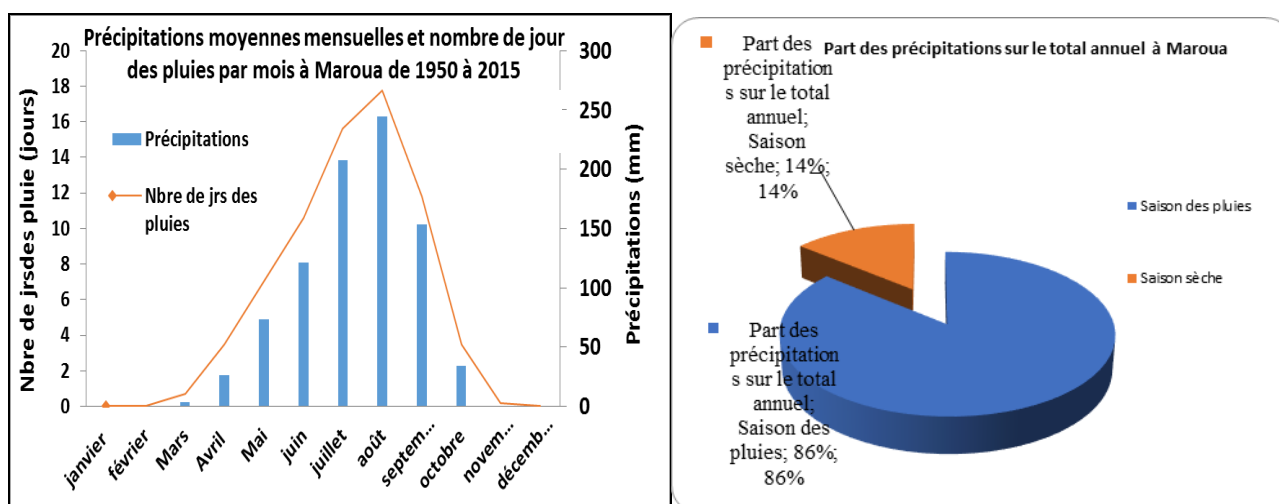


Figure 38: Précipitations mensuelles moyennes (a) et part des quantités de précipitations sur le volume annuel (b) à Maroua dans la Région de l'Extrême-Nord de 1950 à 2015

Sources des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER
Réalisation : Auteur, 2017

Les résultats consignés au tableau 10 révèlent qu'à Maroua entre 1950 et 2015, les mois de décembre, janvier et février n'enregistrent aucune précipitation au cours de l'année, que les mois de mai, juin, juillet, août et septembre correspondent à la saison des pluies. Ledit tableau révèle que l'apport des pluies par rapport aux moyennes sur la période comprise entre 1950 à 2015 est déficitaire, soit respectivement de 15,16% aux mois de mars, 34,85% aux mois d'avril, 45,5% aux mois de juin et 45,5% aux mois de juillet, tandis que le mois d'août, qui est par ailleurs le mois le plus arrosé est le seul mois qui présente un apport pluviométrique excédentaire, soit 54,54%. Il est à préciser que selon Albergel et al., (1985), le déficit pluviométrique observé aux mois de mars, avril, juin, juillet et octobre de 1950 à 2015 s'est accompagné d'une baisse globale observée dans la bande Soudano-Sahélienne de l'Afrique de l'Ouest et Centrale dès les années 1960, et est restée d'actualité jusqu'en 2015. Hulme (1992) évoque dans ce cas une diminution comprise entre 20 et 40% de la moyenne pluviométrique sur la période comprise entre 1931-1960 par rapport à la période comprise entre 1961-1990.

Pour ce qui est du nombre de jour des pluies, les résultats indiquent que l'apport du nombre de jour des pluies par rapport aux moyennes sur la période est globalement excédentaire aux mois de mars, avril, mai, juin, juillet, août et septembre, soit respectivement de 66,66% aux mois de mars et d'avril, 59,09% aux mois de mai, 63,64% aux mois de juin, 62,12% aux mois de juillet et 69,69% aux mois d'août.

Le tableau 13 indique un déficit autant pour les quantités de précipitations par mois que pour le nombre de jour des pluies par mois sur la période de l'étude. Cependant ce déficit est variable d'une année à l'autre. Les années (1979, 1983, 1986, 1987, 1990, 1993, 1998 et 2004)

présentent des déficits pluviométriques très importants, tandis que le déficit du nombre de jour des pluies est moins important. A l’opposé, les années (1968, 1974, 1979, 1981, 1982, 1988, 2005 et 2011) présentent un déficit important du nombre de jour des pluies, tandis que le déficit des quantités de précipitations est moins important.

Tableau 13: Caractéristiques de la pluviométrie mensuelle annuelle à Maroua de 1950 à 2015

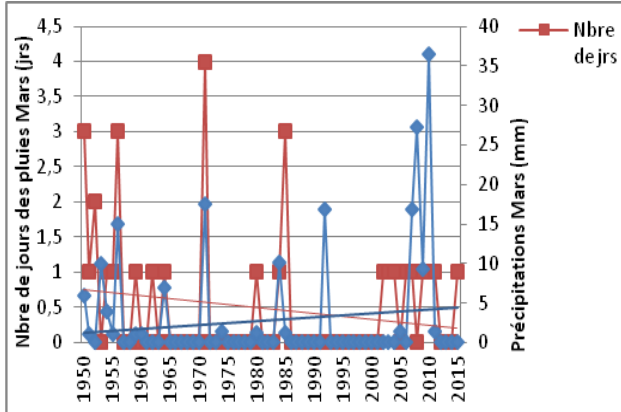
Paramètres pluviométriques	Moyenne		Minimum		Maximum		Probabilité d’enregistrer des précipitations excédentaires (%)	Probabilité d’enregistrer un nbre de jrs des pluies excédentaire (%)	Probabilité d’enregistrer des précipitations déficitaires (%)	Probabilité d’enregistrer un nbre de jrs des pluies déficitaire(%)
	Précipitations	Nbre de jrs des pluies	Précipitations	Nbre de jrs des pluies	Précipitations	Nbre de jrs des pluies				
Janvier	0	0	0	0	0	0	/	/	/	/
Février	0	0	0	0	0	0	/	/	/	/
Mars	2,8	1	0	0	36,5	4	15,15	33,33	84,84	66,66
Avril	22,27	3	0	0	132,5	10	34,80	33,33	65,15	66,66
Mai	68,7	7	0	0	177,5	15	40,90	40,90	59,09	59,09
Juin	117,5	11	45	4	219	15	45,45	36,36	54,54	63,63
Juillet	204	16	124	11	409	22	45,45	37,87	54,50	62,12
Août	240	18	75	11	448	26	54,54	30,30	45,45	69,69
Septembre	150	12	75	4	325	23	46,96	48,48	53	51,51
Octobre	30	4	0	0	148	12	40,90	27,27	59	72,72
Novembre	0,4	0,1	0	0	20	1	0	1	0	0
Décembre	0	0	0	0	0	0	/	/	/	/

Sources des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

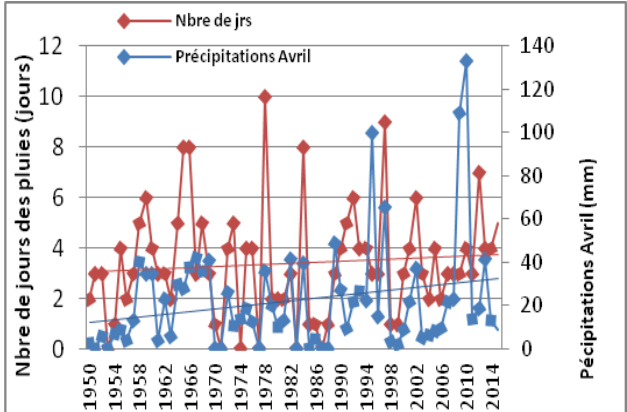
Réalisation : Auteur, 2016

Les valeurs enregistrées à l’échelle mensuelle annuelle à Maroua de 1950 à 2015, font transparaître une distribution plutôt asynchrone des quantités de précipitations et du nombre de jour des pluies. Une augmentation des quantités de précipitations ne s’accompagne pas toujours d’une augmentation du nombre de jour des pluies, et vice versa (figure 39).

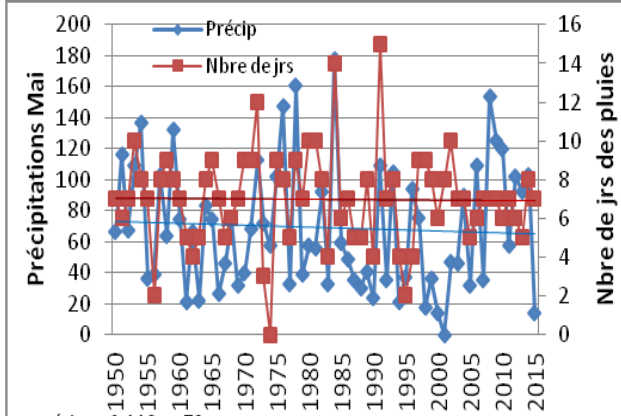
Une décroissance des hauteurs des précipitations est observée pendant les mois de mai, juin, août, septembre et octobre, tandis que les mois de mars, avril, juillet et novembre sont en augmentation. Pour ce qui est du nombre de jours des pluies, les mois de mai, juin, juillet, août et septembre sont en régression, tandis que les mois d’avril, d’octobre et de novembre sont en augmentation. Les mois de mars, avril, juin, juillet, septembre et octobre sont déficitaires en nombre de jours des pluies par rapport à la moyenne sur la période de l’étude.



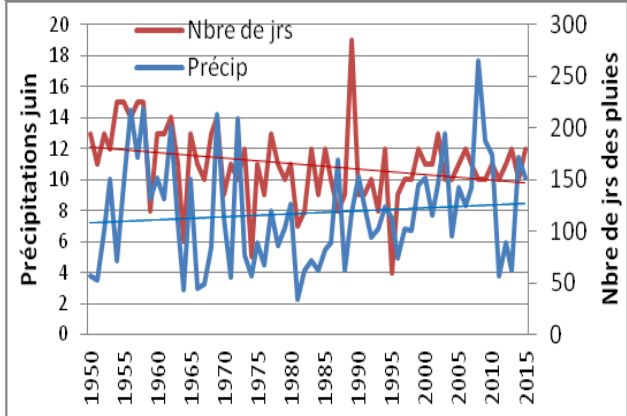
y Nbre de jrs des pluies = $-0,008x + 0,76$ y Précipitations = $0,048x + 1,22$



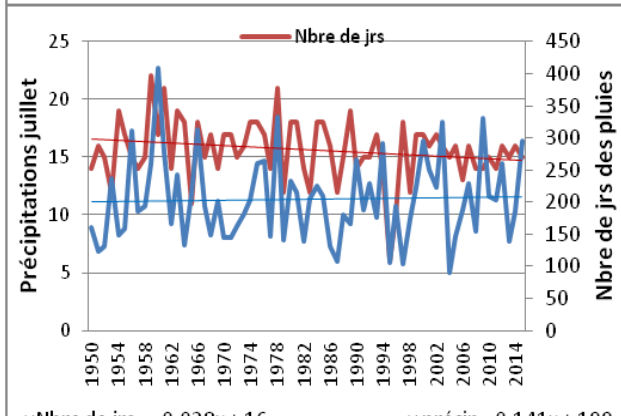
y Nbre de jrs des pluies = $0,01x + 3$ y Précipitations = $0,3x + 11$



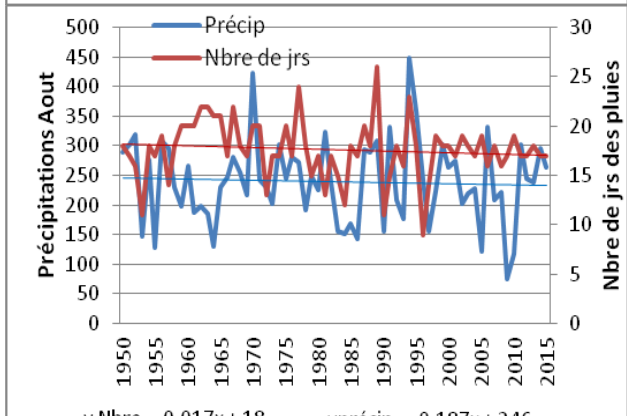
y précip = $-0,118x + 72$ y Nbre = $-0,002x + 7$



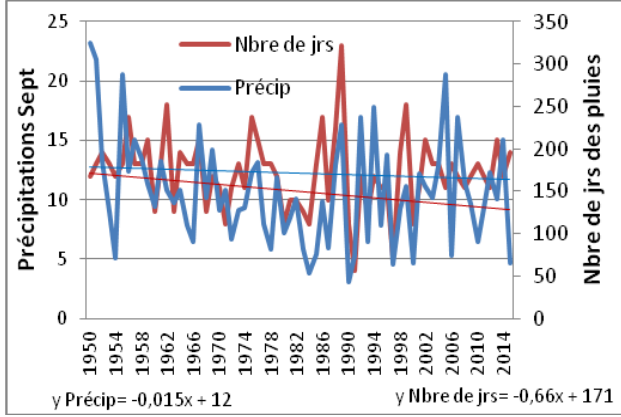
y Nbre = $-0,035x + 12,12$ y précip = $0,28x + 108$



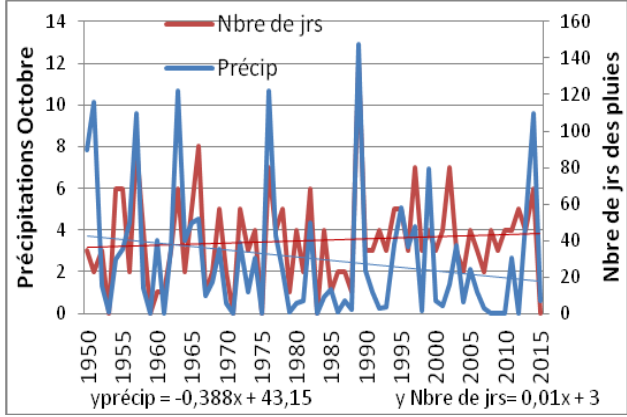
y Nbre de jrs = $-0,028x + 16$ y précip = $0,141x + 199$



y Nbre = $-0,017x + 18$ y précip = $-0,187x + 246$



y Précip = $-0,015x + 12$ y Nbre de jrs = $-0,66x + 171$



y précip = $-0,388x + 43,15$ y Nbre de jrs = $0,01x + 3$

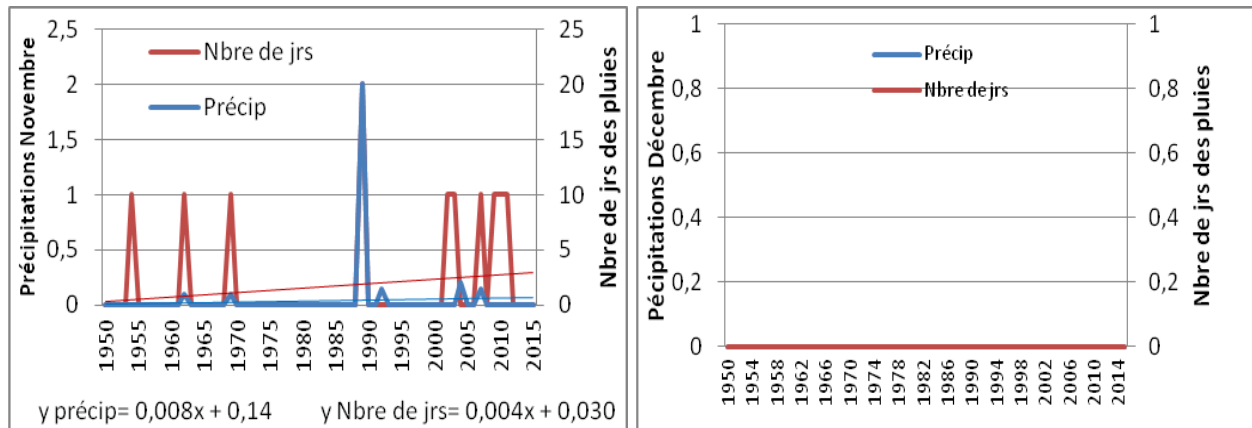


Figure 39: Évolution mensuelle des quantités de précipitations et du nombre de jour des pluies à Maroua de 1950 à 2015

Sources des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Par son rapprochement du Sahel, la région de l'Extrême-Nord est la moins arrosée du territoire national. Les pluies qui tombent pendant la saison des pluies sont de forte intensité de type orageux, provoquant des situations d'inondations très fréquentes. Pendant la saison des pluies, Maroua enregistre en moyenne 735 mm de pluies par an, ce qui représente 86% du volume pluviométrique annuel, tandis que la saison sèche n'enregistre que 14% du volume pluviométrique annuel, soit 129 mm de pluies par an.

Le tableau 14 présente la variation décennale des dates des débuts, des fins des saisons et de la longueur des saisons à Maroua de 1950 à 2015. Il ressort dudit tableau que les premières pluies apparaissent précocement sur les 03 dernières décennies, et finissent précocement dans la plupart des localités de la Région de l'Extrême-Nord. Ledit tableau montre que les pluies commencent à 70% des cas au mois de mai pour finir entre la fin du mois de septembre et le début du mois d'octobre. Le même tableau montre que la variation des dates des débuts et des fins des saisons des pluies s'accompagne d'une diminution considérable de la longueur de la saison sèche au détriment de la saison des pluies en augmentation. A l'échelle saisonnière, les quantités de précipitations diminuent pendant la saison des pluies et augmentent pendant la saison sèche.

Les résultats du tableau 14 indiquent que les quantités de précipitations et le nombre des pluies sont déficitaires pendant les saisons sèche et pluvieuse. Les apports des précipitations sont majoritairement déficitaires soit respectivement de 54,55% pendant la saison des pluies et de 59% pendant la saison sèche, tandis que ceux du nombre de jour des pluies sont respectivement de 53,04% pendant la saison des pluies et de 55% pendant la saison sèche.

Tableau 14: Caractéristiques des paramètres pluviométriques à l'échelle saisonnière à Maroua

Paramètres	Observations	Moy	Min	Max	Probabilité d'enregistrer des excédents (%)	Probabilité d'enregistrer des déficits (%)
Précipitations saison des pluies (mm)	66	734	414	1188,2	45,4	54,55
Précipitations saison sèche (mm)		128	9	388	41,00	59,00
Nombre de jours des pluies (saison sèche)(jrs)		14	0	28	46,96	53,04
Nombre de jours des pluies (saison des pluies)(jrs)		57	39	87	45	55

Sources des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER
Réalisation : Auteur, 2017

La figure 40 a permis de ressortir les tendances évolutives des différents paramètres pluviométriques pendant les deux saisons. Les quantités de précipitations et le nombre de jour des pluies augmentent pendant la saison sèche et diminuent pendant la saison des pluies. Le nombre total de jour des pluies est maximal (87 jours) pendant la saison des pluies en 1989, qui fait partie des 5 années les plus arrosées sur les 66 années de l'étude, et minimale (39 jours) en 1995.

La même figure montre qu'à 11% des cas les quantités de précipitations et la longueur de la saison des pluies augmentent tandis que le nombre de jour des pluies diminue ; à 16% des cas les quantités de précipitations et le nombre de jour des pluies augmentent, tandis que la longueur de la saison des pluies diminue ; à 20% des cas les quantités de précipitations, le nombre de jour des pluies et la longueur de la saison des pluies diminuent ; à 16% des cas les quantités de précipitations, le nombre de jour des pluies et la longueur de la saison des pluies diminuent et à 25% des cas les quantités de précipitations et de la longueur de la saison des pluies diminuent tandis que le nombre de jour des pluies augmente.

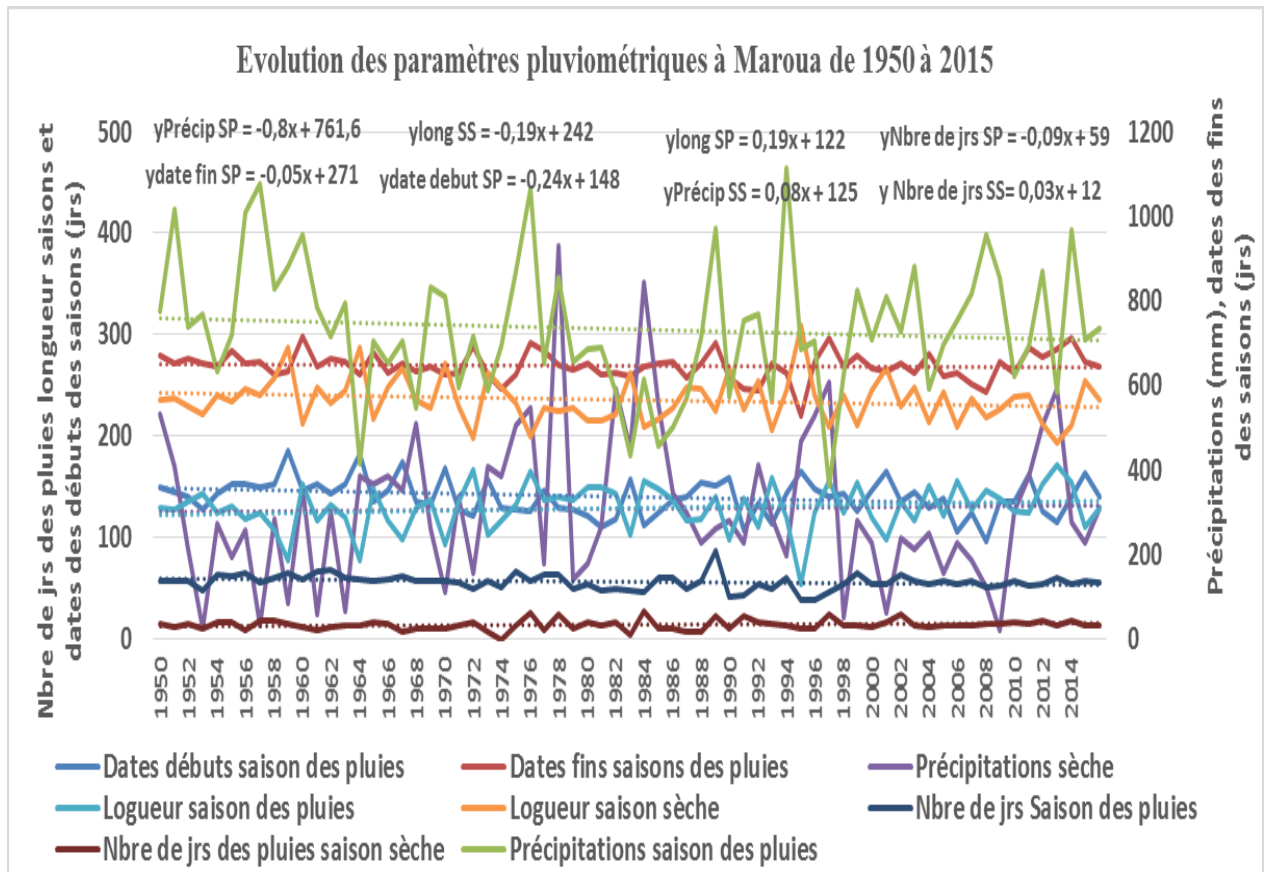


Figure 40: Évolution saisonnière des paramètres pluviométriques à Maroua

Sources des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Il ressort de cette analyse que les 02 cas de figure sont les plus fréquents et représentent à eux seuls 45% des cas sur les 66 années étudiées. Pour le premier cas, les quantités de précipitations, le nombre de jour des pluies et la longueur de la saison des pluies diminuent simultanément. Pour le second cas, les quantités de précipitations et la longueur de la saison des pluies diminuent tandis que le nombre de jour des pluies augmente.

À l'échelle annuelle, les quantités de précipitations et le nombre de jours des précipitations diminuent progressivement sur les 66 années de l'étude (figure 41). La moyenne annuelle est de 836 mm de pluies étalées sur 71 jours. D'une manière générale les quantités de précipitations et le nombre de jours des pluies sont déficitaires sur la période de l'étude.

Tableau 15: Caractéristiques de la pluviométrie annuelle à Maroua de 1950 à 2015

Paramètres	Observations	Moy	Min	Max	Probabilité d'enregistrer des excédents (%)	Probabilité d'enregistrer des déficits (%)
Précipitations annuelles (mm)	66	836	617	1194	45,45	54,54
Nombre de jours des pluies (jours)	66	71	52	112	46,97	53,03

Sources données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2018

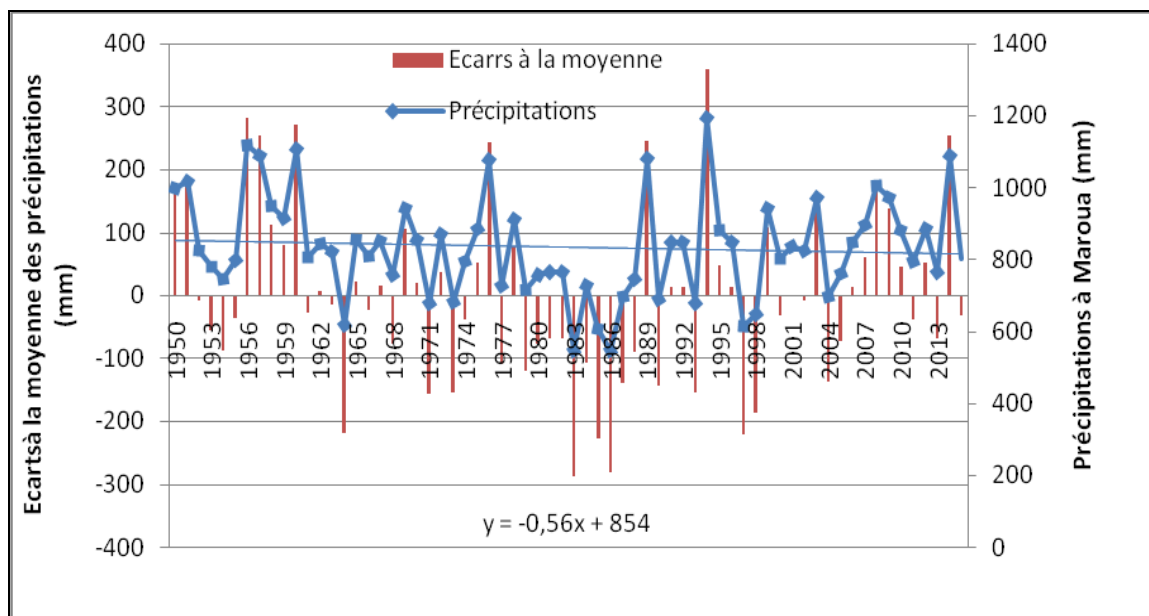


Figure 41: Variabilité de la pluviométrie annuelle à Maroua de 1950 à 2015

Sources des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2018

2.1.2. Pluviométrie en zone semi-aride de la région du Nord

Tout comme la région de l'Extrême-nord du pays, la région du Nord appartient à la zone semi-aride. C'est un climat soudanien classique qui l'on retrouve surtout dans la cuvette de la Bénoué. Les températures élevées atteignent les moyennes de 28°C à Garoua, avec des maxima de 42°C au mois d'avril, tandis que les minima atteignent 17°C au mois de janvier. Les amplitudes thermiques sont de ce fait très marquées, et les précipitations varient du Sud vers le Nord de la région entre 900 et 1000 mm de pluies. Le climat qui y règne est caractérisé par une grande variabilité spatio-temporelle et une importante agressivité de la pluviométrie pendant la saison des pluies (Donfack et al., 1996). A Maroua, le climat est de type Soudano-Sahélienne, chaud et semi-aride, avec une saison des pluies de la mi-mai à mi-octobre, tandis que le reste de l'année (fin octobre-avril) est caractérisé par une chaleur très souvent écrasante. À partir du mois

de novembre, l'harmattan, vent du désert du Sahara, souffle souvent, et soulève la poussière en produisant une brume typique de la zone sahélienne qui atteint parfois la zone forestière et même au-delà (M'biandoun et al, 2006). La représentation graphique des variables pluviométriques annuelles permet de mettre en évidence les moyennes mensuelles des précipitations et du nombre de jours des pluies par mois (tableau 16).

Tableau 16: Pluviométrie mensuelle moyenne à Garoua dans la Région du Nord de 1950 à 2015

Paramètres	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
Précipitations (mm)	0	0	2,38	43,04	113	144,1	187,6	233,8	202,9	75,36	2,041	0,588
Nbre de jrs des pluies (jrs)	0	0	1	5	10	11	14	17	15	7	1	1
Type de mois d'après Gaussien	mois secs				mois humides						mois secs	
Type de saison	Saison sèche				Saison des pluies						Saison sèche	

SS (Saison sèche) ; SP (Saison des Pluies)

Sources des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER
Réalisation : Auteur, 2016

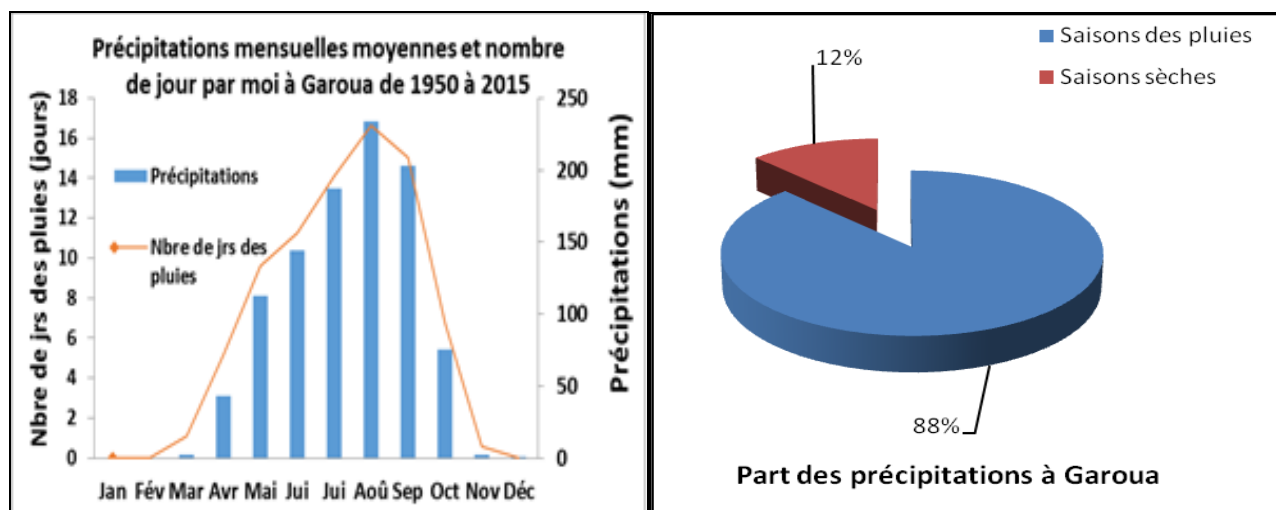


Figure 42: Précipitations mensuelles moyennes et nombre de jour des pluies (a) et la part des quantités de précipitations pendant les saisons sèches et pluvieuses (b) à Garoua dans la Région du Nord de 1950 à 2015

Sources des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER
Réalisation : Auteur, 2017

Les pluies sont quasi inexistantes à Garoua aux mois de janvier et de février de 1950 à 2015. L'apport par rapport aux moyennes est majoritairement déficitaire du mois de mars au mois de novembre, justifiant ainsi le prolongement des déficits signalés du Sud du lac Tchad jusqu'à Garoua. Les apports signalés représentent respectivement 74,24% au mois de mars ; 62,12% au mois d'avril ; 53,03% aux mois de mai et de juin ; 84,84% au mois de juillet, 62,12% au mois d'août, 59,09% au mois d'octobre et 95,45% au mois de novembre. Par ailleurs, le tableau 17 révèle un écart important entre le maximum et le minimum de précipitations pendant la saison des pluies. Cet écart est supérieur à 150 mm de pluies du mois de mai au mois

d'octobre, ce qui montre qu'il existe un contraste pluviométrique important pendant la saison des pluies.

Tableau 17: Caractéristiques de la pluviométrie mensuelle annuelle à Garoua entre 1950 et 2015

Paramètres pluviométriques	Moyenne		Minimum		Maximum		Probabilité d'enregistrer des qtés de précipitations excédentaires (%)	Probabilité d'enregistrer un nbre de jrs des pluies excédentaire (%)	Probabilité d'enregistrer des qtés de précipitations déficitaires (%)	Probabilité d'enregistrer un nbre de jrs des pluies déficitaire (%)
	Précipitations	Nbre de jrs des pluies	Précipitations	Nbre de jrs des pluies	Précipitations	Nbre de jrs des pluies				
Janvier	0	0	0	0	0	0	/	/	/	/
Février	0	0	0	0	0	0	/	/	/	/
Mars	2,4	1	0	0	31,2	4	25,75	10,71	74,24	89,28
Avril	43	5,2	0	0	157,9	10	37,87	46,42	62,12	55,35
Mai	113	10	4,1	3	239,5	18	46,96	28,57	53,03	71,42
Juin	144	11	27,6	7	337,4	17	46,96	23,21	53,03	76,78
Juillet	187,6	14	73,5	9	377	20	15,15	62,5	84,84	37,5
Août	233,8	17	77,5	11	495,2	23	37,87	48,21	62,12	51,78
Septembre	203	15	56,4	9	459,2	21	54,54	60,71	45,45	39,28
Octobre	75	7	0,00	0	297,6	12	40,9	57,14	59,09	42,85
Novembre	2	1	0,00	0	45,1	4	4,54	5,35	95,45	94,64
Décembre	0,6	0	0,00	0	38,8	0	4,5	1,78	80,3	98,21

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2016

Les quantités de précipitations décroissent à l'échelle mensuelle annuelle sur 05 mois (mars, avril, mai, septembre et novembre) à Garoua. La tendance évolutive des précipitations n'est pas synchrone avec celle du nombre de jours des pluies, puisque sur 07 mois (mars, avril, mai, juin, août, novembre et décembre) sont déficitaires sur les 12 mois de l'année.

L'importante variation des quantités de précipitations observées d'un mois à un autre varie dans certains cas du simple au double, ou alors, d'un minimum de 4 mm de pluies à un maximum de 240 mm au mois de mai et à 400 mm au mois d'octobre. Un autre facteur qui témoigne de cette importante variabilité est le comportement du nombre de jours de pluie par an. Une importante variation d'au moins 10 jours de pluies est observée entre les minimums et les maximums pendant la saison des pluies, et dont les écarts ont atteint le record de 12 jours au mois d'août, qui est par ailleurs le mois le plus arrosé de l'année.

Les pluies démarrent précocement (début avril) et s'achèvent précocement (deuxième quinzaine du mois de septembre) à Garoua. Cette situation s'accompagne d'une diminution de la longueur de la saison des pluies (qui varie entre 04 et 05 mois), tandis que la saison sèche se rallonge progressivement pour se rapprocher de 08 mois. Les résultats indiquent que les pluies

démarrant pour la grande majorité des cas entre la fin du mois d'avril et le début du mois de mai pour finir entre le mois la fin du mois d'octobre et la première quinzaine du mois de novembre (tableau 18). La tendance générale est à un rétrécissement de la saison des pluies, avec 30 années sur les cinquante-six qui présentent un début de saison des pluies vers la fin du mois de mai, et une fin de saison visible en début du mois de novembre. La longueur de la saison des pluies diminue progressivement, tandis que la longueur de la saison sèche est en nette augmentation. Cette augmentation a été plus importante au cours des décennies (1960-1969 et 1970-1979), qui ont atteint 05 mois chacune.

La pluviométrie de Garoua présente une alternance de 05 mois (mai-septembre) de saison des pluies et 07 mois de saisons sèches (octobre-avril). L'année 1964 a été la plus arrosée, avec un record de 1188,2 mm de pluies, étalées sur 60 jours de pluies. À l'échelle mensuelle moyenne, les précipitations et le nombre de jours des pluies évoluent au même rythme, et convergent vers un mode unique, caractéristique d'un régime monomodal. Le régime de type monomodal est perceptible dans toutes les autres localités de la Région, et le mois d'août reste le plus arrosé, et par ailleurs le plus étalé, avec en moyenne 233,8 mm de pluies étalées sur 17 jours en moyenne par an (tableau 18).

Tableau 18: Evolution saisonnière décennale de la pluviométrie à Garoua de 1950 à 2015

Décennies	Précipitations saison des pluies		Précipitations saison sèche		Nbre de jrs des pluies saison des pluies		Nbre de jrs des pluies saison sèche	
	Précip (mm)	Ecart à la moy (mm)	Précip (mm)	Ecart à la moy (mm)	Nbre de jrs des pluies (jrs)	Ecart à la moy (jrs)	Nbre de jrs des pluies (jrs)	Ecart à la moy (jrs)
1950-1959	747	-137	106	-18,6	/	/	/	/
1960-1969	984,7	101	137,7	13	68,6	2	16	3
1970-1979	905,9	22,2	134,3	9,7	67,6	1	13	-01
1980-1989	823,1	-60,6	74,1	-50,6	64,4	-2	12	-2
1990-1999	915,1	31,4	162,5	37,8	68,9	3	14	01
2000-2009	886,4	2,6	112,9	-11,7	64,3	-3	13,5	-01
2010-2015	923,8	40,1	145,0	20,4	66	-01	13	-01

Sources des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

L'évolution des tendances indique une diminution simultanée des quantités de précipitations et du nombre de jours des pluies de 1950 à 2015. Cette baisse est confirmée par les tangentes négatives des équations de régression, qui indiquent que la période comprise entre 1990 et 2015 a été la moins arrosée, avec une baisse d'environ 20 mm de pluies par an pendant la saison des pluies et une baisse d'environ 13 mm par an pendant la saison sèche. On enregistre également une baisse d'un jour de pluie par an pendant les saisons sèche et pluvieuse entre 1990 et 2015.

La figure 43 ci-dessous indique qu'à 30,35% des cas les pluies ont démarrées précocement, les fins de saison ont été tardives, accompagnées d'une diminution simultanée des

quantités de précipitations et du nombre de jour des pluies, et à l'opposé d'un rallongement de la longueur de la saison des pluies; à 16% des cas les débuts et les fins de saison des pluies ont été précoces, accompagnés d'une augmentation des quantités de précipitations et à l'opposé d'une diminution simultanée du nombre de jour et de la longueur de la saison des pluies; 20% des cas les démarrages de la saison des pluies ont été tardifs, accompagnés d'une diminution de la longueur de la saison des pluies et à l'opposé d'une augmentation des quantités de précipitations et du nombre de jours de pluies.

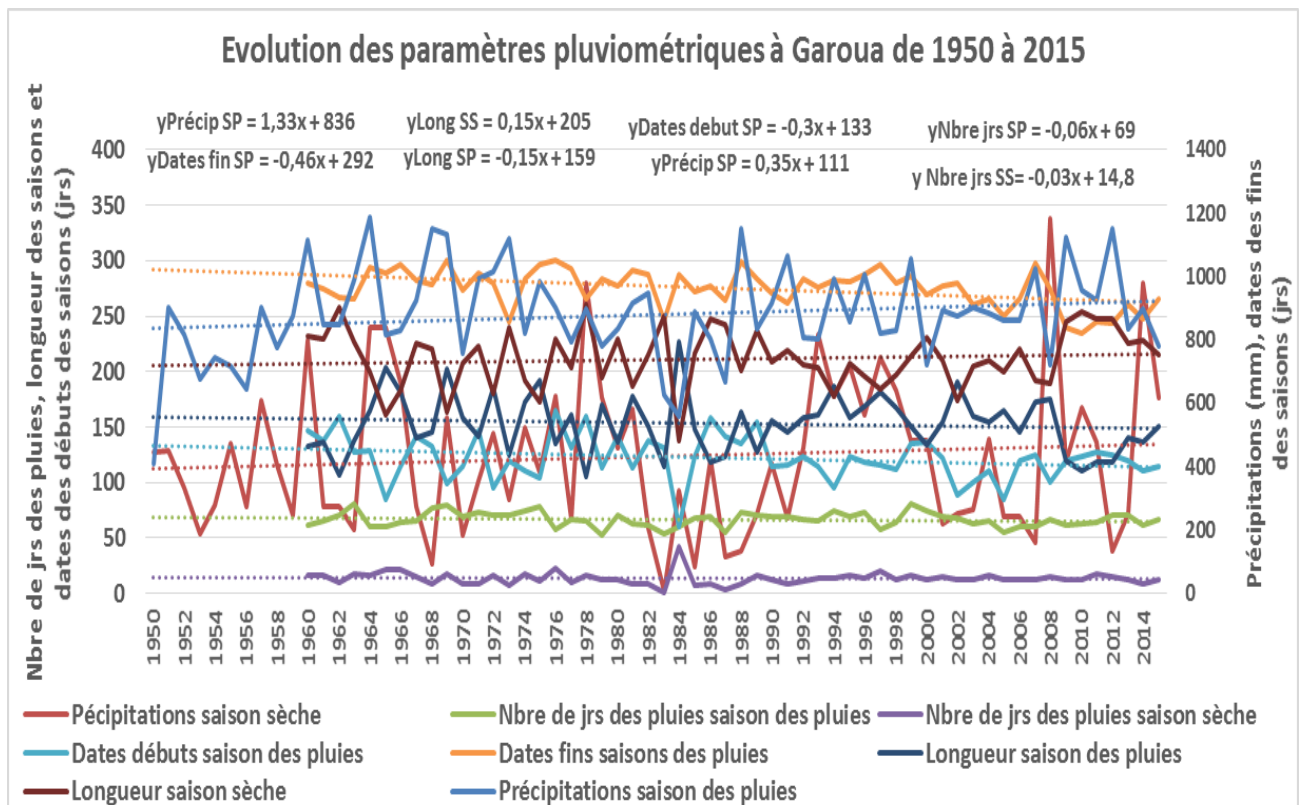


Figure 43: Évolution saisonnière des paramètres pluviométriques à Garoua de 1950 à 2015:
 Sources des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER
 Réalisation : Auteur, 2017

De cette analyse, il ressort que 02 cas de figure sont fréquemment observés et représentent 50,35% des cas sur les 66 années étudiées. Le cas où les démarrages de la saison des pluies ont été précoces, les fins tardives accompagnées d'une diminution simultanée des quantités de précipitations et du nombre de jour des pluies, et à l'opposé d'un rallongement de la longueur de ladite saison ; le cas où les démarrages de la saison ont été tardifs, accompagnés d'une diminution de la longueur de ladite saison et à l'opposé d'une augmentation des quantités de précipitations et du nombre de jour des pluies.

Les quantités de pluies enregistrées à l'échelle annuelle, augmentent graduellement à Garoua, tandis que le nombre de jours des précipitations annuelles est entrain de diminuer sur la période de l'étude (figure 44). La moyenne enregistrée est de 1004,7 mm de pluies étalées sur

80,3 jours de pluies en moyenne par an. Par ailleurs, les deux paramètres présentent plus d'années excédentaires que d'années déficitaires, confirmant ainsi la tendance à la hausse des quantités de précipitations observées.

Tableau 19: Caractéristiques de la pluviométrie à l'échelle annuelle à Garoua de 1950 à 2015

Paramètres	Effectif	Moy	Min	Max	Probabilité d'enregistrer des excédents (%)	Probabilité d'enregistrer des déficits (%)
Précipitations (mm)	66	1004,7	537,2	1427,3	54,54	45,45
Nombre de jours des pluies (jours)	56	80,3	55,00	102	55,36	44,64

Sources des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2018

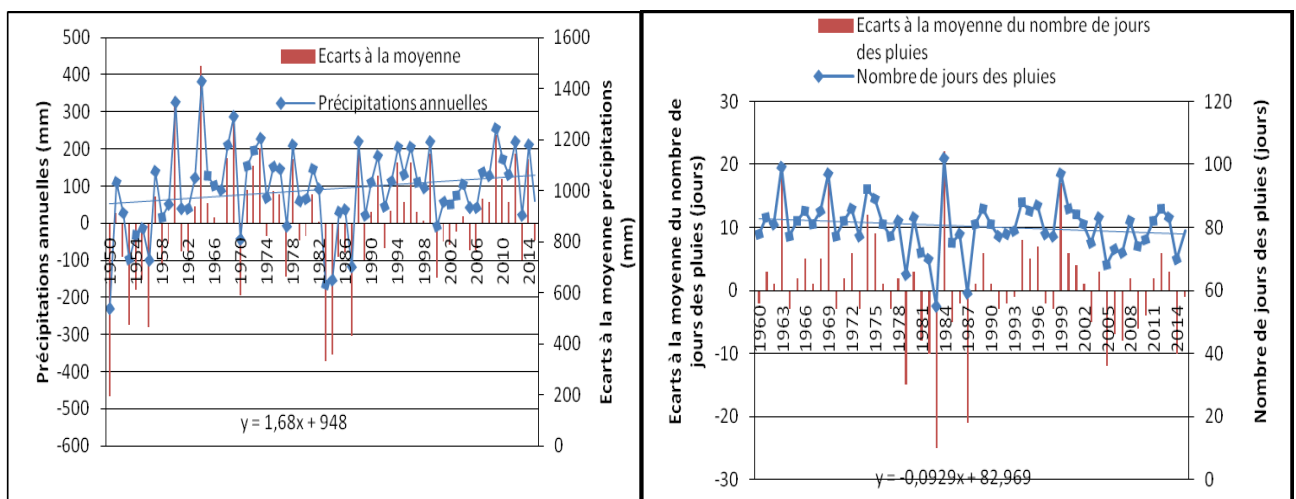


Figure 44: Variabilité annuelle de la pluviométrie à Garoua de 1950 à 2015

Sources des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2018

2.2. Variabilité mensuelle des précipitations dans la zone Soudano-Sahélienne et prévision spatiale des hauteurs des précipitations

La figure 45 ci-dessous est issue des prévisions climatiques élaborées à partir de la combinaison des diagnostics de la circulation générale (MCG et du modèle régional issu du downscaling du MCG) et des résultats des pré-analyses par des méthodes statistiques inférentielles sur la base des connaissances empiriques et des prétraitements multi-échelles des séries chronologiques des précipitations.

Ladite figure est une cartographie des prévisions climatiques pour les périodes allant de juin à août 2020 (a) et de septembre à novembre 2020 (b) dans la zone Soudano-Sahélienne. Les prévisions de la figure 46a indiquent des quantités de précipitations supérieures à la moyenne historique enregistrée de 1950 à 2015 dans la localité de Mokolo et légèrement supérieures à la

moyenne historique enregistrée de 1950 à 2015 dans les autres localités des Régions de l'Extrême-Nord et du Nord. La figure 45b quant-à elle indique des quantités de précipitations supérieures à la moyenne historique enregistrée de 1950 à 2015 à Poli et légèrement supérieures à la moyenne historique enregistrée à la même période dans les autres localités desdites Régions.

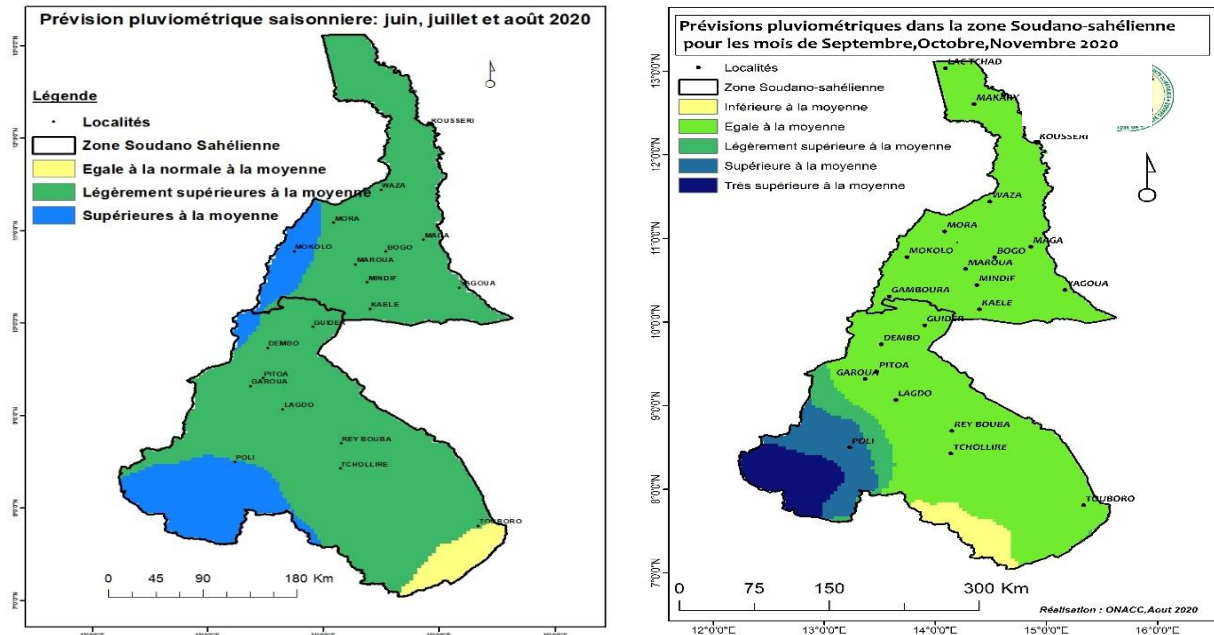


Figure 45 : Prévisions des précipitations pour la période allant de juin à novembre 2020 dans la zone Soudano-Sahélienne.

Source : NOAA, DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : ONACC, Août 2020

2.3. CLIMAT DE TYPE SOUDANO-GUINEEN DANS LA ZONE DES HAUTES SAVANES GUINEENNES

2.3.1. Chronique multi échelle et dynamique de la pluviométrie dans la région de l'Adamaoua

Le climat qui règne dans la plus grande partie de la région est de type soudano-guinéen ou encore soudano-guinéen d'altitude. Ce climat englobe le large bastion de l'Adamaoua ou l'altitude crée des conditions particulières. Du fait de ces reliefs aux surfaces tabulaires, l'harmattan y souffle avec plus de force pendant la saison sèche que dans les bas-fonds de la Bénoué. Le FIT est parfois bloqué pendant quelques temps du fait des obstacles du relief dans la partie sud de la région, provoquant ainsi des sauts de temps lorsqu'il parvient à le vaincre. Les températures moyennes sont fraîches, entre 22°C, avec des maxima 34°C au mois de mars et des minima de 7°C au mois de janvier à Ngaoundéré. Le tableau 20 indique que Ngaoundéré connaît une alternance de 07 mois (avril-octobre) de saison des pluies et 05 mois de saison sèche (novembre-mars). Le mois d'août est le plus arrosé (282,82 mm en moyenne), avec un record de

522mm de pluies en 1963. C'est également le mois le plus étalé, avec des cumuls de 24 jours de pluies.

La saison des pluies est majoritaire dans les différentes stations de la région de l'Adamaoua, elle concentre en moyenne 97% des volumes pluviométriques de l'année. La figure 46b représente la part des quantités de précipitations pour chaque saison sur le volume annuel moyen à Ngaoundéré de 1950 à 2015.

Tableau 20: Pluviométrie mensuelle moyenne à Ngaoundéré de 1950 à 2015

Paramètres	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
Précipitations (mm)	0,88	1,3	37,3	146,9	199,28	218,2	255,98	282,82	229,02	125,46	8,9	0,7
Nbre de jrs des pluies (jrs)	0,04	0,4	3,3	15,1	20,15	20,5	22,8	27,1	23,04	14,8	1,39	0,06
Type de mois d'après Gaussen	mois secs		mois humides									mois secs
Type de saison	SS			SP						SS		

SS (Saison sèche) ; SP (Saison des Pluies)

Sources données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2016

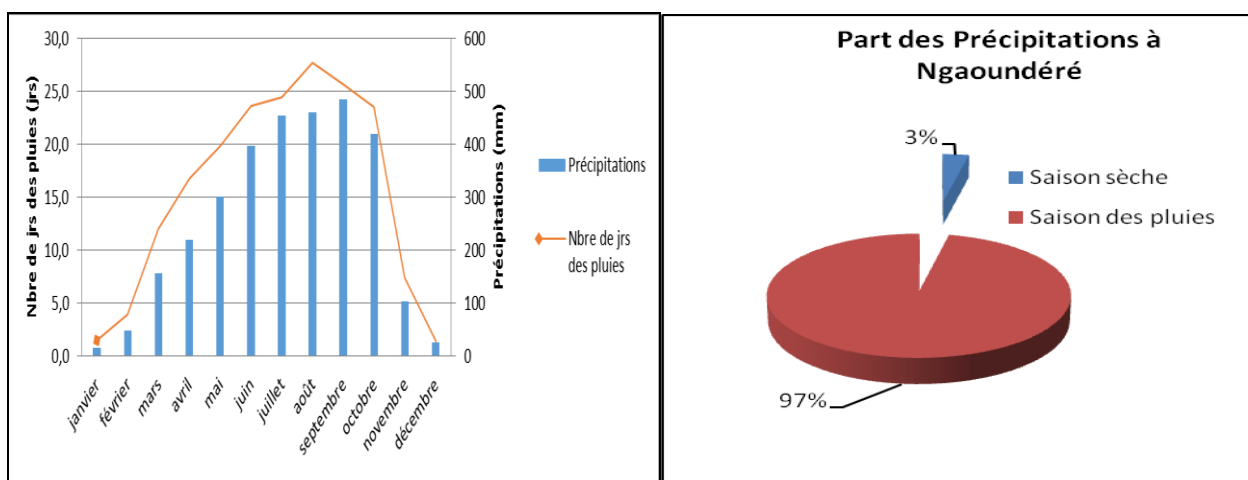


Figure 46: Pluviométrie mensuelle moyenne à Ngaoundéré de 1950 à 2015

Sources des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2016

Le tableau 21 ci-dessous met en lumière les caractéristiques mensuelles des quantités de précipitations et du nombre de jour des pluies à Ngaoundéré de 1950 à 2015. Il met également en exergue la variabilité desdits paramètres présentée ici par la probabilité d'enregistrer des années excédentaires et/ou déficitaires pour ces deux paramètres.

Il ressort de ce tableau qu'à l'exception des mois d'août et d'octobre qui présentent une probabilité élevée d'enregistrer des quantités de précipitations excédentaires, les autres mois présentent une probabilité d'enregistrer des quantités de précipitations déficitaires. Pour ce qui est du nombre de jour des pluies, ledit tableau indique qu'à l'exception des mois d'avril, de juin

et de juillet qui présentent une probabilité élevée d'enregistrer un nombre de jour des pluies excédentaire, et des mois de mars et de novembre qui présentent autant de chances d'enregistrer des cas excédentaire et/ou déficitaire, les 07 autres années présentent une probabilité élevée d'enregistrer un nombre de jour des pluies déficitaires.

Le tableau 21 indique également que 10 mois sur les 12 présentent des quantités de précipitations déficitaires, tandis que 08 mois présentent un déficit du nombre de jour des pluies. Ce déséquilibre se traduit par une perturbation de la distribution des quantités de précipitations à Ngaoundéré.

Tableau 21: Caractéristiques de la pluviométrie mensuelle annuelle à Ngaoundéré de 1950 à 2015

Paramètres pluviométriques	Moyenne		Minimum		Maximum		Probabilité d'enregistrer des qtés de précipitations excédentaires (%)	Probabilité d'enregistrer un nbre de jrs des pluies excédentaire (%)	Probabilité d'enregistrer des qtés de précipitations déficitaires (%)	Probabilité d'enregistrer un nbre de jrs des pluies déficitaire (%)
	Précipitations	Nbre de jrs des pluies	Précipitations	Nbre de jrs des pluies	Précipitations	Nbre de jrs des pluies				
Janvier	0,9	0	0	0	25,1	2	10,6	37,5	89,39	62,5
Février	1,3	0,4	0	0	20,1	4	16,6	34,84	83,33	58,92
Mars	36,8	3,3	0	0	171,9	12	36,36	50	63,63	50
Avril	146,9	15	28,3	2	301,1	23	43,93	58,92	56,06	41,07
Mai	199,3	20	86	13	315,8	26	43,93	48,21	56,06	51,78
Juin	218,2	21	85	12	369,1	25	43,93	53,57	56,06	46,42
Juillet	256,3	2323	100,2	19	466	26	45,45	51,78	54,54	48,21
Août	282,8	24	134,1	21	522	29	53,03	48,21	46,96	51,78
Septembre	229	23	86	18	389,1	26	46,96	42,85	53,03	57,14
Octobre	125,6	15	13	3	240,5	27	51,51	48,21	48,48	51,78
Novembre	8,9	1,4	0	0	89,5	6	37,87	50	62,12	50
Décembre	0,7	0	0	0	19,2	2	7,57	37,5	92,42	62,5
Effectif	66	56	66	56	66	56	66	56	66	56

Sources des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2016

La figure 47 ci-dessous met en évidence l'oscillation des précipitations à l'échelle mensuelle ainsi que les tendances évolutives à Ngaoundéré de 1950 à 2015. En effet, deux grandes tendances évolutives se dégagent. Un premier groupe concerne les mois de mars, mai, juin, juillet, août, septembre, octobre et novembre qui présentent une tendance à la diminution. Le second groupe concerne le mois d'avril qui seul présente une tendance à l'augmentation des quantités de précipitations.

La même figure présente l'évolution mensuelle des tendances du nombre de jour des pluies sur la même période. Il ressort des résultats qu'à l'exception du mois de décembre qui n'enregistre aucune pluie visible, et du mois de septembre en augmentation progressive, les 10

autres mois (janvier, février, mars, avril, mai, juin, juillet août, octobre et novembre) présentent une tendance à la diminution du nombre de jour des pluies.

Les pluies démarrent de plus en plus tôt (début avril) et se terminent tôt (fin septembre-début octobre) à Ngaoundéré. La dynamique des dates des débuts et des fins de la saison des pluies s'accompagne d'un déplacement et d'une diminution de la longueur de la saison des pluies, qui n'atteint plus pour la majorité des cas les 07 mois habituels. Les quantités de précipitations diminuent en saison des pluies au même titre que le nombre de jours des pluies pendant ladite saison. Les moyennes enregistrées sont de 1458 mm de pluies, étalées sur 141 jours pendant la saison des pluies.

A l'échelle décennale, la décennie 1960-1969 a connu les démarrages les plus tardifs (mi-mars) de la saison des pluies, tandis que les fins des saisons étaient précoces (fin septembre). Contrairement à cela, la décennie 1970-1979 a connu les fins de saison des pluies les plus précoces (début septembre), tandis que les débuts étaient tardifs (fin-mars) (tableau 22).

Tableau 22: Caractéristiques de la pluviométrie à l'échelle saisonnière à Ngaoundéré de 1950 à 2015

Paramètres pluviométriques	Moyenne	Min	Max	Probabilité d'enregistrer des excédents (%)	Probabilité d'enregistrer des déficits (%)
Dates débuts saisons des pluies (jour de l'année)	102	67	145	52,63	47,36
Dates fins saisons des pluies (jour de l'année)	289	234	310	61,40	38,59
Précipitations saisons sèches (mm)	49	0	177	36,36	63,63
Précipitations saisons des pluies (mm)	1458	1124	1862,9	47,36	52,63
Nombre de jours des pluies saisons sèches (jrs)	40	0	175	51,51	48,48
Nombre de jours des pluies saisons des pluies (jrs)	141	120	158	42,40	57,57
Longueur saison sèche (jrs)	177	131	235	43,85	56,14
Longueur saison des pluies	187	188	234	56,14	43,85

*Sources des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER
Réalisation : Auteur, 2016*

La longueur de la saison des pluies a été très instable, variant d'une décennie à une autre. Trois phases se distinguent dans son évolution. Une première phase (1950-1959 et 1960-1969) marquée par un rétrécissement de la longueur de la saison sèche d'environ 03 jours par rapport à la moyenne annuelle. Cette phase alterne avec dix années (1970-1979 et 1980-1989) marquées par un rallongement (environ 06 jours de plus par rapport à la moyenne) de ladite longueur. Une troisième phase comprise entre 1990 et 2015 sera marquée par un rétrécissement de 02 jours de ladite longueur. Le tableau 23 illustre les caractéristiques des dates des débuts, des fins et de la longueur des saisons de 1950 à 2015.

Les résultats de la figure 47 indiquent qu'à 15% des cas les démarrages de la saison des pluies ont été précoces et les fins tardives, accompagnés d'une diminution des quantités de précipitations, et à l'opposé d'une augmentation simultanée du nombre de jour des pluies et de la longueur de la saison des pluies; à 20% des cas les démarrages de la saison des pluies ont été

précoces, les fins tardives, les quantités de précipitations et la longueur de la saison des pluies ont augmenté tandis que le nombre de jour des pluies a diminué; à 20% des cas les démarrages de la saison des pluies ont été précoces, les fins tardives, les quantités de précipitations, la longueur de la saison des pluies et le nombre de jour des pluies ont augmenté.

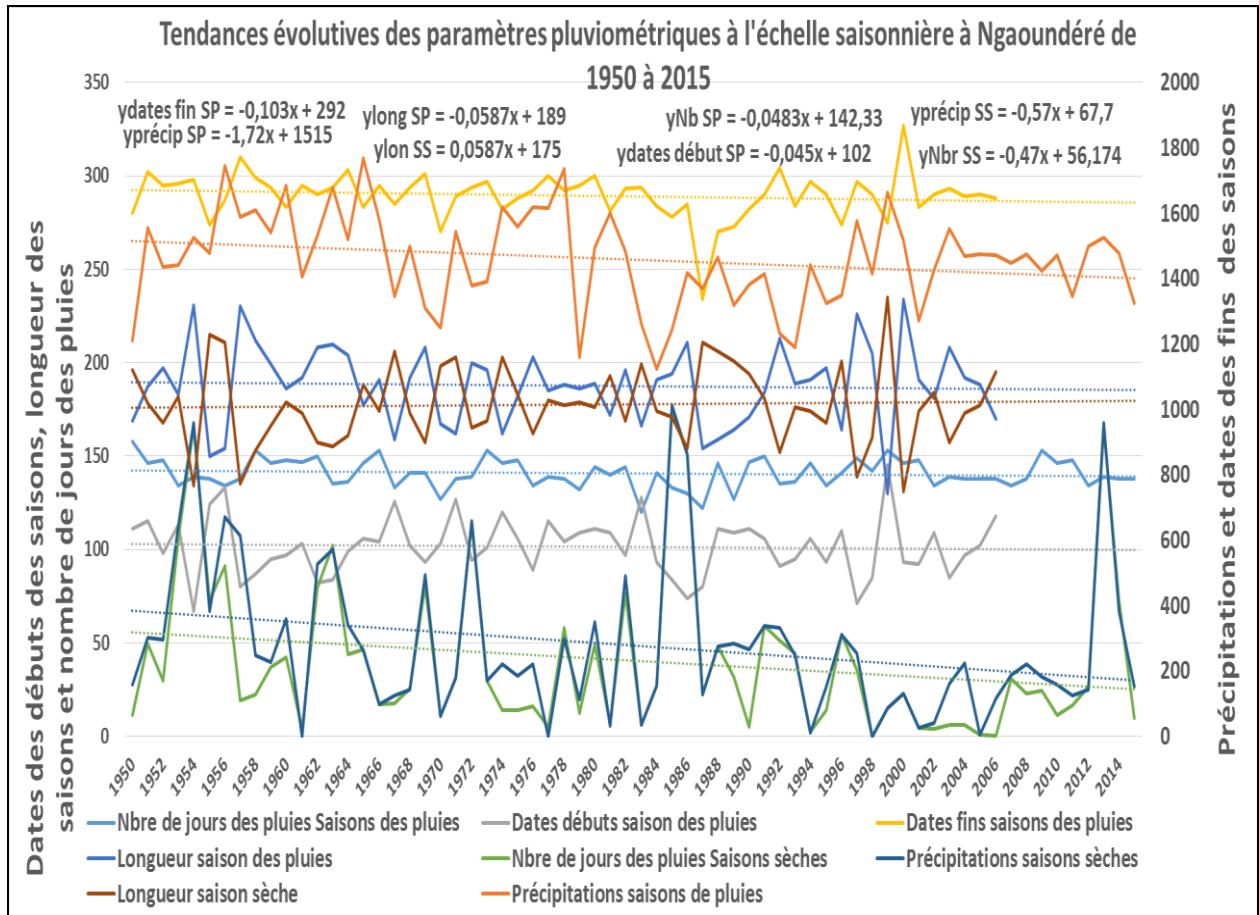


Figure 47: Évolution de la pluviométrie à l'échelle saisonnière à Ngaoundéré de 1950 à 2015

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

Les résultats montrent que le rythme pluviométrique de Ngaoundéré est à 40% des cas marqué par des démarrages précoces et des fins tardives de la saison des pluies, d'une augmentation des quantités de précipitations et de la longueur de la saison des pluies, tandis que le nombre de jour des pluies diminue. Il est également marqué par des démarrages précoces, des fins tardives de la saison des pluies et d'une augmentation simultanée des quantités de précipitations, de la longueur de la saison des pluies et du nombre de jour des pluies.

A l'échelle annuelle de 1950 à 2015, les quantités de précipitations et le nombre de jours des pluies diminuent à Ngaoundéré (figure 49). Les moyennes annuelles sont de 1506,9 mm de pluies étalées sur 145,7 jours. Toutefois à cause de la distribution du nombre de jours des pluies,

la pluviométrie est inégalement répartie sur la fourchette de temps étudiée, puisque la probabilité d'enregistrer un nombre de jours de pluies est à 62,12% des cas déficitaire.

Tableau 23 : Caractéristiques annuelles de la pluviométrie à Ngaoundéré de 1950 à 2015

Paramètres	Nombre d'années	Moy	Min	Max	Probabilité d'enregistrer des excédents (%)	Probabilité d'enregistrer des déficits (%)
Précipitations (mm)	66	1506,9	1151	1863	50	50
Nombre de jours des pluies (jours)	66	145,7	121	162	37,87	62,12

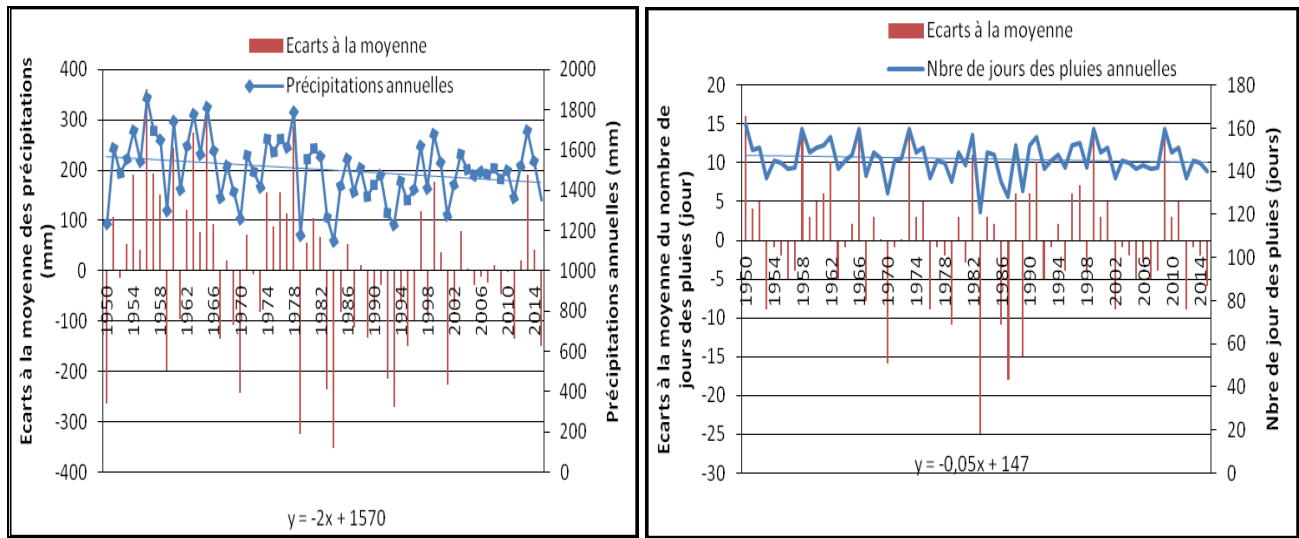


Figure 48: Variabilité annuelle de la pluviométrie à Ngaoundéré de 1950 à 2015

Sources des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2018

2.3.2. Variabilité mensuelle des précipitations dans la zone des Hautes Savanes Guinéennes et prévision spatiale des hauteurs des précipitations

La carte des prévisions de la figure 49 montre qu'en se basant sur les prévisions élaborées par les centres internationaux de prévisions météorologiques et les prétraitements faits sur la dynamique spatiotemporelle de la pluviométrie dans la zone des Hautes Savane Guinéenne, la période de juin, juillet et août 2020 sera marquée par des quantités de précipitations très supérieures à la moyenne historique enregistrée de 1950 à 2015 dans les localités de Banyo, Nass Arao, Yambéré ; supérieures à la moyenne historique enregistrée à ladite période à Ngaoundéré, Tibati, Mbakaou et légèrement supérieures à la moyenne à Meiganga et Kongolo.

Les prévisions de la figure 49 indiquent des quantités de précipitations inférieures à la moyenne historique enregistrée de septembre à novembre de 1950 à 2015 dans les localités de Ngaoundéré, Ngaou Mbol Kognoli ; autour de la moyenne historique enregistrée à la même période dans les localités de Meiganga, Dota, Mbe, Bétaré Kongoli et très supérieures à la

moyenne historique enregistrée à ladite période dans les localités de Tignère, Banyo, Tibati, Mbakaou, Nass Aro, Yimbéré.

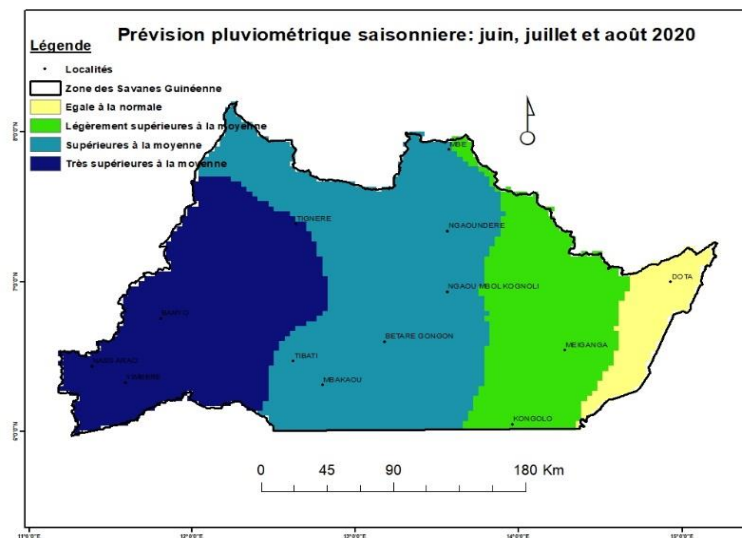


Figure 49: Prévisions des précipitations sur le période allant de juin à août 2020 dans la Région de l'Adamaoua dans la zone des Hautes Savanes Guinéennes.

Source : ONACC, 2020

2.4. Climat équatorial de type continental en zone forestière à pluviométrie bimodale

2.4.1. Chronique multi échelle et dynamique de la pluviométrie

La zone forestière à pluviométrie bimodale regroupe les Régions du Centre, de l'Est et du Sud. Ces Régions abritent la plus grande réserve forestière du Cameroun. Les données disponibles dans le cadre de cette étude concernent les stations de Yaoundé, de Bertoua et d'Ebolowa de 1950 à 2015. Les trois Régions sont situées sur de vastes pénéplaines, dont l'altitude varie entre 400 et 1000m, le relief est controversé, avec une alternance de collines et de bassins versants. La particularité de ces milieux physiques, attribue à ces régions une ambiance climatique particulière.

Il règne dans la plupart des localités, un climat équatorial de type guinéen à régime pluviométrique bimodal, avec quatre saisons bien marquées dont une grande saison pluvieuse (mi-août à mi-novembre); une grande saison sèche (mi-novembre à mi-mars); une petite saison pluvieuse (mi-mars à mi-juin) et une petite saison sèche (mi-juin à mi-août). En considérant qu'il n'existe aucun mois totalement aride dans les Régions (Centre et Est), l'observation de la distribution des quantités de précipitations à l'échelle mensuelle montre que 09 mois sur les 12 de l'année enregistrent des précipitations supérieures à 100 mm de pluies. Cette situation a conduit Olivry (1984) à évoquer la position de l'océan Atlantique qui semble jouer un rôle significatif sur la pluviométrie de ces Régions.

Comme les autres localités de la Région du Centre, Yaoundé a un régime pluviométrique bimodal, avec deux maximums (Tab. 24). L'un au mois de mai (206mm de pluies en moyenne), correspondant à la petite saison des pluies (mars-mai) et l'autre au mois d'octobre (286,9mm de pluies en moyenne) correspondant à la grande saison des pluies (mi-août-novembre). La longueur des saisons est de 03 mois en moyenne pour la petite saison des pluies et de 3 mois et demi en moyenne pour la grande saison des pluies.

On enregistre en moyenne 112,6mm de pluies au mois de juillet et 150,4mm au mois d'août à Bertoua dans la Région de l'Est. Du fait de leur importance, ces mois sont considérés comme ceux de la petite saison sèche. Toutefois, même en décembre et janvier, considérés comme les mois les moins pluvieux, les précipitations dépassent très souvent 20 mm de pluies (tableau 25). La hauteur des précipitations varie de 284 mm pour le mois le plus arrosé (octobre) à 20 mm pour le mois le plus sec (janvier), traduisant ainsi une forte variation de la pluviométrie.

A la différence des deux Régions suscitées, la localité d'Ebolowa connaît la présence permanente des pluies tout au long de l'année. La distribution des pluies à l'échelle mensuelle moyenne indique un régime de précipitations à deux modes, correspondant aux deux pics des saisons des pluies. Le premier pic correspond au mois de mai, qui enregistre en moyenne 212 mm de pluies par an, tandis que le second pic est observé au mois d'octobre, et enregistre les plus forts volumes de pluies, qui plafonnent jusqu'à 314 mm en moyenne par an (Tab.26). Les mois de juillet et d'août sont faiblement arrosés, du fait qu'ils sont spécifiques à la petite saison sèche.

Tableau 24: Pluviométrie mensuelle moyenne à Yaoundé de 1950 à 2015

Paramètres	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aoû	Sept	Oct	Nov	Déc
Précipitations (mm)	18,24	47,4	131	176,5	206	154,5	81,4	109,3	236	286,9	107,3	19,17
Nbre de jrs des pluies (jrs)	3	5	12	15	18	15	10	12	21	23	11	3
Type de mois d'après Gaussen	mois sec	mois humides										mois sec
Type de Saison	GSS		PSP			PSS		GSP			GSP	

Tableau 25: Pluviométrie mensuelle moyenne à Bertoua de 1950 à 2015

Paramètres	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aoû	Sept	Oct	Nov	Déc
Précipitations (mm)	20	38	113	140,5	177	161,2	112,6	150,4	238,9	284	103,5	31
Nbre de jrs des pluies (jrs)	2	3,4	10	12	14,3	13,37	11,23	13,48	19,15	20,85	8,518	3
Type de mois d'après Gaussen	mois sec	mois humides										mois sec
Type de saison	GSS		PSP			PSS		GSP			GSS	

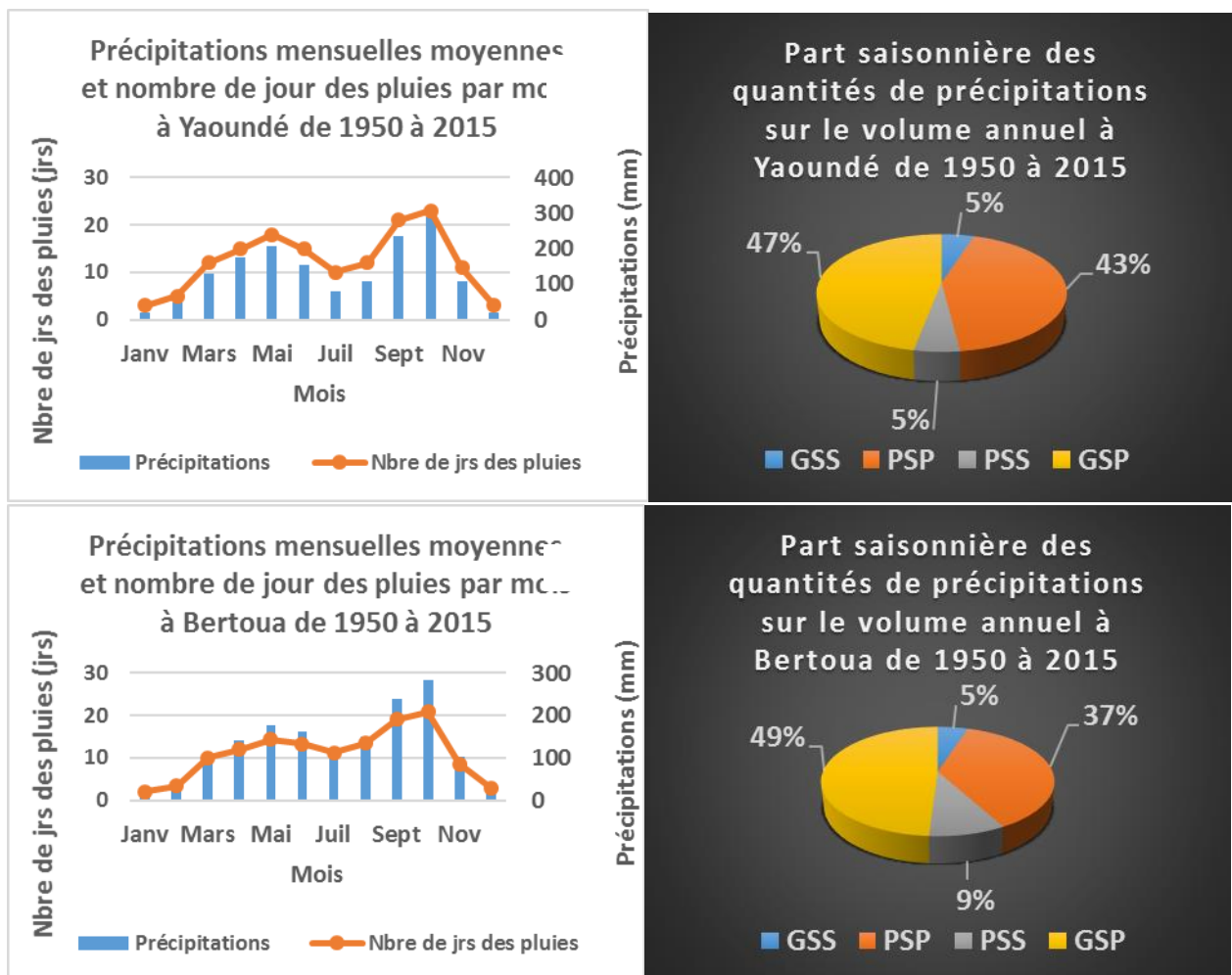
Tableau 26: Pluviométrie mensuelle moyenne à Ebolowa de 1950 à 2015

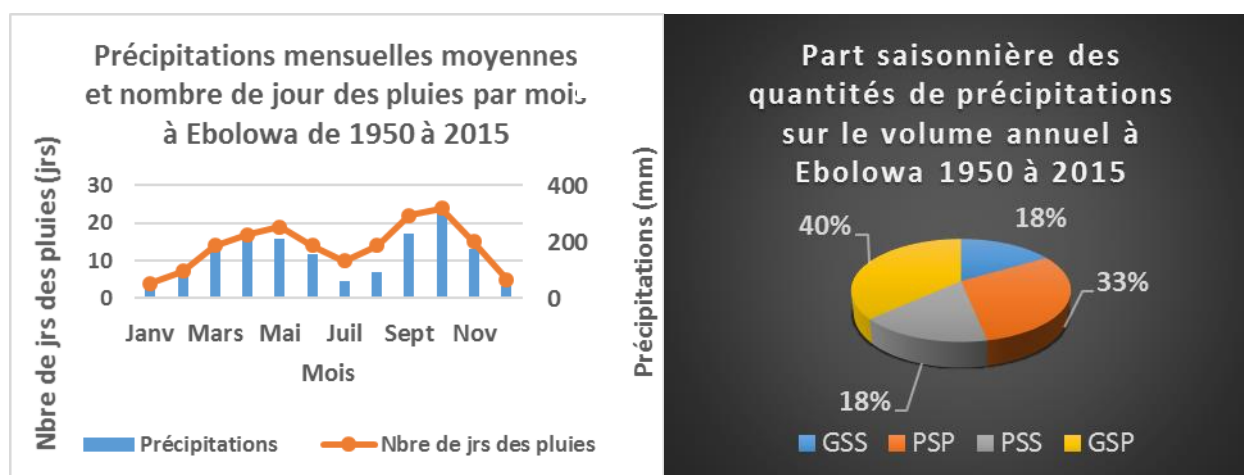
Paramètres	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aoû	Sept	Oct	Nov	Déc
Précipitations (mm)	35	78	181	215	212	156	62	93	228	314	177	41
Nbre de jrs des pluies (jrs)	4	7,2	14	17	19	14	10	14	22	24	15	5
Type de mois d'après Gaussen	mois secs		mois humides									mois secs
Type de Saison	GSS		PSP			PSS		GSP			GSS	

GSS : Grande saison sèche ; GSP : Grande saison des pluies ; PSS : Petite Saison Sèche ; PSP : Petite Saison des Pluies

Malgré la prédominance d'un régime pluviométrique à quatre saisons dans les différentes localités de la zone forestière à pluviométrie bimodale, la part des quantités de précipitations par saison sur le volume annuel varie considérablement d'une localité à une autre. La figure 50 montre que la grande saison des pluies représente 47% du volume de précipitations annuelles à Yaoundé. Ainsi, 43% sont enregistrées pendant la petite saison des pluies et 5% pendant la petite et grande saison sèche.

A Bertoua dans la Région de l'Est, 49% des précipitations sont enregistrées pendant la grande saison de pluies et 37% pendant la petite saison des pluies, 5% pendant la grande saison sèche et 9% pendant la petite saison sèche. A Ebolowa dans la Région du Sud, les résultats indiquent que 40% des précipitations sont enregistrées pendant la grande saison de pluies, 33% pendant la petite saison des pluies et 18% respectivement pendant les grande et petite saisons sèches.





GSS : Grande saison sèche ; GSP : Grande saison des pluies ; PSS : Petite Saison Sèche ; PSP : Petite Saison des Pluies

Figure 50: Pluviométrie mensuelle moyenne à Yaoundé (a), Bertoua (b) et Ebolowa (c) de 1950 à 2015

Sources des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2016

2.4.2. Chronique pluviométrique par région

2.4.2.1. Région du Centre

La particularité du relief de Yaoundé attribue à la ville une distribution irrégulière et parfois inégale des quantités de précipitations au cours de l'année. Du tableau 26 ci-dessous, il ressort que les écarts entre les maximums et les minimums des quantités de précipitations et du nombre de jours des pluies sont très significatifs, et observables de janvier à décembre.

Les différences entre les maximums et les minimums atteignent le record de 345 mm de pluies au mois d'octobre, qui est par ailleurs le mois le plus arrosé. Les maximums des valeurs du nombre de jours des pluies atteignent le record de 29 jours au mois d'octobre et de 27 jours au mois d'août, creusant des écarts de 20 et 18 jours respectivement entre les mois.

Le même tableau 27 montre qu'à l'exception du mois de mai excédentaire, les 11 autres mois sont majoritairement déficitaires. Cette observation est valable pour le nombre de jour des pluies, les résultats du tableau indiquent qu'à l'exception des mois de juin, septembre et octobre excédentaires, les autres mois sont majoritairement déficitaires.

Il ressort des résultats ci-dessus que les quantités de précipitations et le nombre de jour des pluies sont majoritairement déficitaires dans la Région du Centre. Les résultats indiquent que les quantités de précipitations connaissent un déficit beaucoup plus important (11 mois sur les 12) à Yaoundé que celui du nombre de jour des pluies (9 mois sur 12), car bien que faible, ce déséquilibre aurait d'importantes conséquences sur les activités à forte dépendance de la pluviométrie. C'est le cas des années 1953, 2002 et 2014 qui enregistrent des déficits remarquables du nombre de jour des pluies, tandis que les quantités de précipitations sont

excédentaires. Il en est de même des années 1963, 1971, 1974, 1976, 1979, 1986, 1988, 2007, 2008 et 2013 qui connaissent des déficits remarquables des quantités de précipitations tandis que le nombre de jour des pluies est excédentaire.

Tableau 27: Caractéristiques de la pluviométrie mensuelle annuelle à Yaoundé de 1950 à 2015

Paramètres pluviométriques	Moyenne		Minimum		Maximum		Probabilité d'enregistrer des qtés de précipitations excédentaires (%)	Probabilité d'enregistrer un nbre de jrs des pluies excédentaire (%)	probabilité d'enregistrer des qtés de précipitations déficitaires (%)	Probabilité d'enregistrer un nbre de jrs des pluies déficitaire (%)
	Précipitations	Nbre de jrs des pluies	Précipitations	Nbre de jrs des pluies	Précipitations	Nbre de jrs des pluies				
Janvier	18,3	2,6	0	0	98,4	6	34,84	44,64	65,15	55,36
Février	47,5	4,9	0	0	196,5	11	40,90	50	59,09	50
Mars	131	12,3	31,8	5	313,8	20	36,36	42,8	63,63	57,14
Avril	176,5	15,4	64	9	355,4	22	43,93	46,43	56,06	53,57
Mai	205,8	18	17	11	358,6	24	51,51	37,50	48,48	62,50
Juin	154,5	15,2	41,2	9	326	21	46,96	53,57	53,03	46,43
Juillet	81,4	10,3	4,4	5	315	21	37,87	48,21	62,12	51,79
Août	109,3	12,4	7,9	5	286,6	21	50	50	50	50
Septembre	236	20,7	102,9	11	425	27	45,45	57,14	54,54	42,86
Octobre	287	23,2	176,8	9	501	29	45,45	53,57	54,54	46,43
Novembre	107	11,3	8,7	3	270,3	20	48,48	46,43	51,51	53,57
Décembre	19,3	3	0	0	97,5	12	39,39	30,36	60,60	69,6

Sources des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2016

Les quantités de précipitations diminuent progressivement à Yaoundé par rapport aux volumes habituels des mois de janvier, février, mars, avril, mai, juin, septembre, octobre, novembre et décembre), tandis que les mois de juillet et d'août sont en augmentation progressive. Le nombre de jours des pluies diminue également au cours des mois de février, mars, avril, mai, juin, septembre, octobre, novembre et décembre, tandis que les mois de janvier, juillet et d'août sont en augmentation.

Les séries chronologiques révèlent que les quantités de précipitations diminuent aux mois de décembre, janvier et février à Yaoundé surtout pour les périodes comprises entre 1960-1970 ; 1972-1973 et de 1983-1984. Selon Gaston Lienou (2008), le changement climatique le plus significatif à Yaoundé réside dans la modification des régimes de pluies des mois secs, qui modifie également le cycle hydrologique de toute la Région.

Sur les 12 mois de l'année, 10 d'entre eux (janvier, février, mars, avril, mai, juin, septembre, octobre, novembre et décembre) connaissent une diminution des quantités de pluies, tandis que les mois de juillet et d'août sont en augmentation progressive (figure 49). Par ailleurs, entre le mois de mai et d'octobre, Yaoundé est dominée par des pluies de type mousson, qui

régressent fortement entre la mi-juin à la mi-août, période qui est caractéristique de la petite saison sèche. Selon Fekoua (2011), l'intensité de la mousson est malheureusement ralentie par les collines du Nord-Ouest dominée par le mont Mbam Minkom qui culmine jusqu'à 1295 m de haut, le mont Nkolondom (1221m) et le mont Eloumdem (1159m). Au même moment, le nombre de jours des pluies diminue aux mois de février, mars, avril, mai, juin, septembre, octobre, novembre et décembre, tandis que les mois de janvier, juillet et d'août sont en augmentation.

La petite saison des pluies démarre pour la majorité des cas à la première quinzaine du mois de mars pour finir entre la mi-mai et le début du mois de juin, soit un rétrécissement d'une vingtaine de jours. La grande saison des pluies démarre entre la fin du mois de juillet et le début du mois d'août et se termine entre la fin du mois de novembre et le début du mois de décembre. Sur les trois dernières décennies, la grande saison des pluies s'est déplacée d'une quinzaine de jours par rapport à la période comprise entre 1950 et 1984.

Les quantités de précipitations augmentent pendant la grande saison des pluies. La moyenne est de 671 mm de pluies, avec l'année 2002 qui enregistre un record de 1352 mm de pluies, tandis que l'année 1978 ne dépasse pas 472mm. De plus, entre 1985 et 2015, on enregistre 2 mm de pluies en moins par rapport à la période comprise entre 1950 et 1984.

En ce qui concerne le volume de pluies enregistré pendant la petite saison des pluies, les résultats indiquent qu'il diminue sur la période de l'étude. La moyenne annuelle est de 652 mm de pluies et le record de 1140 mm est atteint en 1984, tandis que l'année 1951 n'a pas dépassé 134 mm de pluies. De plus, la période comprise entre 1984 et 2015 enregistre 98 mm de pluies en moins par rapport à la période comprise entre 1950 et 1984.

Les quantités de précipitations augmentent pendant la petite saison sèche, confirmant ainsi les résultats de Mena (2005), qui constatait une augmentation constante des quantités de précipitations pendant la saison sèche entre 1945 et 2000. La moyenne annuelle pendant la saison est de 90 mm de pluies, avec l'année 1962 qui enregistre un record de 190 mm de pluies, alors que l'année 1975 n'a pas dépassé 16 mm de pluies.

Les quantités de précipitations augmentent pendant la grande saison sèche sur la période de l'étude. La moyenne annuelle enregistrée est de 112 mm de pluies, avec un record de 274 mm en 1998, tandis que l'année 2000 n'a pas dépassé 16 mm de pluies.

Pour ce qui est du nombre de jour des pluies, une chute importante est observée sur les quatre saisons. La moyenne annuelle est de 10 jours pour la petite saison sèche, de 68 jours pour la grande saison des pluies, de 11 jours pour la grande saison sèche et de 23 jours pour la petite saison des pluies. Les années 1964, 1974, 1991, 1993, 1994 et 1998 présentent une petite saison des pluies nettement plus étalée que la grande saison des pluies.

En ce qui concerne les saisons sèches (petite et grande), les années 1964, 1968, 1973, 1977, 1978, 1979, 1988, 1989, 1991, 1996, 2000, 2002, 2005, 2007 et 2008 présentent une grande saison sèche plus étalée que la petite saison sèche. Le tableau 27 présente les caractéristiques des variables pluviométriques pendant les saisons sèche et pluvieuse à Yaoundé de 1950 à 2015.

Tableau 28: Caractéristiques de la pluviométrie pendant les saisons sèche et pluvieuse à Yaoundé de 1950 à 2015

Paramètres pluviométriques	Moyenne	Min	Max	Probabilité d'enregistrer des excédents (%)	Probabilité d'enregistrer des déficits (%)
Dates débuts petites saisons des pluies (jours de l'année)	74	42	117	47	53
Dates fins petites saisons des pluies (jours de l'année)	177	140	237	45,45	54,54
Précipitations petites saisons des pluies (mm)	652	134	1140	50	50
Précipitations petites saisons sèches (mm)	90	11	190	50	50
Nombre de jours des pluies petites saisons des pluies (jours)	23	11	36	44	56
Nombre de jours des pluies petites saisons sèches (jours)	10	5	21	66,66	33,33
Longueur petites saisons des pluies (jours)	86	41	130	54,54	45,45
Dates débuts grandes saisons des pluies (jours de l'année)	230	197	279	48,48	51,51
Dates fins grandes saisons des pluies (jours de l'année)	286	294	341	54,54	45,45
Précipitations grandes saisons des pluies (mm)	671	472	1352	51,51	48,48
Précipitations grandes saisons sèches (mm)	112	11	278	42,42	57,57
Nombre de jours des pluies grandes saisons des pluies (jours)	68	53	86	59	41
Nombre de jours des pluies grandes saisons sèches (jours)	11	3	20	47	53
Longueur grandes saisons des pluies (jours)	102	48	155	47%	53%

Sources des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

De la figure 51, il ressort que les pluies démarrent de plus en plus tard (début mars) et finissent précocement pendant la petite saison des pluies à Yaoundé. Celles-ci s'accompagnent d'un rétrécissement de la longueur de la petite saison des pluies, qui atteint de moins en moins les 04 mois habituels. Pendant cette saison, les quantités de précipitations diminuent par rapport à la moyenne qui est de 652 mm de pluies, étalées sur 23 jours. À l'opposé, les quantités de précipitations augmentent pendant les petites saisons sèches par rapport à la moyenne habituelle qui est de 90 mm de pluies étalées sur 10 jours.

Les débuts de plus en plus tardifs de la petite saison des pluies à Yaoundé sont surtout le fait des (sixième et septième) décennies qui connaissent des démarrages tardifs (fin février pour l'ensemble). La même figure montre que la petite saison de la pluie finie de plus en plus précocement à Yaoundé. Cette observation confirme celle faite plus haut à l'échelle saisonnière annuelle, ce qui montre que c'est surtout à cause des décennies 1990-1999, 2000-2009 et 2010-2015 qui présentent des écarts les plus négatifs par rapport à leurs moyennes normales (fin mai). En ce qui concerne la saison des pluies, un rallongement de la longueur de la petite saison des pluies est observé sur les première, deuxième et quatrième décennies (04 mois en moyenne),

tandis que les troisième, cinquième, sixième et septième décennies sont en rétrécissement progressif.

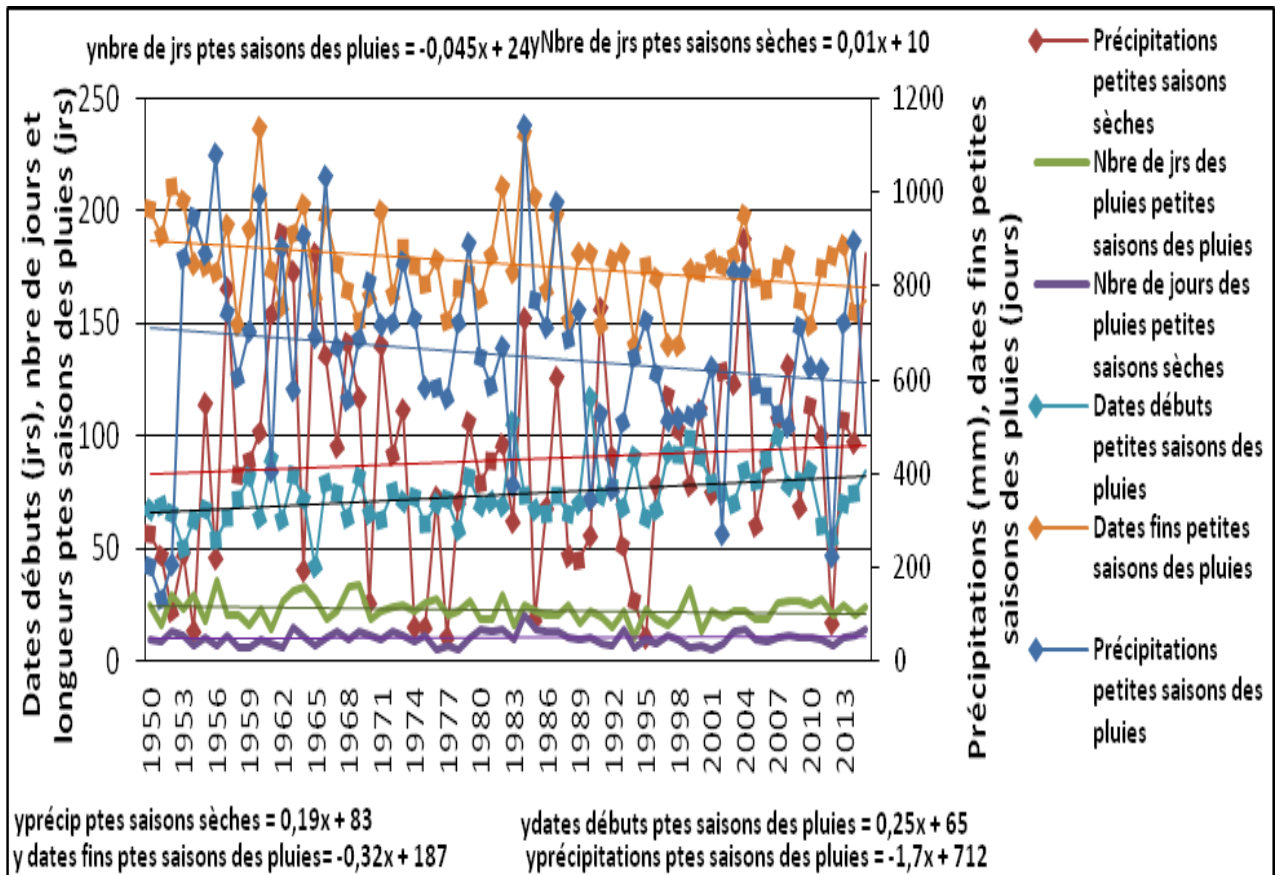


Figure 51: Evolution saisonnière de la pluviométrie pendant les petites saisons des pluies à Yaoundé de 1950 à 2015

Sources des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

Les résultats mis en exergue ci-dessus indiquent que le rythme pluviométrique de Yaoundé est à 40% des cas marqué par des débuts tardifs et des fins tardives des petites saisons des pluies. Les premières pluies sont enregistrées à la deuxième quinzaine du mois de mars, pour finir vers la fin du mois de juin. Cette situation est également accompagnée par une diminution du nombre de jour et de la longueur de la saison des pluies.

La figure 52 indique la présence de deux phases dans l'évolution des grandes saisons (sèche et pluvieuse) des paramètres pluviométriques. Une première phase concerne les décennies 1950-1959 et 1960-1969, marquées par un démarrage précoce (deuxième quinzaine du mois de juin) de la grande saison des pluies, soit respectivement de 11 et de 14 jours à l'avance. Une succession de cinq décennies connaît un démarrage tardif de ladite saison, avec entre 8 et 11 jours de retard. Pour ce qui est des dates des fins de la grande saison de pluies (fin octobre en général), deux phases sont également observées. La première phase concerne les décennies 1950-1959 et 1960-1969, avec respectivement 4 et 5 jours de retard. La seconde phase concerne

les décennies 1970-1979 ; 1980-1989 ; 1990-1999 et 2000-2015 qui enregistrent environ 5 jours de pluies à l'avance par rapport à la normale. La variabilité constatée des dates des débuts et des fins des grandes saisons des pluies s'accompagne d'une diminution de la longueur de ladite saison.

Les quantités de précipitations augmentent pendant la grande saison sèche. Cette tendance à l'augmentation est surtout le fait des décennies 1990-1999 ; 2000-2009 et 2010-2015, qui enregistrent respectivement 692,7; 692,7 et 706,5 mm de pluies. Les quantités de précipitations augmentent progressivement pendant la grande saison sèche. Les records sont atteints au cours des décennies 1970-1979 et 1990-1999, qui enregistrent respectivement 124,9 mm et 111mm de pluies. Au regard de l'évolution du nombre de jours de pluies, les résultats indiquent qu'il a considérablement diminué pendant les grandes saisons sèche et pluvieuse. La décennie 1990-1999 connaît une diminution de 08 jours par rapport à la moyenne normale qui est de 66 jours.

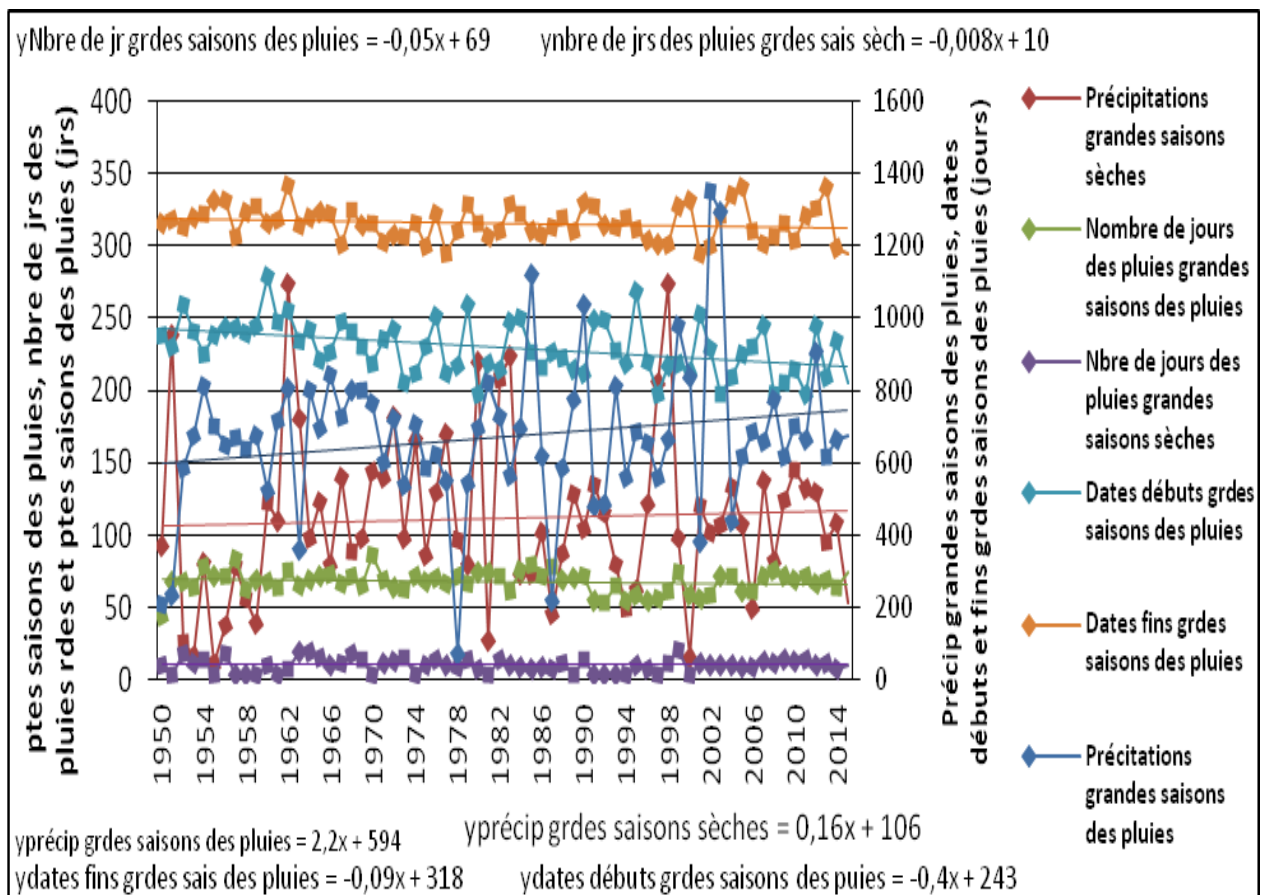


Figure 52: Evolution saisonnière des paramètres pluviométriques pendant les grandes saisons à Yaoundé de 1950 à 2015

Sources des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

Pendant la grande saison des pluies, 55% des cas identifiés sont marqués par des débuts et des fins précoces de la grande saison des pluies. Les premières pluies sont enregistrées vers la fin du mois de juin, pour finir vers la fin du mois d'octobre. Cette situation est également accompagnée par une diminution du nombre de jour des pluies et à l'opposé d'une augmentation de la longueur de ladite saison.

2.4.2. Région de l'Est

A l'examen des données disponibles, à l'exception du mois d'août excédentaire, les 11 autres mois connaissent des épisodes majoritairement déficitaires des précipitations (tableau 29). Les résultats indiquent qu'à l'exception des mois de juillet et d'août en augmentation, les 10 autres mois présentent une diminution des quantités de précipitations. La répartition du nombre de jour des pluies montre que 06 mois (janvier, février, mai, septembre, novembre et décembre) sont déficitaires et 03 mois (mars, avril et octobre) sont excédentaires. Seuls les mois de juin, juillet et août présentent autant d'années excédentaires que déficitaires.

Les résultats indiquent que les quantités de précipitations connaissent 11 mois déficitaires et 06 mois déficitaires du nombre de jour des pluies, ce qui pourrait avoir des conséquences négatives sur les activités fortement dépendantes de la pluviométrie, notamment l'agriculture, la santé, l'élevage, l'eau et l'énergie, l'électricité, le tourisme et loisirs, l'environnement et la biodiversité, les travaux publics, etc.. Les années 1961, 1974, 1975, 1977, 1996 et 2000 sont l'illustration, car d'importantes quantités de précipitations sont tombées sur des périodes de temps relativement courtes. Cette situation est valable pour les années 1983, 1989, 1991, 1998, 2001, 2003 et 2005 qui enregistrent de faibles précipitations qui tombent sur une période de temps relativement longues. Dans ce cas, le rythme pluviométrique pourrait s'accompagner de risques climatiques importants sur les secteurs d'activité sus évoqués.

Tableau 29: Caractéristiques de la pluviométrie mensuelle annuelle à Bertoua de 1950 à 2015

Paramètres pluviométriques	Moyenne		Minimum		Maximum		Probabilité d'enregistrer des quantités de précipitations excédentaires (%)	Probabilité d'enregistrer un nombre de jrs des pluies excédentaire (%)	probabilité d'enregistrer des quantités de précipitations déficitaires (%)	Probabilité d'enregistrer un nombre de jrs des pluies déficitaire (%)
	Précipitations	Nbre de jrs des pluies	Précipitations	Nbre de jrs des pluies	Précipitations	Nbre de jrs des pluies				
Janvier	19,3	2,32	0	0	100	12	40,90	37,50	59,09	62,50
Février	38,3	3,44	0	0	166	11	39,39	44,64	60,60	55,36
Mars	113	9,6	21	0	279	16	43,93	58,93	56,06	41,07
Avril	140	11,7	64	7	230,4	17	37,87	57,14	62,12	42,86
Mai	177	14,34	57,8	10	317	22	45,45	46,43	54,54	53,57
Juin	161	13,4	53,9	6	332	18	42,42	50	57,57	50
Juillet	112,5	11,2	9,5	3	245,5	18	39,39	50	60,60	50
Août	150,4	13,4	10,2	5	380,4	21	57,57	50	42,42	50
Septembre	238,9	19,1	122,4	13	486,7	26	46,26	44,64	53,73	55,36

Octobre	283,7	21	125,7	10,5	463,8	28	49,23	67,86	50,77	32,14
Novembre	103,5	8,5	0	0	222	19	42,42	44,64	57,58	55,36
Décembre	30,7	2,89	0	,00	130,6	11	40,90	48,21	59,09	51,79

Sources des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Seul le mois d'août est excédentaire, les 11 autres mois connaissent des épisodes des précipitations majoritairement déficitaires. A l'exception des mois de juillet et d'août en augmentation, les 10 autres mois connaissent une diminution des quantités de précipitations. En ce qui concerne la répartition du nombre de jours des pluies, à l'exception du mois de janvier en augmentation, les 11 autres mois connaissent un déficit du cumul du nombre de jour des pluies.

Malgré la présence des pluies tout au long de l'année, les écarts entre les maximums et les minimums pluviométriques restent important. Ils atteignent 100 mm au mois de janvier, qui est par ailleurs le mois le moins arrosé et 365 mm au mois d'octobre (mois le plus arrosé). Cette variation confirme le fait que la Région de l'Est est sujette à une forte variation de la pluviométrie.

Les équations des trends indiquent que les quantités de précipitations sont en régression pendant les grandes saisons (sèche et pluvieuse) à Bertoua. Les normales saisonnières moyennes sont respectivement de 749 mm pour la grande saison des pluies et de 198 mm de pluies pour la grande saison sèche. Les tendances à la diminution des quantités de précipitations pour les grandes saisons sèche et pluvieuse s'accompagnent d'un déficit des dites précipitations. Le tableau 30 présente les caractéristiques des variables pluviométriques pendant les saisons sèches et pluvieuses.

Les quantités de précipitations diminuent pendant la petite saison des pluies et à l'opposé, augmentent pendant la petite saison sèche. Les tendances évolutives décroissent pendant la petite saison des pluies à cause des décennies 1950-1959 et 1980-1989 qui présentent les plus faibles volumes de précipitations de la période. Les moyennes enregistrées sont de 461,6 mm de pluies pendant ladite saison pour ces deux décennies, soit en moyenne 118 mm de pluies en moins par rapport à la moyenne saisonnière. Une légère reprise est observée sur les trois dernières décennies (1990-1999 ; 2000-2009 ; 2010-2015), qui cumulent environ 15 mm de pluies de plus par an sur la période de l'étude. Une tendance à l'augmentation est observée pendant la petite saison sèche, à cause de la légère hausse observée pendant les décennies 1970-1979 et 1980-1989, qui cumulent respectivement 151 mm et 170 mm de pluies respectivement, soit un surplus de 11 et de 24 mm de pluies par rapport à la moyenne.

Les précipitations s'étalent sur une période de temps de plus en plus longue pendant la petite saison des pluies, tandis que cette période est de plus en plus courte pendant la petite saison sèche. Cette situation est justifiée avec les équations des trends qui présentent des situations opposées pour les deux saisons (sèche et pluvieuse). Les pluies démarrent et finissent

de plus en plus tard, cela est suivi d'un déplacement de la petite saison des pluies entre la fin du mois de février et le début du mois de mars.

Les résultats de cette figure 53 montrent que les précipitations connaissent une alternance de phases déficitaires et de phases excédentaires sur les 07 décennies observées. Une première phase excédentaire a duré le temps d'une décennie (1950-1959), suivie de 06 décennies déficitaires (1960-1969 ; 1970-1979 ; 1980-1989 ; 1990-1999 ; 2000-2010 et 2010-2015), avec une baisse qui a atteint 70 mm de pluies entre 1950 et 1959, puis d'une chute de près de 160 mm de pluies à la décennie 1980-1989. Au regard de la fluctuation observée pendant la petite saison sèche, les premières décennies ont été les moins arrosées, avec un déficit de 40 et de 35 mm de pluies.

Tableau 30: Caractéristiques saisonnières de la pluviométrie à Bertoua de 1950 à 2015

Paramètres pluviométriques	Moy	Min	Max	Probabilité d'enregistrer des excédents (%)	Probabilité d'enregistrer des déficits (%)
Dates débuts petites saisons des pluies (jours de l'année)	77	46	142	45,90	54,09
Dates fins petites saisons des pluies (jours de l'année)	178	89	291	47,54	52,46
Précipitations petites saisons des pluies (mm)	580	187	1045	45,45	54,54
Précipitations petites saisons sèches (mm)	104	16	257	45,45	54,55
Nombre de jours des pluies petites saisons sèches (jours)	14	5	31	45,45	54,55
Longueur petites saisons des pluies (jours)	100	230	30	38,33	61,66
Dates débuts grandes saisons des pluies (jours de l'année)	228	180	298	51,66	48,33
Dates fins grandes saisons des pluies (jours de l'année)	316	274	349	56,66	43,33
Précipitations grandes saisons des pluies (mm)	749	265	1179	48,4	51,52
Précipitations grandes saisons sèches (mm)	198	8	382	43,93	56,06
Nombre de jours des pluies grandes saisons des pluies (jours)	67	48	105	48,33	51,66
Longueur grandes saisons des pluies (jours)	87	12	126	58,33	41,66

Sources des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

Les pluies démarrent de plus en plus tardivement et finissent tardivement à Bertoua. Cette situation s'accompagne d'un déplacement d'une vingtaine de jours par rapport à la normale de la petite saison des pluies. Cela est suivi d'un rallongement de ladite saison (figure 53). Le rythme évolutif des précipitations indique qu'elles ont diminuées pendant les grandes saisons sèche et pluvieuse. Les moyennes enregistrées sont respectivement de 581 mm pendant la petite saison des pluies ; 749 mm pendant la grande saison des pluies ; 134 mm pendant la petite saison sèche et 140 mm pendant la grande saison sèche.

Le nombre de jours des pluies augmente pendant la petite saison des pluies et diminue pendant la petite saison sèche. Les moyennes enregistrées sont respectivement de 47 jours de pluies pendant la petite saison des pluies et 12 jours pendant la petite saison sèche.

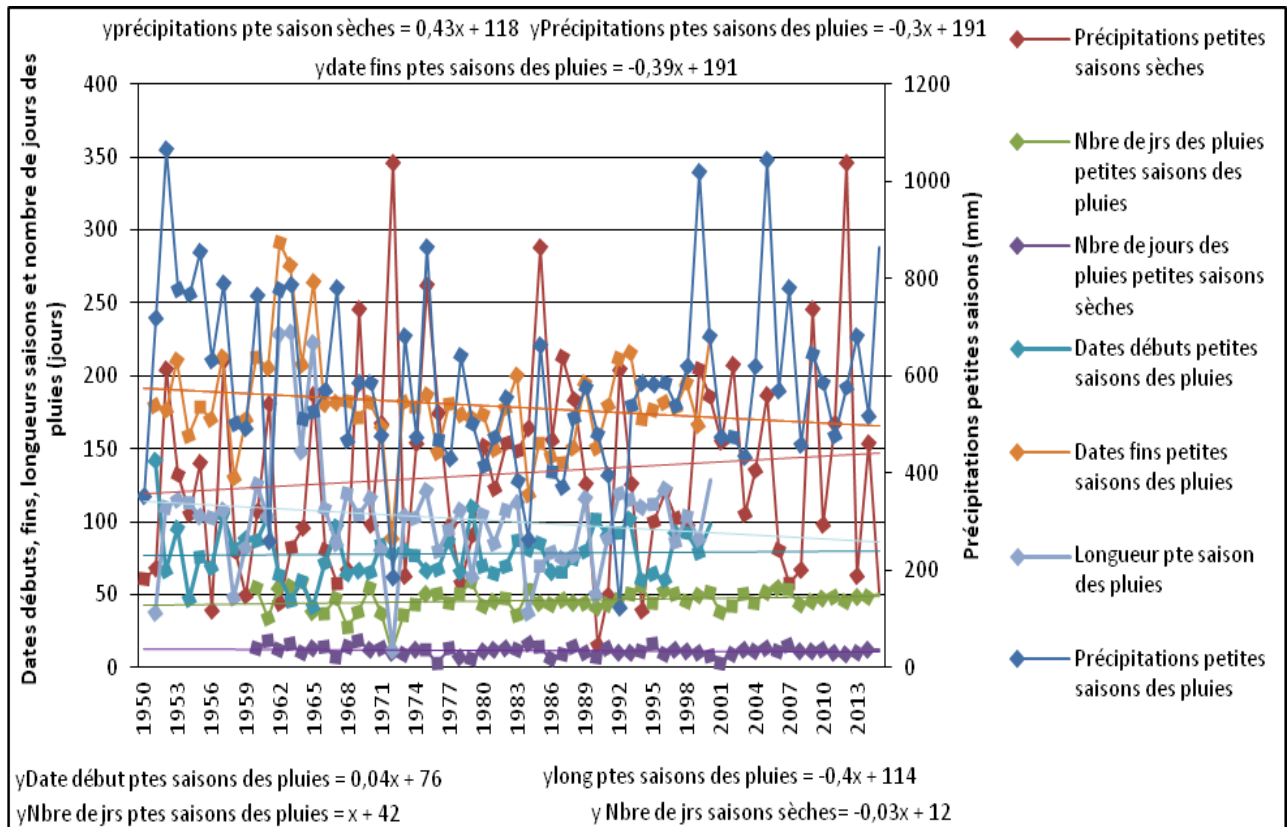


Figure 53: Évolution saisonnière des quantités de précipitations et du nombre de jours

Sources des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

Les pluies démarrent entre la fin du mois de juillet et le début du mois d'août pour finir vers la fin du mois d'octobre. Celles-ci s'accompagnent d'un déplacement d'une quinzaine de jours de la grande saison des pluies et d'un raccourcissement de la longueur de ladite saison (deux mois et demi) (figure 54). Globalement, les épisodes de précipitations diminuent pendant la grande saison sèche, au même titre que les quantités de précipitations pendant la grande saison des pluies et du nombre de jours des pluies pendant les grandes saisons sèche et pluvieuse.

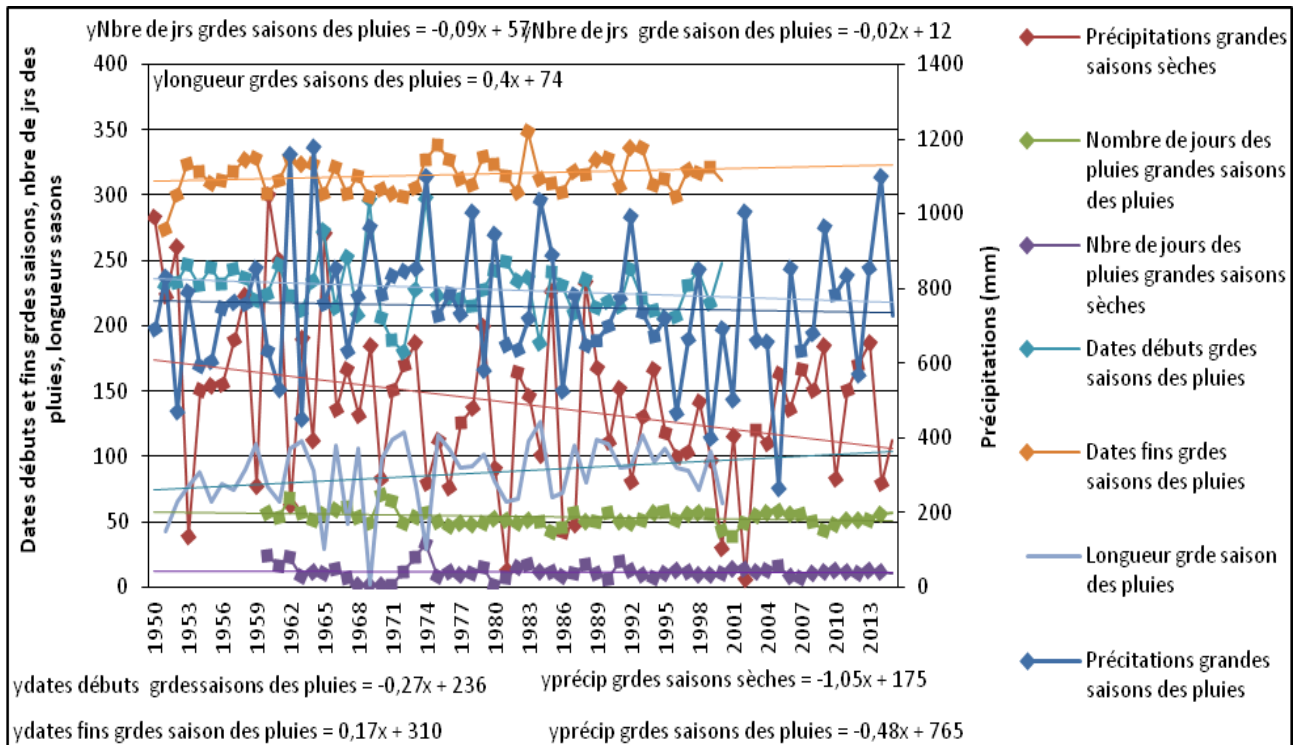


Figure 54: Évolution saisonnière des quantités de précipitations et du nombre de jour des pluies à Bertoua de 1950 à 2015

Sources des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

2.4.3. Région du Sud

La dynamique de la pluviométrie à l'échelle mensuelle dans la région du Sud se traduit par une forte variabilité temporelle et des écarts significatifs entre les minimums et les maximums des deux variables. Les différences sont significatives entre les mois, avec des écarts qui varient de 156 mm à 300 mm de pluies.

Les 12 mois de l'année connaissent un déficit des quantités de précipitations, avec les mois de février, mars, juin, août et décembre qui enregistrent les déficits les plus importants (tableau 31). L'évolution mensuelle du nombre de jour des pluies révèle que seul le mois de janvier est déficitaire, les 11 autres mois de l'année étant excédentaires.

Le comportement antagoniste entre les quantités de précipitations (majoritairement déficitaire) et le nombre de jour des pluies (majoritairement excédentaire) n'est pas sans conséquence sur la distribution des précipitations. Car globalement, des pluies qui tombent et s'étalent sur des périodes de temps relativement longs pourraient provoquer des situations telles que des inondations, avec des conséquences remarquables sur le milieu physique, les hommes et leurs activités (notamment sur l'agriculture, la pêche et l'élevage, la santé, l'eau et l'énergie, l'électricité, le tourisme, l'environnement et la biodiversité, les travaux publics, etc.).

Tableau 31: Caractéristiques de la pluviométrie mensuelle à Ebolowa de 1950 à 2015.

Paramètres pluviométriques	Moyenne		Minimum		Maximum		Probabilité d'enregistrer des qtés de précipitations excédentaires (%)	Probabilité d'enregistrer un nbre de jrs des pluies excédentaire (%)	probabilité d'enregistrer des qtés de précipitations déficitaires (%)	Probabilité d'enregistrer un nbre de jrs des pluies déficitaire (%)
	Précipitations	Nbre de jrs des pluies	Précipitations	Nbre de jrs des pluies	Précipitations	Nbre de jrs des pluies				
Janvier	35	4	16	0	276	9	43,94	45	56,06	55
Février	78	7	66	0	276	14	34,84	58,33	65,15	41,66
Mars	181	14	67	9	383	23	37,87	60	62,12	40
Avril	215	17	85	25	429	13	48,48	56,66	51,51	43,33
Mai	212	19	94	10	402	24	40,90	55	59,09	45
Juin	156	14	28	9	398	24	37,87	65	62,12	35
Juillet	62	10	1	0	266	17	40,91	68,33	59,09	31,66
Août	93	14	2	0	293	21	37,87	65	62,12	35
Septembre	228	22	120	15	380	28	46,96	60	53,03	40
Octobre	314	24	82	15	539	28	46,96	56,66	53,03	43,33
Novembre	177	15	59	0	327	23	48,48	55	51,51	45
Décembre	41	5	1	0	156	14	34,85	66,66	65,15	33,33

Sources des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

L'analyse à l'échelle mensuelle de l'évolution des tendances laisse apparaître une nette régression des volumes des précipitations pour les mois de janvier, février, mars, avril, mai, juin, octobre et décembre. À l'opposé, les mois de juillet, août, septembre et novembre sont en augmentation.

Pour ce qui est de l'évolution mensuelle du nombre de jour des pluies, 09 mois (janvier, février, mars, avril, mai, juin, octobre novembre et décembre) sur les 12 sont en régression, tandis que les 03 autres mois (juillet, août et septembre) sont en augmentation.

À fortiori, le nombre de jours de pluies diminue à la fois pendant les grandes saisons sèche et pluvieuse. Pour la grande saison des pluies, on observe une alternance de phases excédentaires et déficitaires, dont la première phase excédentaire couvre les deux premières décennies (1960-1969 et 1980-1989). Cette phase présente un excédent de 03 jours de plus par rapport à la moyenne à la deuxième décennie et de 04 jours de plus par rapport à la moyenne (estimée à 61 jours) à la quatrième décennie (tableau 32).

La seconde phase déficitaire concerne les décennies 1960-1969 et 1970-1979, 1990-1999 et 2000-2009, qui enregistrent des déficits variant de 1 à 4 jours par rapport à la moyenne. La grande saison sèche présente deux phases qui alternent l'une l'autre. La première phase est excédentaire avec les précipitations les plus étalées, la décennie 1950-1959 ayant enregistré les précipitations les plus étalées, soit un surplus de 07 jours par rapport à la moyenne décennale qui est de 17 jours de pluies pour la saison.

Tableau 32: Caractéristiques de la pluviométrie à l'échelle saisonnière à Ebolowa de 1950 à 2015.

Paramètres pluviométriques	Observations	Moy	Min	Max	Probabilité d'enregistrer des excédents (%)	Probabilité d'enregistrer des déficits (%)
Dates débuts petites saisons des pluies (jours de l'année) (jours)	56	59	20	87	58,92	41
Dates fins petites saisons des pluies (jours de l'année) (jours)		172	120	210	58,9	41
Précipitations petites saisons des pluies (mm)	66	806	393	1258	43,9	56
Précipitations petites saisons sèches (mm)		89	2	190	48,48	51,51
Nombre de jours des pluies petites saisons sèches (jours)	56	24	5	39	53,57	46,42
Longueur petites saisons des pluies (jours)		65	54	84	41	58,90
Dates débuts grandes saisons des pluies (jours de l'année) (jours)		230	153	259	41	58,9
Dates fins grandes saisons des pluies (jours de l'année) (jours)		330	311	360	41,07	58,9
Précipitations grandes saisons des pluies (mm)	66	770	560	1087	42,42	57,57
Précipitations grandes saisons sèches (mm)		130	28	313	45,45	54,54
Nombre de jours des pluies grandes saisons des pluies (jours)	56	61	40	77	48,21	51,78
Nombre de jours des pluies grandes saisons sèches (jours)		17	4	30	44,64	55,35
Longueur grandes saisons sèches (jours)		17	4	30	44,64	55,36
Longueur grandes saisons des pluies (jours)		100	68	175	42,85	57,14

La petite saison des pluies démarre majoritairement entre la fin du mois de février et le début du mois de mars pour finir à la mi-mai. Cela s'accompagne d'un rétrécissement de la longueur de la petite saison des pluies qui dépasse les 3 mois et demi habituels. Le volume des précipitations et le nombre de jours des pluies diminuent pendant la petite saison des pluies. Pendant la petite saison sèche, les précipitations et le nombre de jours des pluies augmentent. Les moyennes enregistrées sont de 806 mm de pluies, étalées sur 61 jours pendant la petite saison des pluies et de 89 mm de pluies étalées sur 24 jours pendant la petite saison sèche.

Les quantités de précipitations augmentent pendant la petite saison des pluies sur les décennies de 1990-1999 ; 2000-2009 et 2010-2015. Ces décennies connaissent un excédent de 20 mm de pluies en moyenne par décennie. La diminution des quantités de précipitations pendant la petite saison sèche est visible aux décennies 1980-1989 ; 1990-1999 ; 2000-2009 et 2010-2015, qui enregistrent respectivement des baisses de 36, 117, 98 et 96 mm de pluies (figure 55). La distribution du nombre de jours des pluies indique à son tour que les 03 dernières décennies (1990-1999 ; 2000-2009 et 2010-2015) enregistrent des déficits de 2, 4 et 2 jours de pluies respectivement.

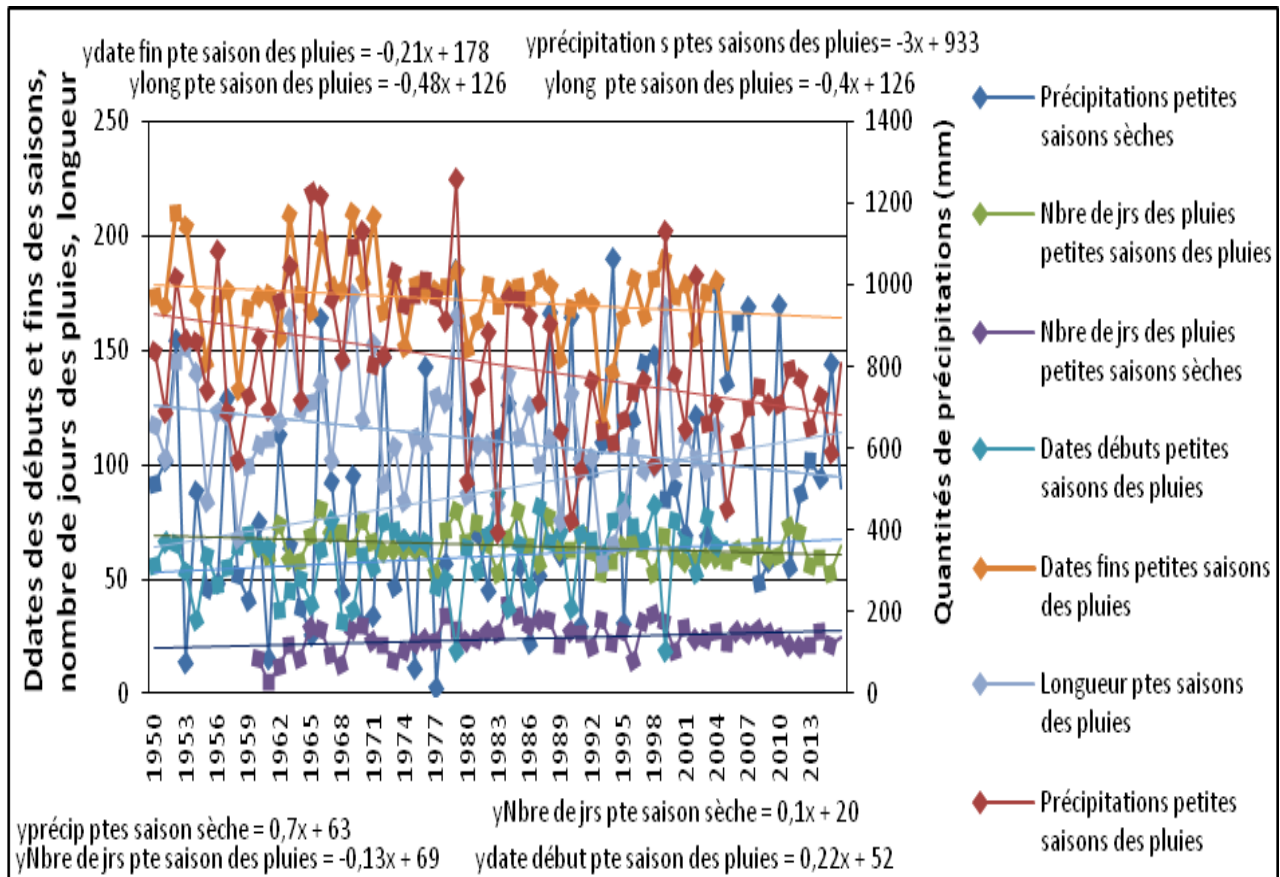


Figure 55: Évolution saisonnière de la pluviométrie pendant les petites saisons à Ebolowa de 1950 à 2015

Source des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER
Réalisation : Auteur, 2017

Les démarrages et les fins de la grande saison des pluies sont de plus en plus précis en début du mois de juillet dans la partie continentale à Ebolowa. Cette variation des dates s'accompagne d'une augmentation de la longueur de saison qui atteint jusqu'à 04 mois. Le nombre de jours des pluies diminue à pendant les grandes saisons sèche et pluvieuse.

Les débuts de plus en plus précoces (mi-juillet) de la grande saison des pluies sont le plus influencés par la troisième (1970-1979), quatrième (1980-1989) et septième (2010-2015) décennies qui connaissent des retards respectivement de 5 ; 3 et 17 jours de pluies par rapport à la normale (Fig. 56). Cela s'accompagne d'une augmentation de la longueur de la grande saison des pluies, très remarquable les troisième (1970-1979), quatrième (1980-1989) et cinquième (2010-2015) décennies, avec respectivement 07 ; 05 et 6 jours de plus par rapport à la moyenne. Au même moment, les fins des dites saisons apparaissent précocement (début-novembre) à cause des deux dernières décennies qui connaissent des fins précoces de 09 et 11 jours d'avance respectivement par rapport à la moyenne.

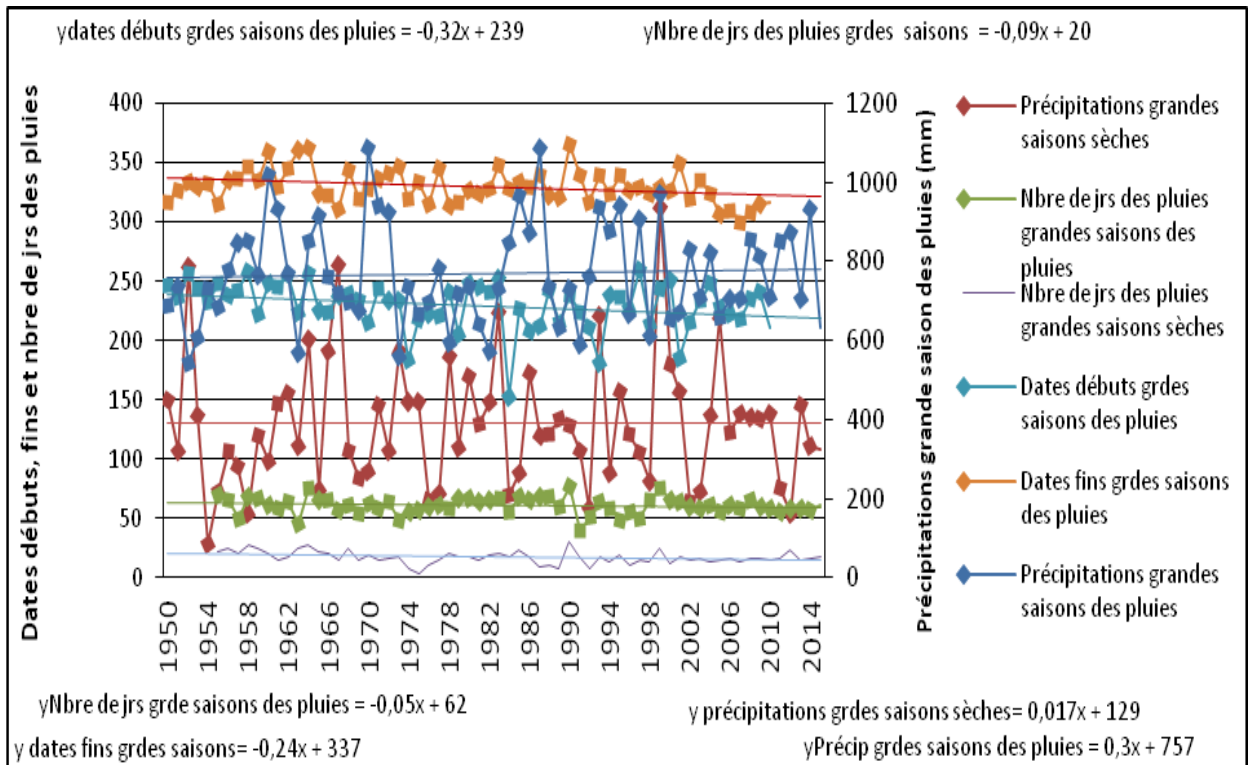


Figure 56: Évolution saisonnière de la pluviométrie pendant les grandes saisons à Ebolowa de 1950 à 2015

Source des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER
Réalisation : Auteur, 2017

Le volume de pluies enregistré par an est en diminution, tandis que le nombre de jours des pluies est en augmentation progressive à Yaoundé de 1950 à 2015 (Fig.57). Les moyennes annuelles sont de 1572,29 mm de pluies étalées sur 130 jours. Par ailleurs, il est à noter que la pluviométrie de Yaoundé connaît une alternance de périodes sèche et humide, à durées variables. Une première période humide, est caractérisée par un excédent pluviométrique entre 1950 et 1974. Cette période alterne avec une période sèche qui débute en 1975 et se prolonge jusqu'en 2015.

Tableau 33: Caractéristiques de la pluviométrie annuelle à Yaoundé de 1950 à 2015

Paramètres	Effectif	Moy	Min	Max	Probabilité d'enregistrer des excédents (%)	Probabilité d'enregistrer des déficits (%)
Précipitations (mm)	66	1573,29	1126	2042	46,97	53,03
Nombre de jours des pluies (nbre de jrs)	66	149,28	94	179	53,57	46,43

Source des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER
Réalisation : Auteur, 2017

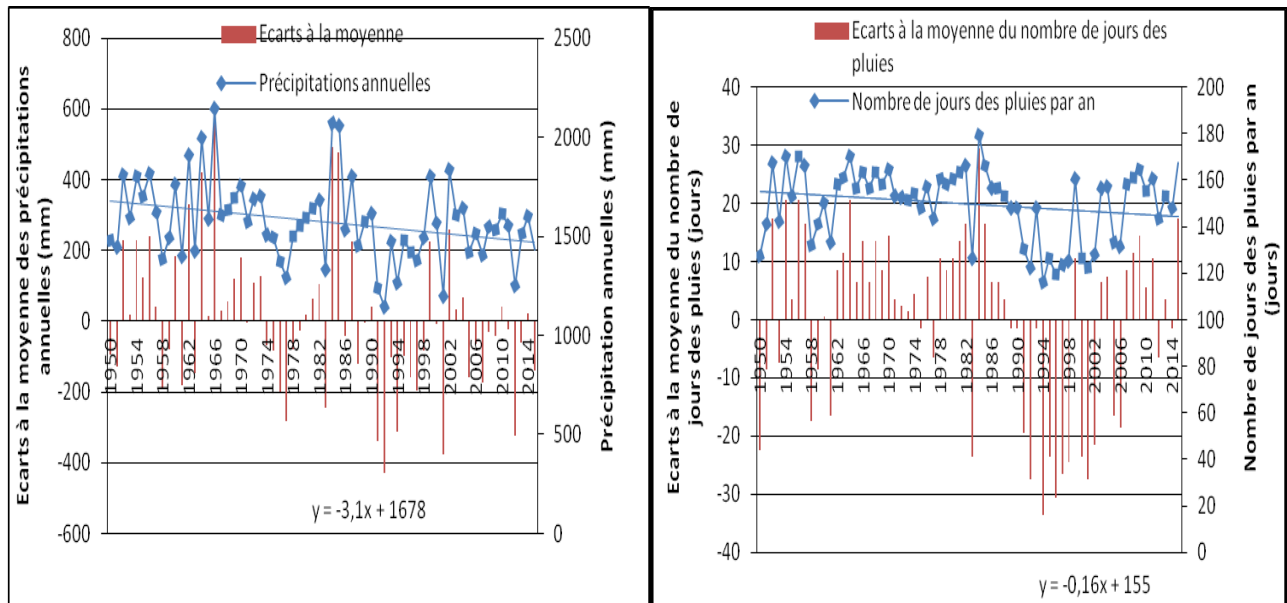


Figure 57: Variabilité annuelle de la pluviométrie à Yaoundé de 1950 à 2015

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2018

La figure 58 montre que les quantités de précipitations diminuent à l'échelle annuelle à Bertoua. Cette baisse est justifiée par la tendance négative des courbes de régression des deux paramètres observés. Il convient de préciser que pour les années 1962 et 2009 sont les plus arrosées, avec respectivement 2040 et 1925 mm de pluies, tandis que les années 2001 et 2002 n'ont pas atteint 1250 mm de pluies chacune, soit un écart d'au moins 800 mm entre l'année la plus arrosée et l'année la moins arrosée (tableau 34).

Tableau 34: Caractéristiques annuelle de la pluviométrie à Bertoua de 1950 à 2015

Paramètres	Effectifs	Moy	Min	Max	Probabilité d'enregistrer des excédents (%)	Probabilité d'enregistrer des déficits (%)
Précipitations (mm)	66	1568,7	1218	2040	46,97	53,03
Nombre de jours des pluies (jours)	60	130,87	94	168	56,67	43,33

Sources des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2018

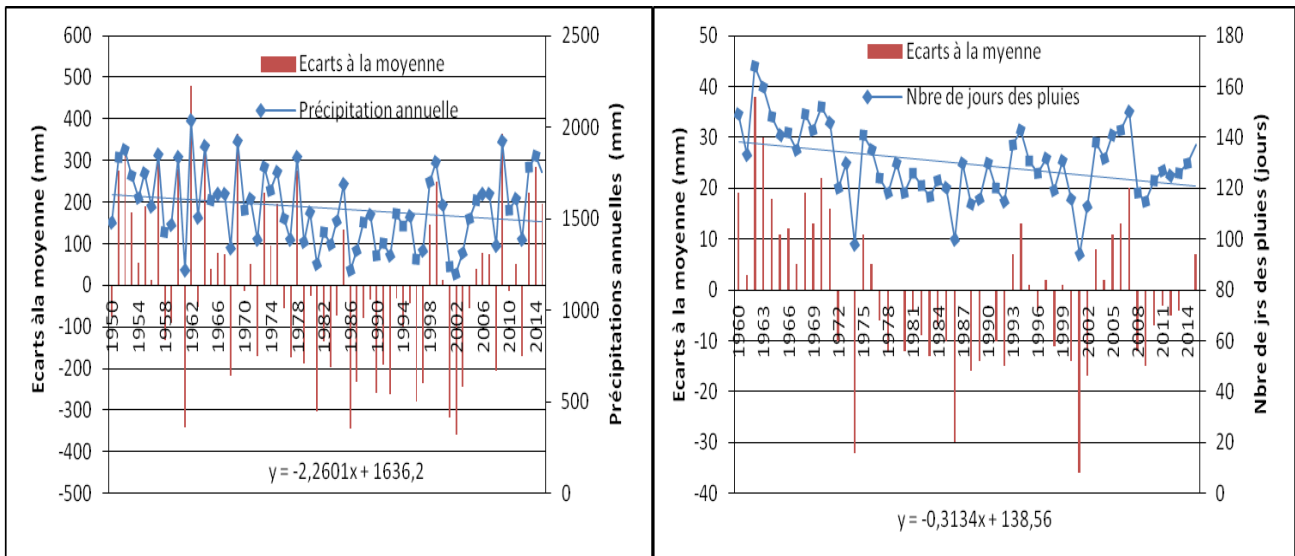


Figure 58: Variabilité annuelle des quantités de précipitations et du nombre de jours des pluies par an à Bertoua dans la Région de l'Est.

Les quantités de précipitations et le nombre de jours des pluies sont en constante régression à l'échelle annuelle dans la Région du Sud (Fig. 59). Cette régression s'accompagne d'une forte variabilité des deux paramètres pluviométriques, qui tantôt évoluent dans le même sens, et tantôt évoluent dans en sens opposés. Les moyennes annuelles sont de 1793,9 mm de pluies étalées sur une moyenne de 165,89 jours de pluies par an.

Tableau 35: Caractéristiques de la pluviométrie annuelle à Ebolowa de 1950 à 2015.

Paramètres	Effectif	Moy	Min	Max	Probabilité d'enregistrer des excédents (%)	Probabilité d'enregistrer des déficits (%)
Précipitations (mm)	66	1793,9	1272	2338	45,45	54,54
Nombre de jours des pluies (jours)	56	165,89	127	206	50	50

Sources données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2018

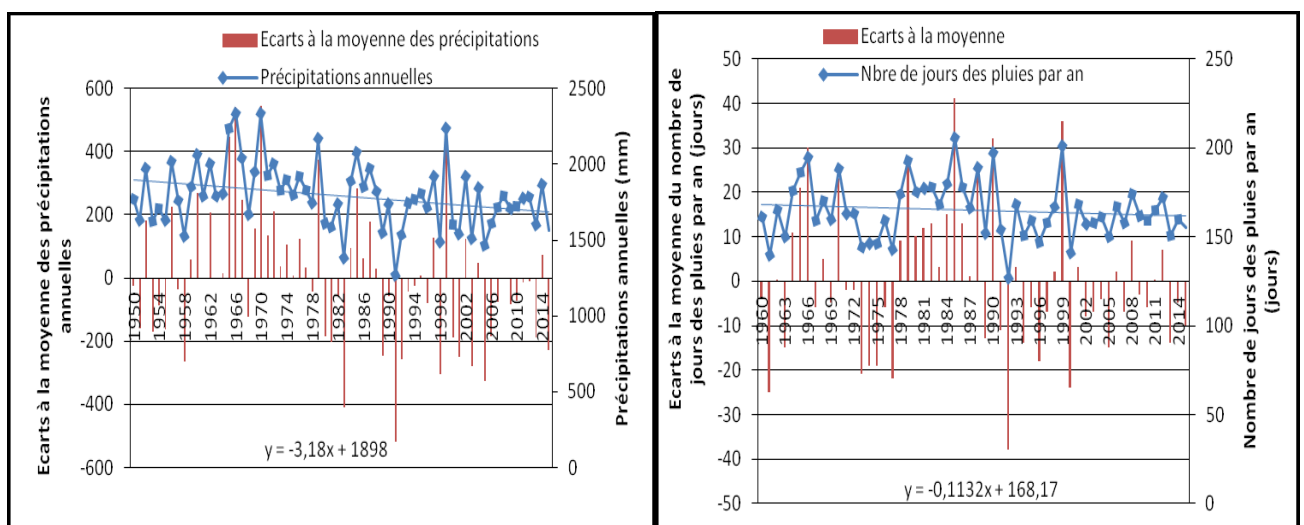


Figure 59: Variabilité annuelle de la pluviométrie à Ebolowa de 1950 à 2015.

2.4.4. Variabilité mensuelle des précipitations dans la zone forestière à pluviométrie bimodale et prévision spatiale des hauteurs des précipitations

La carte des prévisions de la figure 60a indique que des quantités de précipitations très supérieures à la moyenne historique enregistrée de 1950 à 2015 seront observées dans les localités de Ngambè Tikar, Ngoro, Nanga Eboko, Bafia, Nkoteng, Monatélé, Obala, Yaoundé, Mbalmayo et Akonolinga dans la Région du Centre. Elles seront supérieures à la moyenne historique enregistrée à ladite période à dans la localité de Yoko dans la Région du Centre. Les prévisions de la figure 60b indiquent que les quantités de précipitations très supérieures à la moyenne historique, enregistrée de 1950 à 2015 seront observées dans les localités de Mintom, Bélabo, Bertoua, Dimako, Batouri, Doumé, Mindourou, Lomié dans la Région de l'Est et dans les localités de Lolodorf, Zoétélé, Ebolowa, Sangmélima, Djoum, Akom II, Ambang et Nyabizan dans la Région du Sud ; autour de la moyenne dans les localités de Kribi et Campo dans la Région du Sud.

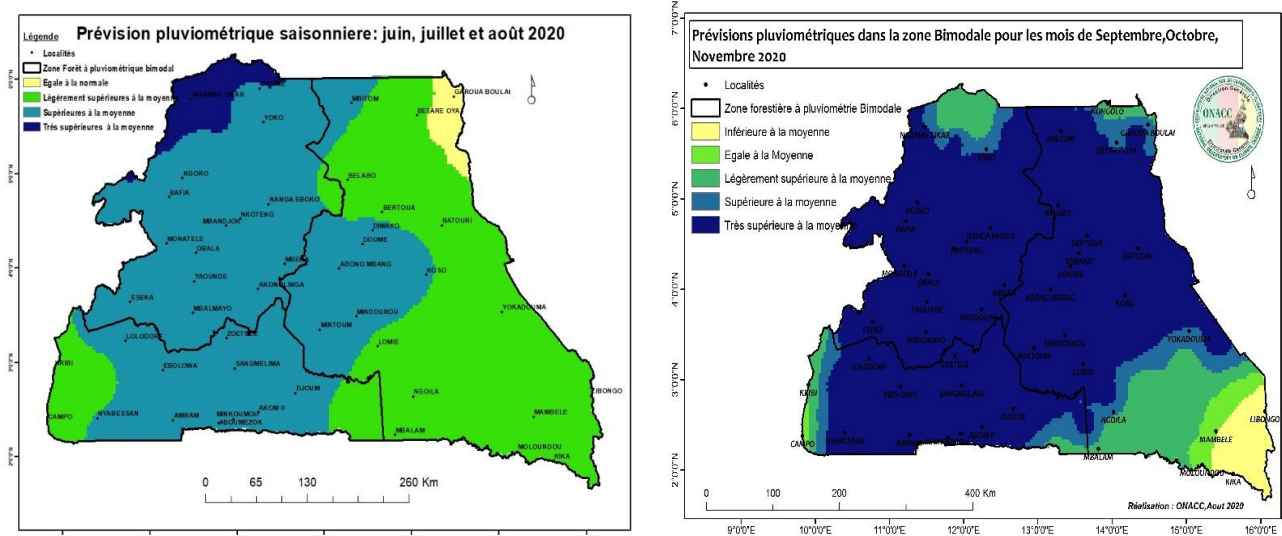


Figure 60: Prévisions des quantités de précipitations dans la zone forestière à pluviométrie bimodale pour la période allant de juin à novembre 2020.

Source : ONACC, 2020

2.5. Pluies orographiques et pluies des moussons dans la zone des hauts plateaux

2.5.1. Chronique multi échelle et dynamique de la pluviométrie dans la zone des Hauts Plateaux

La zone des Hauts plateaux regroupe les Régions de l'Ouest et du Nord-Ouest. Sa particularité est sa situation en altitude, comprise entre 1200 et 1600m (Suchel, 1972) lui confère un climat de type tropical soudanien, avec la prédominance d'une saison sèche entre le mois de novembre et de février et d'une saison des pluies entre le mois de mars et d'octobre. Le relief

exerce une action dynamique prédominante. Les filets d'air qui traversent lesdites Régions épousent la forme des reliefs. C'est pourquoi les zones exposées au vent sont des zones d'ascendance des masses d'air et celles sous le vent sont des zones descendantes. L'ampleur verticale de la dynamique des masses d'air varient qu'il s'agisse de reliefs isolés ou de chaînes de montagnes. Le caractère tropical soudanien du régime pluviométrique est influencé dans sa partie Sud ouverte à l'océan atlantique par les flux de mousson, tandis que la partie Nord est typique au climat tropical de montagne (Bruckmann L, 2019). Selon Tsalefac M et al (2003), cette transition est liée non seulement à l'importance du relief, mais aussi à l'exposition d'abris face aux flux d'air et à la présence du mont Cameroun qui influence fortement la structuration spatio-temporelle des paramètres pluviométriques.

Les études sur la variabilité climatique des zones de montagne ont démontré qu'il existe une étroite relation entre le relief et le comportement climatique local (Leroux, 1983). Dans cette zone marquée par une forte irrégularité du relief, les singularités locales s'expriment par une exacerbation des cumuls pluviométriques, ou par une modification du régime des pluies. Selon Buckle, (1996), l'Ascendance au vent du relief provoque une détente adiabatique qui, si l'air est suffisamment humide, donne lieu à une forte condensation à l'origine des fortes précipitations, et à l'opposé si l'air est descendant sous le vent, il se dessalure très rapidement.

2.5.1.1. Région de l'Ouest

Les hauteurs pluviométriques s'élèvent progressivement d'un mois à un autre par pallier, jusqu'à son pic de 284 mm, étalées sur 21 jours au mois de septembre à Bafoussam (tableau 36). Le rythme des précipitations dans les différentes localités de la Région de l'Ouest est caractérisé par un régime de type unimodal, exacerbé par de fortes précipitations aux mois de juin, juillet, août, septembre et octobre, qui enregistrent respectivement 202 ; 244 ; 251 ; 284 et 261 mm de pluies.

Les mois de novembre, décembre, janvier et février sont les moins arrosés et par ailleurs les moins étalés, avec des volumes mensuels de 56,7 mm de pluies étalées sur 7 jours ; 7 mm étalées sur un jour; 10,1 mm de pluies étalées sur un jour et 25 mm, étalées sur 3 jours respectivement pour lesdits mois. La figure 61b montre qu'à 94% des cas, les précipitations sont enregistrées pendant la saison des pluies et à 6% des cas pendant la saison sèche.

Tableau 36: Pluviométrie mensuelle moyenne à Bafoussam de 1950 à 2015

Paramètres /mois	Jan	février	Mar	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Dec
Précipitations (mm)	10,1	25	107	159	168	202	244	251	284	261	56,7	7
Nbre de jrs des pluies (jrs)	1	3	9	14	15	16	20	19	21	21	6	1
Type de mois d'après Gaussen	mois secs		mois humides								mois secs	
Type de saison	SS		SP								SS	

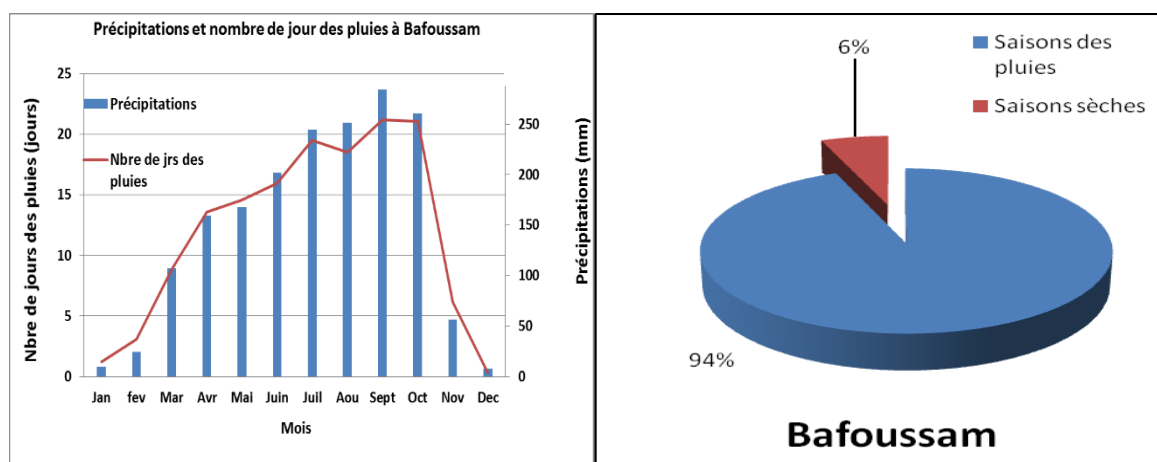


Figure 61: Pluviométrie mensuelle moyenne (a) et apports saisonniers sur le volume annuel à Bafoussam et à Bafoussam (b) de 1950 à 2015

Source des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Le tableau 37 présente les caractéristiques mensuelles des quantités de précipitations et du nombre de jour des pluies à Bafoussam sur la période de l'étude. Il ressort dudit tableau que le déficit pluviométrique est marqué par une mauvaise répartition des précipitations et du nombre de jour des pluies au cours de l'année. Ainsi, 8 mois sur les 12 présentent des précipitations déficitaires, notamment les mois de janvier (74,24%), février (60,6%), avril (60,6%), mai (53,03%), septembre (54,54%), octobre (59,10%), novembre (59,10%) et décembre (76,67%). Seuls mois de juin (51,51%) et d'août (53,03%) enregistrent des précipitations excédentaires. Les résultats du tableau indiquent que 06 mois enregistrent des cumuls du nombre de jour des pluies déficitaires, janvier (57,14%), février (64,29%), mai (53,57%), août et septembre (53,57%) et décembre (66,07%). Ces statistiques sont la confirmation d'une perturbation de la répartition mensuelle des précipitations.

Tableau 37: Caractéristiques des quantités de précipitations et du nombre de jours des pluies à l'échelle mensuelle à Bafoussam de 1950 à 2015

Paramètres pluviométriques	Moyenne		Minimum		Maximum		Probabilité d'enregistrer des excédents des précipitations	Probabilité d'enregistrer des excédents de nbre de jrs des pluies (%)	Probabilité d'enregistrer des déficits de précipitations (%)	Probabilité d'enregistrer des déficits de nbre de jrs des pluies (%)
	Précipitations	Nbre de jrs des pluies	Précipitations	Nbre de jrs des pluies	Précipitations	Nbre de jrs des pluies				
Janvier	10	1,2	0	0	57,7	4	25,75	42,86	74,24	57,14
Février	24,5	3,1	0	0	154,7	11	39,39	35,71	60,60	64,29
Mars	107,4	8,8	0	3	295,3	20	50	55,36	50	44,64
Avril	159,2	13,5	0	7	342,3	21	39,39	51,79	60,60	48,21
Mai	167,5	14,6	84	7	324,1	23	46,96	46,43	53,03	53,57
Juin	202,2	16	53,4	9	326,1	23	51,51	50	48,48	50
Juillet	244,4	19,5	84,7	7	456,7	26	50	53,57	50	46,43
Août	251,2	18,5	101	8	453,2	26	53,03	46,43	46,96	53,57
Septembre	284,4	21,2	186,9	16	386,2	29	45,45	46,43	54,54	53,57
Octobre	260,8	21	80,2	9	430,1	29	40,90	53,57	59,10	46,43
Novembre	56,7	6,2	0	0	196,2	15	40,90	50	59,10	50
Décembre	7,4	0,3	0	0	79,7	4	33,33	33,93	76,67	66,07

Les résultats indiquent que quatre mois (janvier, juin, juillet et août) sur les douze de l'année présentent une augmentation visible des quantités de précipitations, tandis que les 08 autres mois (février, mars, avril, mai, sept, octobre, novembre et décembre) présentent une diminution progressive desdites pluies. La distribution dans le temps du nombre de jour des pluies révèle que 09 mois sont en diminution, notamment les mois de janvier, mars, avril, mai, juin, septembre, novembre et décembre. Ce qui signifie que d'importantes quantités de pluies tombent sur une période de temps relativement courte. Cette dynamique pourrait s'accompagner d'énormes conséquences sur les activités à forte dépendance de la pluviométrie telles que celles sus-évoquées.

Les premières pluies apparaissent de plus en plus tard, à partir de la fin du mois de février sur 05 des 07 décennies à Bafoussam et s'achèvent précocement, entre la fin du mois de septembre et le début du mois d'octobre. Cette situation s'accompagne d'un rallongement de la saison des pluies qui a majoritairement atteint et parfois dépasse 08 mois, soit une quinzaine de jour de plus par rapport à la moyenne habituelle.

D'après le tableau 38, il pleut en moyenne de 1673,5 mm de pluies, étalées sur 132 jours par an pendant la saison des pluies, avec un record de 2179,9 mm en 1968. Les volumes les plus faibles sont enregistrés en 1983 (1336,9 mm) et 1978 (1507 mm). Pour ce qui est de la variabilité de la pluviométrie observée, ledit tableau indique qu'à 53% des cas les précipitations sont excédentaires pendant la saison des pluies, et déficitaires à 57,57% des cas pendant la saison sèche. En ce qui concerne la variabilité du nombre de jours des pluies, à 69,64% des cas il est déficitaire pendant la saison des pluies et à 59% des cas pendant la saison sèche.

Tableau 38: Caractéristiques des paramètres Pluviométriques à l'échelle saisonnière à Bafoussam de 1950 à 2015

Paramètres pluviométriques	Observations	Moy	Min	Max	Probabilité d'enregistrer des excédents (%)	Probabilité d'enregistrer des déficits (%)
Dates débuts saisons des pluies (jour de l'année)	56	80	44	112	50	50
Dates fins saisons des pluies (jour de l'année)		309	290	336	48,21	51,7
Longueur saisons des pluies (jours)		226	196	274	44,64	55,35
Longueur saisons sèches (jours)		139	91	169	50	50
Précipitations saisons des pluies (mm)	66	1673,5	1336,9	2056,9	53	46,96
Précipitations saisons sèches (mm)		106	1,1	312,3	42,42	57,57
Nombre de jours des pluies saisons des pluies (jours)	56	136	102	173	30,35	69,64
Nombre de jours des pluies saisons sèches (jours)		11	1	24	41	59

Source des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER
Réalisation : Auteur, 2017

Les tendances évolutives indiquent qu'à 35% des cas les pluies démarrent et finissent précocement. Celles-ci s'accompagnent d'une diminution simultanée des quantités de

précipitations, du nombre de jour des pluies et de la longueur de la saison des pluies (Fig.62). Les résultats indiquent également qu'à 20% des cas les pluies démarrent et finissent tardivement, cela est accompagné d'une diminution des quantités de précipitations, du nombre de jour des pluies et de la longueur de la saison des pluies.

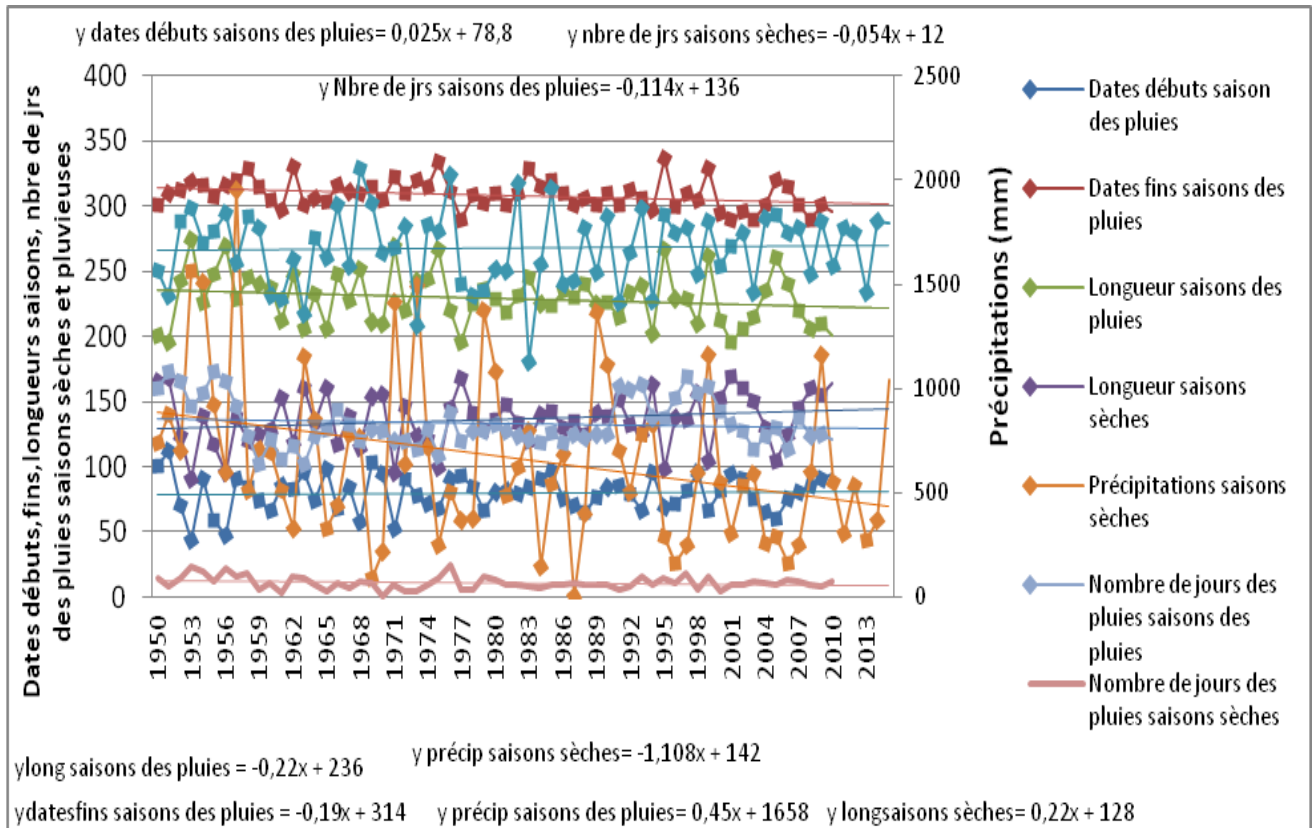


Figure 62: Évolution des paramètres pluviométriques à l'échelle saisonnière

Source des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

Les quantités de pluies reçues à l'échelle annuelle, sont en constante régression au même titre que le nombre de jours des pluies enregistrées à l'échelle annuelle à Bafoussam (figure 63). Il pleut en moyenne 1775,89 mm de pluies étalées sur une moyenne de 144 jours de pluies par an. Cependant la probabilité d'enregistrer un excédent des précipitations est de 53%, tandis qu'à l'opposé la probabilité d'enregistrer un déficit du nombre de jours des pluies est de 66% (tableau 39).

Tableau 39: Caractéristiques de la pluviométrie annuelle à Bafoussam de 1950 à 2015

Paramètres	Effectif	Moy	Min	Max	Probabilité d'enregistrer des excédents (%)	Probabilité d'enregistrer des déficits (%)
Précipitations (mm)	66	1775,89	1337	2081	53,03	46,97
Nombre de jours des pluies (jours)	59	144	110	187	33,89	66,10

Sources des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

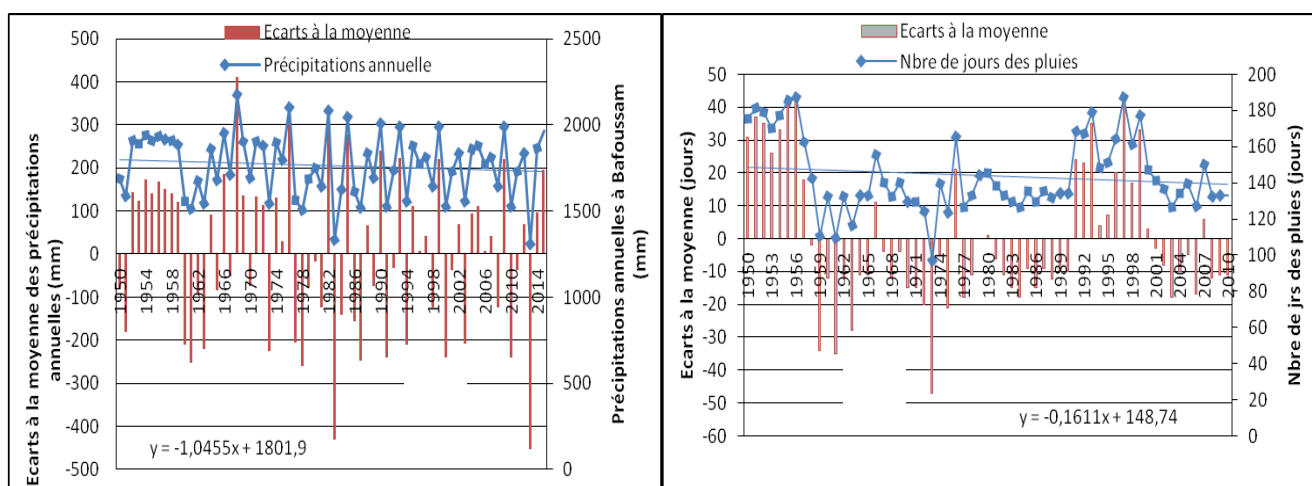


Figure 63: Variabilité annuelle de la pluviométrie à Bafoussam de 1950 à 2015

Sources des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2018

2.5.1.2. Région du Nord-Ouest

Les mois les moins arrosés sont également les moins étalés à Bamenda, et vice versa les mois les plus arrosés sont également les plus étalés. Les précipitations au même titre que le nombre de jours des pluies présentent une distribution monomodale, avec le mois de septembre qui est le plus arrosé (434 mm de pluies en moyenne) (tableau 40). Les mois de novembre, décembre, janvier et février reçoivent les plus faibles précipitations au cours de l'année, avec respectivement 48 mm étalées sur 6 jours au mois de novembre ; 17,4mm étalées sur 2 jours au mois de décembre ; 50,4 mm étalées sur 2 jours en moyenne au mois de janvier et 33,5mm étalées sur 4 jours en moyenne au mois de février.

La figure 64b montre que 94% de précipitations sont enregistrées pendant les saisons de pluies et 6% pendant la saison sèche à Bamenda. Il en est de même en ce qui concerne la répartition du nombre de jour des pluies pour la même période.

Tableau 40: Pluviométrie mensuelle moyenne à Bamenda de 1950 à 2015

Paramètres/mois	janv	fév	mar	avr	mai	jui	juil	août	sept	oct	nov	déc
Précipitations (mm)	50,4	33,6	153	184	185	287	421,3	412	434	273	48	17,4
Nbre de jrs des pluies (jrs)	1,3	3,4	12	19	20	22,2	25,7	26	26,8	22,6	5,7	2
Type de mois d'après Gaussen	mois secs		mois humides							mois sec		
Type de saison	SS		SP							SS		

SS (Saison sèche) ; SP (Saison des Pluies)

Source des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

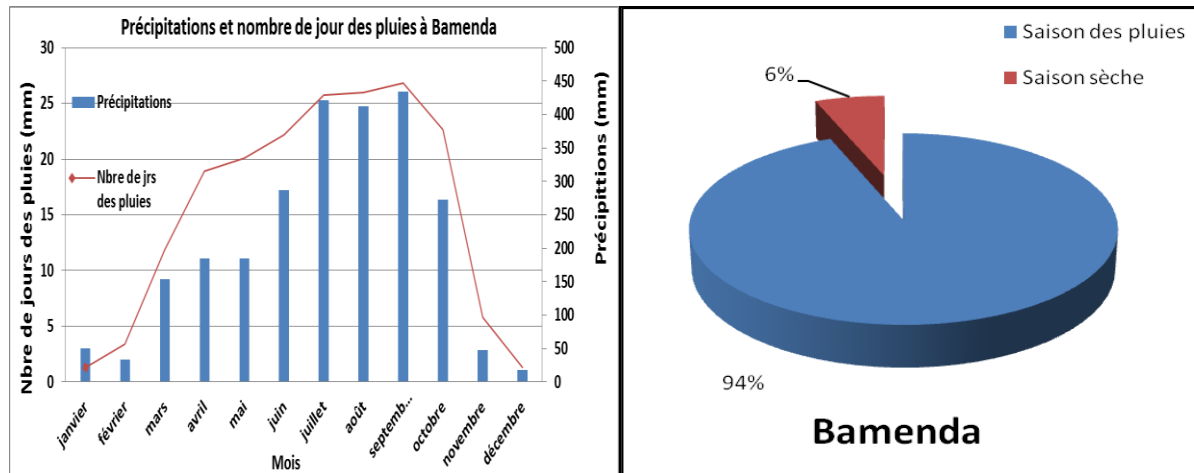


Figure 64: Pluviométrie mensuelle moyenne (a) et apports saisonniers sur le volume annuel à Bafoussam et à Bamenda (b) de 1950 à 2015

Source des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

Les conditions climatiques particulières qui résident dans la Région du Nord-Ouest en général caractérisées par l'ascendance orographique et la convergence en « l'entonnoir » du golfe de Guinée, annihilent les effets dynamiques de la subsidence des masses d'air, liée à la cellule de Hadley Sud et associé à la remontée Nord de la ZCIT (Suchel, 1988). L'évolution de la pluviométrie à l'échelle mensuelle se révèle par la combinaison du double effet du relief et de la trajectoire du flux de mousson.

Les résultats des travaux d'Amougou et al (2016) révèlent que si pour certains mois, l'intensité de la pluviosité coïncide avec des épisodes El-Niño, pour d'autres mois au contraire, elle répond à un forçage lié à la dynamique de l'activité des centres d'action atmosphériques au niveau des anticyclones des Açores et/ou de l'île Sainte Hélène. Le tableau 41 présente les caractéristiques des précipitations mensuelles annuelles et du nombre de jours des pluies à Bamenda de 1950 à 2015. Il ressort dudit tableau que six mois sur les 12 enregistrent des quantités de précipitations déficitaires, notamment janvier (81,81%), février (51,51%), mars (54,54%), avril (56,06%), mai (54,54%), et octobre (51,51%), tandis que les 04 mois enregistrent des précipitations déficitaires, juin (69,69%), juillet (54,54%), août (54,54%) et septembre (56,06%).

Tableau 41: Caractéristiques des quantités de précipitations et du nombre de jours des pluies à l'échelle mensuelle à Bamenda de 1950 à 2015

Paramètres pluviométriques	Moyenne		Minimum		Maximum		Probabilité d'enregistrer des qtés de précipitations excédentaires (%)	Probabilité d'enregistrer un nbre de jrs des pluies excédentaire (%)	probabilité d'enregistrer des qtés de précipitations déficitaires (%)	Probabilité d'enregistrer un nbre de jrs des pluies déficitaire (%)
	Précipitations	Nbre de jrs des pluies	Précipitations	Nbre de jrs des pluies	Précipitations	Nbre de jrs des pluies				
Janvier	50,4	0	0	0	135	2012	18,18	37,50	81,81	62,50
Février	33,5	7	0	0	160	159,7	48,48	41,07	51,51	58,93
Mars	153,3	12	7	0	330	330,6	45,45	50	54,54	50
Avril	184,1	27	82	3	346	346,4	43,94	64,28	56,06	35,71
Mai	185,1	23	89	9	380	441	45,45	48,21	54,54	51,78
Juin	286,7	28	104	13	447	456,4	69,69	53,57	30,30	46,43
Juillet	421,3	28	206,6	19	676	676,4	57,57	51,78	42,42	48,21
Août	411,8	31	181	19	639	639,2	54,54	51,78	45,45	48,21
Septembre	434,1	30	183	22	668	725,8	56,06	55,36	43,93	44,64
Octobre	252,4	28	74	13	467	467,1	48,48	48,21	51,51	51,78
Novembre	48,1	26	0	0	164	163,5	50	53,57	50	46,43
Décembre	17,4	8	0	0	99	98,7	43,94	37,50	56,06	62,50

Source des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

A l'échelle mensuelle annuelle, les pluies des mois de février, mars, avril, juin, juillet, septembre, novembre et décembre sont de moins en moins abondantes. Cela se traduit par une diminution de plus en plus visible des volumes des précipitations, tandis que les mois de janvier, mai, août et octobre sont en augmentation. L'évolution mensuelle du nombre de jours des pluies indique que 10 mois (janvier, février, mars, avril, juin, juillet, août, septembre, octobre et décembre) sur les 12 sont en régression et s'opposent aux mois de mai et de novembre en augmentation.

Cinq décennies sur les sept étudiées enregistrent leurs premières pluies précocement à la première quinzaine du mois de février et s'achèvent précocement en début du mois d'octobre à Bamenda. Cette situation s'accompagne d'un léger déplacement de la saison des pluies d'une quinzaine de jours environ. Cela contribue à maintenir la longueur de la saison des pluies majoritairement autour des 08 mois habituels. Le tableau 40 montre que la saison sèche se situe entre le mois de novembre et de janvier, soit sur 04 mois en moyenne.

Il tombe en moyenne de 1796 mm de pluies, étalées sur 178 jours en moyenne par an pendant la saison des pluies. Le record de 3861,1 mm est enregistré en 2006, tandis que le volume le plus faible est enregistré en 2015 (1795,6 mm de pluies) (tableau 42). Ledit tableau indique qu'à 54,54% des cas les quantités de précipitations sont déficitaires pendant la saison des pluies et à 57,57% des cas déficitaires pendant la saison sèche. Pour ce qui est du nombre de

jours des pluies, les résultats indiquent qu'à 53,57% des cas le cumul est déficitaire pendant la saison des pluies et à 44,64% des cas il est déficitaire pendant la saison sèche.

Tableau 42: Caractéristiques des paramètres pluviométriques à l'échelle saisonnière à Bamenda de 1950 à 2015

Paramètres pluviométriques	Observations	Moyenne	Min	Max	Probabilité d'enregistrer des excédents (%)	Probabilité d'enregistrer des déficits (%)
Dates débuts saisons des pluies (jours de l'année)	56	74,3	39	115	46,42	53,57
Dates fins saisons des pluies (jours de l'année)		228	170	314	46,42	53,57
Longueur saisons des pluies (jours)		228	170	314	53,57	46,43
Longueur saisons sèches (jours)		137	51	195	39,28	60,71
Précipitations saisons des pluies (mm)		2323	1796	3861,1	45,45	54,54
Précipitations saisons sèches (mm)		114,4	8	335	42,42	57,57
Nombre de jours des pluies saisons sèches (jours)		11,8	2	31	46,43	53,57
Nombre de jours des pluies saisons des pluies (jours)		177,9	150	202	55,36	44,64

Source des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

La figure 65 met en lumière l'évolution des tendances des paramètres identifiés ci-dessus. Il ressort de cette figure qu'à 16,50% des cas, la saison des pluies démarre précocement et finit tardivement, avec une augmentation simultanée des quantités de précipitations, du nombre de jour des pluies et de la longueur de ladite saison. Par ailleurs, à 24% des cas la saison des pluies démarre tardivement et finit précocement. Cela est suivi d'une diminution simultanée des quantités de précipitations et du nombre de jour des pluies et, à l'opposé d'une augmentation de la longueur de ladite saison. La même figure indique qu'à 9,8% des cas, la saison des pluies démarre et finit tardivement, avec une augmentation simultanée des quantités de précipitations, du nombre de jour des pluies et de la longueur de la saison.

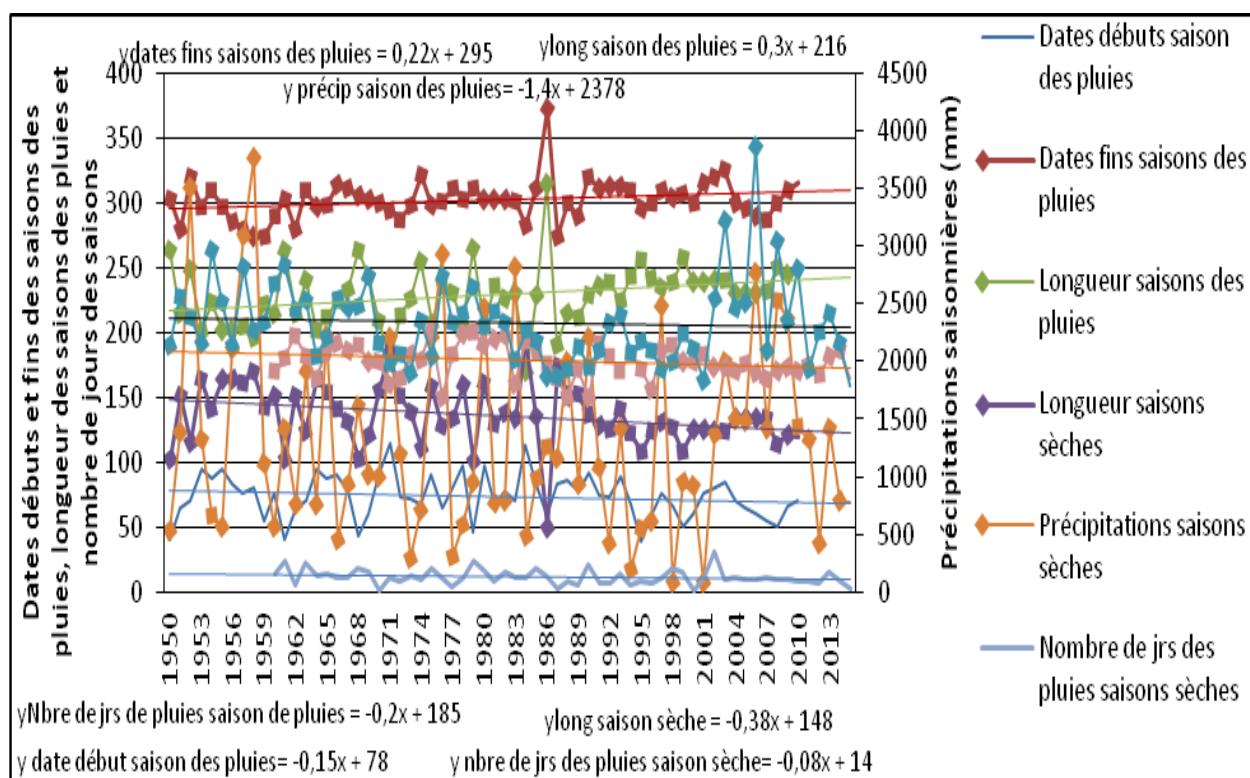


Figure 65: Évolution à l'échelle saisonnière des paramètres Pluviométriques à Bamenda de 1950 à 2015

Source des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

Il ressort de cette analyse que les cas les plus fréquents sont ceux présentent un démarrage précoce et une fin tardive de la saison des pluies accompagnés d'une augmentation simultanée des quantités de précipitations, du nombre de jour des pluies et de la longueur de ladite saison. Il en est de même pour les cas qui présentent un démarrage tardif et une fin précoce de la saison des pluies, accompagnés d'une diminution simultanée des quantités de précipitations, du nombre de jour des pluies et à l'opposé d'une augmentation de la longueur de ladite saison. Ces deux cas signalés représentent à eux seuls 40% des cas observés, et pourraient servir d'hypothèses de base pour une éventuelle prévision climatique à Bamenda.

Les quantités de précipitations sont en constante régression à l'échelle annuelle, au même titre que la distribution nombre de jours des pluies (figure 66). Il pleut en moyenne 2499 mm de pluies étalées sur 189,76 jours en moyenne par an. On observe cependant un déficit pluviométrique sur la fourchette de temps étudiée (tableau 43).

Tableau 43: Caractéristiques de la pluviométrie annuelle à Bamenda de 1950 à 2015

Paramètres	Effectif	Moy	Min	Max	Probabilité d'enregistrer des excédents (%)	Probabilité d'enregistrer des déficits (%)
Précipitations (mm)	66	2499	1845	4107	43,94	56,06
Nombre de jours des pluies (jours)	56	189,76	159	221	46,43	53,57

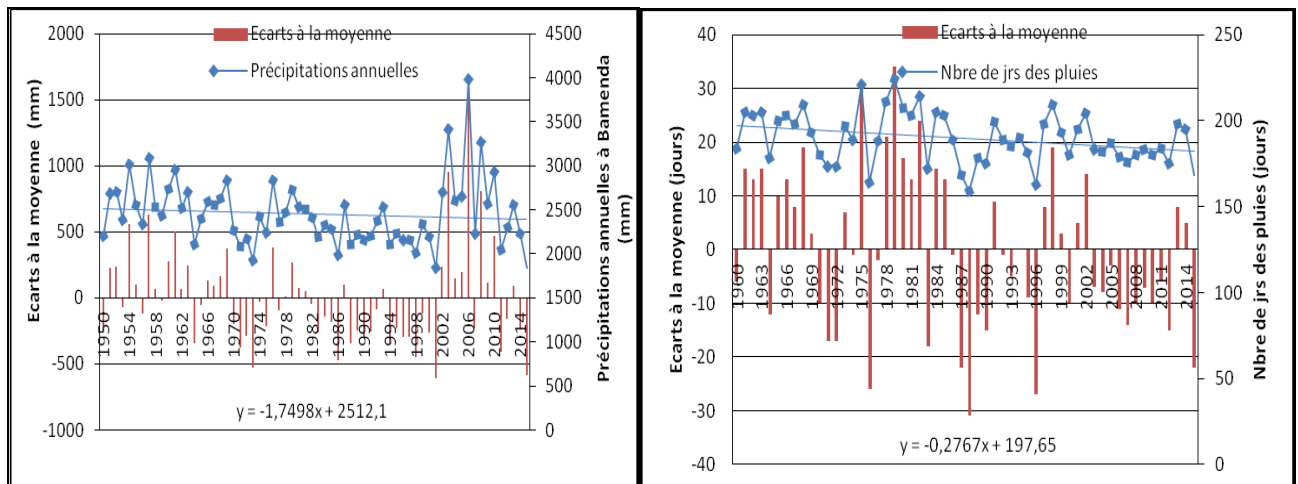


Figure 66: Variabilité annuelle de la pluviométrie à Bamenda de 1950 à 2015

Source des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2018

2.5.2. Variabilité mensuelle des précipitations dans la zone forestière à pluviométrie bimodale et prévision spatiale des hauteurs des précipitations

Les prévisions de la figure 67a indiquent que la période comprise entre juin à août 2020 sera marquée par des quantités de précipitations très supérieures à la moyenne historique enregistrée aux mois de juin, juillet et août de 1950 à 2015 dans les différentes localités de la Région de l'Ouest. Elles seront de supérieures à très supérieures à la moyenne de juin à août 2020 par rapport aux moyennes historiques de 1950 à 2015 dans les localités de la Région du Nord-Ouest.

La figure 67b indique que les quantités de précipitations seront supérieures à la moyenne historique enregistrée de 1950 à 2015 dans les localités de Bamendjing, Nkoumagba, Mbouda dans la Région de l'Ouest, supérieures à la moyenne historique enregistrée à ladite période dans les localités de Benakuma ; Wum et Kumbo dans la Région du Nord-Ouest. Elles seront inférieures à la moyenne historique enregistrée de 1950 à 2015 dans les localités de Makam, Makoupa ; Banganté ; Bafang ; Bazou et Tonga dans la Région de l'Ouest ; inférieures à la moyenne historique enregistrée à ladite période dans les localités de Ako ; Nwa ; Munkep ; Furuwa ; Audu et Nkambe dans la Région du Nord-Ouest et autour de la moyenne historique enregistrée à la même période dans les localités de Fouban, Foubot, Bafoussam, Dschang et Batcham dans la Région de l'Ouest.

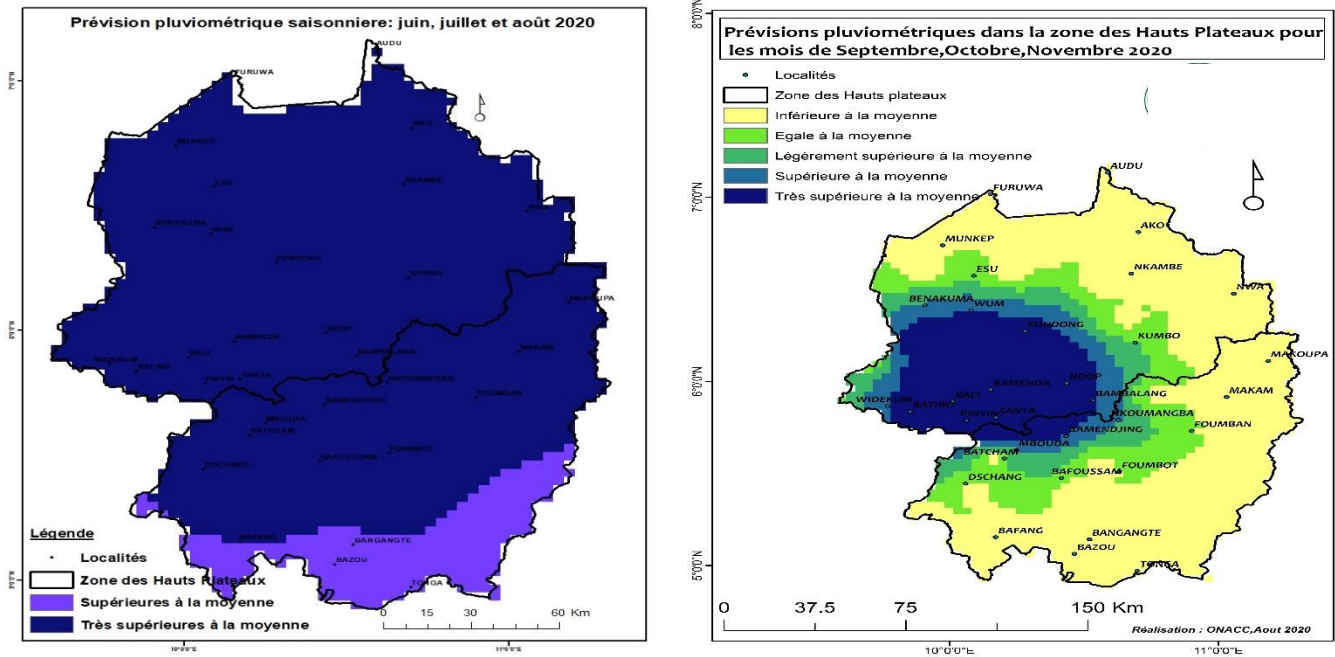


Figure 67: Préviation des quantités de précipitations dans la zone des Hauts Plateaux pour la période allant de juin à novembre 2020.

Source : ONACC, 2020

2.5.3. pluies sous le regime de mousson dans la zone forestiere a pluviometrie monomodale

Le climat qui règne dans les différentes localités de la zone forestière à pluviométrie monomodale est de type équatorial, chaud et humide, avec la présence des précipitations tout au long de l'année, et un taux d'humidité élevé. Compte tenu de la faiblesse des séries disponibles dans la plupart des localités de la Région, l'étude se focalisera sur les localités de Mamfe et de Douala qui représente les Régions du Sud-Ouest et du Littoral.

Une forte concentration des précipitations fait varier les hauteurs des pluies entre 3000 mm et 3100 mm de pluies entre le mois de mars et de novembre. Elles s'affaiblissent jusqu'à moins de 100 mm de pluies le reste de l'année (de décembre à février). Ces faibles pluies sont connues sous le nom de « pluies hors saison », et sont surtout dues à des advections froides modulées par la température de l'océan (Tapsoba, 1997).

Les différentes localités qui s'y trouvent présentent une unique saison des pluies qui dure en moyenne 09 mois (mars-novembre) et une saison sèche qui ne dépasse difficilement 03 mois (décembre-février). Les mois les plus arrosés sont juillet, août et septembre qui cumulent respectivement 454 ; 459 et 485mm de pluies pour la localité de Mamfe, tandis que les mois de forte saison sèche sont décembre et janvier qui cumulent chacun moins de 30 mm de pluies, étalées sur moins de 02 jours chacun (tableau 44).

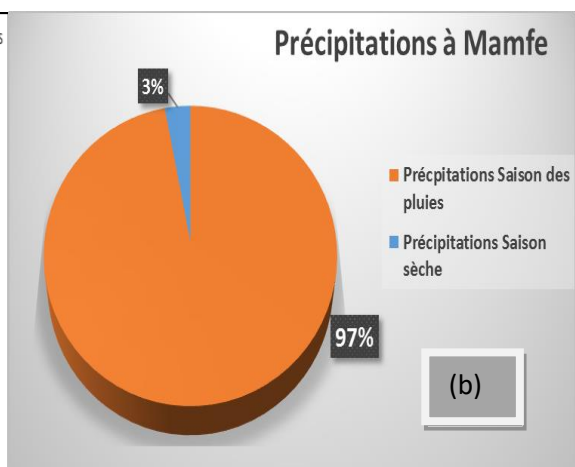
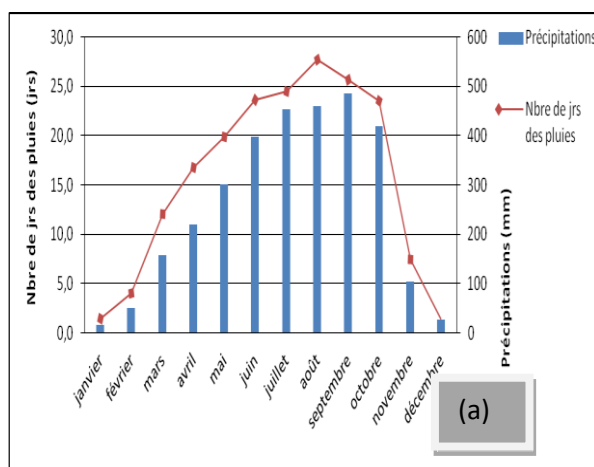
Située dans la zone côtière et littorale du Cameroun, sur une hauteur moyenne d'environ 5 m du niveau de la mer, le régime pluviométrique de Douala est de type monomodal dominant. L'année s'y divise en deux périodes distinctes, dont une saison des pluies longue d'environ neuf mois et une saison sèche qui dépasse difficilement trois mois. A cause de la présence des vents de mousson dans la deuxième moitié de l'année, le phénomène de la «littoralité» lui confère une permanente pluviosité, pratiquement toute l'année. Les précipitations sont graduelles au cours de l'année, surtout à partir du mois de mars, et se prolongent jusqu'au mois d'août, où elles atteignent un optimum de 725 mm, pour après chuter au mois de novembre (133mm), marquant ainsi le début de la saison sèche. Les précipitations mensuelles moyennes et le nombre de jours de pluies par mois évoluent pratiquement au même rythme (Tab.45). Le mois d'août est aussi le mois le plus étalé de l'année, avec des cumuls qui atteignent 30 jours de pluies.

Tableau 44: Pluviométrie mensuelle moyenne à Mamfe de 1950 à 2015

Paramètres/mois	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aoû	Sept	Oct	Nov	Déc
Précipitations (mm)	18,27	51,1	161	223	301	398	454	459	485	426	104	27
Nbre de jrs des pluies (nbre de jrs)	1,6	4	12	17	20	24	25	28	26	24	8	1
Type de mois d'après Gausson	mois secs		mois humides									mois secs
Type de saison	SS		SP									SS

Tableau 45: Précipitations mensuelles mensuelle moyenne à Douala de 1950 à 2015

Paramètres/mois	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aoû	Sept	Oct	Nov	Déc
Précipitations (mm)	46,6	66,7	171,8	238,5	286,2	442,3	678	725	595,8	396,5	133,2	34,4
Nbre de jrs des pluies (nbre de jrs)	5	8	15	18	21	23	27	30	27	25	13	5
Type de mois d'après Gausson	mois secs		mois humides									mois secs
Type de saison	SS		SP									SS



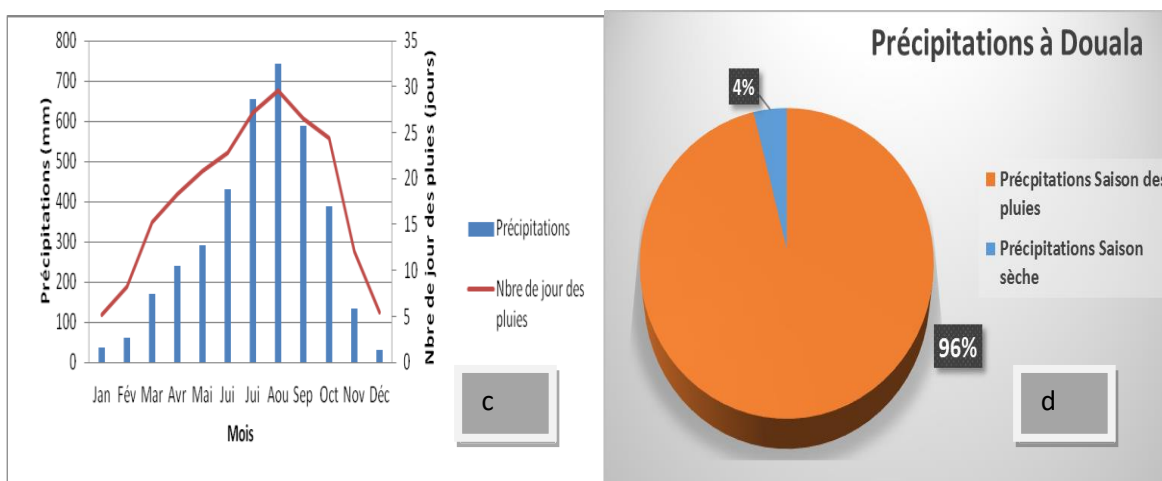


Figure 68: Pluviométrie mensuelle moyenne part saisonnière des quantités de précipitations sur le volume annuel à Mamfe (a) et à Douala (b), de 1950 à 2015

Source des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER
Réalisation : Auteur, 2017

2.5.3.1. Région du Sud-Ouest

La distribution des précipitations est très contrastée au même titre que le nombre de jours des pluies dans les différentes localités de la Région du Sud-Ouest. Le tableau 46 révèle que les écarts entre les maximums et les minimums des précipitations atteignent 500mm de pluies au mois d'octobre en saison des pluies. Cela démontre qu'il existe un contraste pluviométrique important pendant ladite saison. Ces écarts entre les maximums et les minimums atteignent 150 mm de pluies pendant la saison sèche, conformant ainsi les contrastes pluviométriques pendant ladite saison.

Le même tableau montre un déficit des précipitations sur 08 des 12 mois de l'année. Les déficits enregistrés sont respectivement à des 68,18% des cas pour le mois de janvier ; à 60,60% pour le mois de février ; à 59,09% des cas pour le mois de mars ; à 59,09% pour le mois de mai ; à 54,55% pour les mois de juin et de juillet ; à 59,09% pour le mois de novembre et à 63,64% pour le mois de décembre. Pour ce qui est du nombre de jour des pluies, les déficits sont identifiés sur 05 mois, soit 57,14% des cas pour le mois de janvier ; 51,78% des cas pour les mois de février et de mars ; 62,50% pour le mois de novembre et 69,64% des cas pour le mois de décembre.

Tableau 46: Caractéristiques des quantités de précipitations et du nombre de jour des pluies à l'échelle mensuelle annuelle à Mamfe de 1950 à 2015

Paramètres pluviométriques	Moyenne		Minimum		Maximum		Probabilité d'enregistrer des qtés de précipitations excédentaires (%)	Probabilité d'enregistrer un nbre de jrs des pluies excédentaire (%)	probabilité d'enregistrer des qtés de précipitations déficitaires (%)	Probabilité d'enregistrer un nbre de jrs des pluies déficitaire (%)
	Précipitations	Nbre de jrs des pluies	Précipitations	Nbre de jrs des pluies	Précipitations	Nbre de jrs des pluies				
Janvier	16,6	2	0	0	93,5	6	31,82	42,86	68,18	57,14
Février	49,48	4	0	0	236,1	16	39,39	48,21	60,60	51,78
Mars	156,8	12	4,2	0	368,4	22	40,91	48,21	59,09	51,78
Avril	220,51	16,7	79,9	0	470,1	22	51,52	50	48,48	50
Mai	301,3	19,8	84,40	0	694,2	26	40,91	62,50	59,09	37,50
Juin	397,57	23,6	191,2	18	717,1	28	45,45	51,66	54,55	48,33
Juillet	453,87	24,4	194,8	0	667,9	30	45,45	51,78	54,55	48,21
Août	459,31	27,6	103,7	17	726,5	31	50	67,86	50	32,14
Septembre	485,2	225,6	236,8	22	752,9	30	53,03	53,57	46,96	46,43
Octobre	418,9	223,5	53,90	0	760,5	29	53,03	53,57	46,97	46,43
Novembre	103,91	147,4	1,10	10	524,3	21	40,91	37,50	59,09	62,50
Décembre	26,56	1,4	0,00	0	141,7	6	36,36	30,36	63,64	69,64

Source des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

À l'échelle mensuelle, malgré la quasi-permanence des pluies tout au long de l'année, les quantités de précipitations diminuent sur les 12 mois de l'année. Cette diminution est observable à travers le signe négatif des équations de trends. Par ailleurs, à l'exception des mois de mai, juin et août en augmentation, les 09 autres mois sont en diminution régulière du nombre de jours des pluies.

Les quinze dernières années (de 2001 à 2015) sont marquées par des démarrages tardifs de la saison des pluies (deuxième moitié du mois de mars), pour finir vers la deuxième moitié du mois de novembre, soit un retard d'une quinzaine de jours par rapport à la période allant de 1950 à 2000. La longueur de la saison des pluies a progressivement diminué pendant ladite saison, et s'est rallongée pendant la saison sèche.

Les résultats indiquent qu'il pleut en moyenne 3012 mm de pluies étalées sur 183 jours en moyenne pendant la saison des pluies de pluies, avec un record de 4188 mm en 1957 (tableau 47). Le volume moyen pendant la saison sèche est de 96 mm de pluies, étalées sur 08 jours en moyenne. L'année 2003 est la moins arrosée de la série avec un cumul de 1877,8 mm de pluies étalées sur 175 jours. Par ailleurs, les quantités de précipitations sont majoritairement déficitaires (à 65,15% des cas) pendant la saison sèche au même titre que le nombre de jour des pluies pendant ladite saison qui enregistre 71,42% des cas déficitaires.

Tableau 47: Caractéristiques des paramètres pluviométriques à l'échelle saisonnière à Mamfe de 1950 à 2015

Paramètres	Moy	Max	Min	Probabilité d'enregistrer des excédents (%)	Probabilité d'enregistrer des déficits (%)
Dates débuts saisons des pluies (jour de l'année)	81	117	2	42,42	57,57
Dates fins saisons des pluies (jour de l'année)	313	332	296	50	50
Précipitations saisons sèches (mm)	96	359	2	34,84	65,15
Précipitations saisons des pluies (mm)	3012	4188	315	46,96	53
Nombre de jours des pluies saisons sèches (jours)	7	19	3	28,57	71,42
Nombre de jours des pluies saisons des pluies (jours)	183	217	155	41,07	58,93
longueurs saisons sèches (jours)	134	165	93	50	50
longueurs saisons des pluies (jours)	231	266	272	36,36	63,63

*Source des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER
Réalisation : Auteur, 2017*

La figure 69 présente les tendances évolutives des paramètres ci-dessus évoqués. Ladite figure indique que les premières pluies démarrent et finissent de plus en plus tardivement à Mamfe. Cette situation est surtout le fait des retards cumulés les 25 dernières années (de 1991 à 2015), tandis que les deux premières décennies (1950-1959 et 1960-1969) ont connu des débuts plutôt précoces. La même figure montre qu'à 16% des cas la saison des pluies démarre tardivement et fini précocement, cela est accompagné d'une diminution simultanée des quantités de précipitations, du nombre de jour des pluies et de la longueur de ladite saison ; à 18% des cas la saison démarre précocement et finit tardivement, cela est accompagné d'une augmentation des quantités de précipitations, du nombre de jour des pluies et de la longueur de la saison des pluies.

Les résultats indiquent que 9% des cas présentent des démarrages tardifs et des fins précoces de la saison des pluies, une augmentation des quantités de précipitations et à l'opposé une diminution du nombre de jour des pluies et de la longueur des saisons des pluies ; à 12% des cas la saison démarre précocement et finit tardivement, accompagnés d'une diminution des quantités de précipitations, du nombre de jour des pluies et à l'opposé d'une augmentation de la longueur de ladite saison.

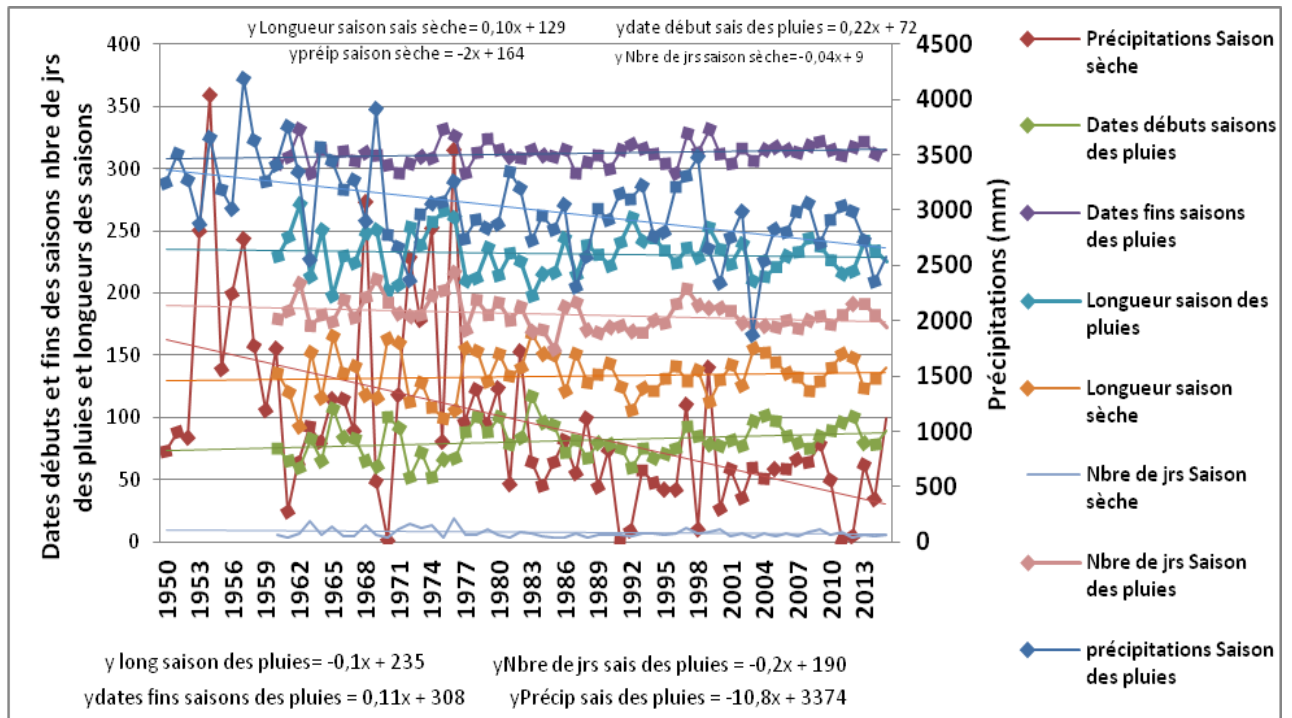


Figure 69: Évolution de la pluviométrie à l'échelle saisonnière à Mamfe

Source des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

De l'analyse ci-dessus, il ressort que deux cas sont fréquemment observés à Mamfe, et représentent 35% des cas. Il s'agit du cas où la saison des pluies démarre tardivement et fini précocement. Ceci s'accompagne d'une diminution simultanée des quantités de précipitations, du nombre de jour des pluies et de la longueur de ladite saison. Au second cas, la saison des pluies démarre précocement et fini tardivement. Ce cas s'accompagne d'une augmentation simultanée des quantités de précipitations, du nombre de jour des pluies et de la longueur de la saison des pluies.

À Mamfe dans la Région du Sud-Ouest, les quantités de précipitations annuelles et le nombre de jours des pluies sont en régression entre 1950 et 2015 (figure 70). Cette diminution se caractérise par une phase excédentaire qui dure environ deux décennies de 1950 en 1969, et une phase déficitaire qui a débuté vers les années 1970 et s'est prolongée jusqu'en 2015. Il pleut en moyenne 3090,09 mm de pluies étalées sur 188,1 jours en moyenne par an (tableau 48).

Tableau 48: Caractéristiques annuelle de la pluviométrie à Mamfe de 1950 à 2015

Paramètres	Effectif	Moy	Min	Max	Probabilité d'enregistrer des excédents (%)	Probabilité d'enregistrer des déficits (%)
Précipitations (mm)	66	3090,09	2363	4008	50	50
Nombre de jours des pluies (jours)	56	188,1	159	217	48,21	51,79

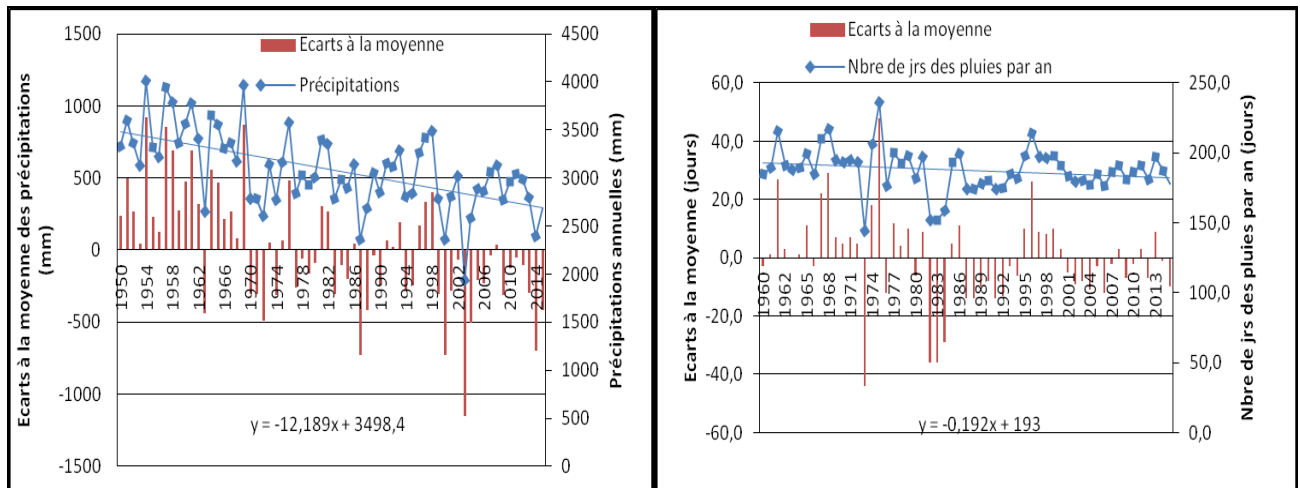


Figure 70: Variabilité de la pluviométrie annuelle à Mamfe de 1950 à 2015

Source des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2018

2.5.3.2. Région du Littoral

Les quantités de précipitations et le nombre de jours des pluies diminuent sur les deux premières décennies aux mois de mars, juin, août, septembre, novembre et décembre. Les mois de janvier et d'octobre enregistrent une baisse de la quatrième à la cinquième décennie ; les mois de février et de juillet à la troisième décennie ; et les mois d'avril, mai, juillet et octobre à la cinquième décennie.

La pluviométrie de la Région du littoral est fortement dépendante de l'ambiance des vents océaniques, qui sont en général très faibles le matin (Abossolo et al, 2016). Les vents dominants viennent principalement du secteur Sud-Sud-Ouest, surtout en période de forte pluviosité (de juin à septembre). Les vents d'Ouest-Nord-Ouest se prolongent de janvier à avril, et sont les plus dominants en avril. Les vents les plus violents déterminant les fortes tornades, sont surtout des vents de terre provenant des secteurs Est. Le tableau 49 présente les caractéristiques des précipitations annuelles et du nombre de jours des pluies à Douala de 1950 à 2015.

Tableau 49: Caractéristiques des quantités de précipitations et du nombre de jour des pluies à l'échelle mensuelle à Douala de 1950 à 2015

Paramètres pluviométriques	Moyenne		Minimum		Maximum		Probabilité d'enregistrer des qtes de précipitations excédentaires (%)	Probabilité d'enregistrer un nbre de jrs des pluies excédentaire (%)	probabilité d'enregistrer des qtes de précipitations déficitaires (%)	Probabilité d'enregistrer un nbre de jrs des pluies déficitaire (%)
	Précipitations	Nbre de jrs des pluies	Précipitations	Nbre de jrs des pluies	Précipitations	Nbre de jrs des pluies				
Janvier	Janvier	46,5	5,3	0	0	240,9	15	39,39	48,21	60,60
Février	Février	66,6	8,3	2,3	0	272,6	17	48,48	48,21	51,51
Mars	Mars	171,8	15,3	21,1	7	312,9	22	54,54	55,36	45,45
Avril	Avril	238,4	18,2	122,6	12	534,6	23	53,03	44,64	46,97
Mai	Mai	286,2	20,8	130,9	15	433,1	27	59,09	60,71	40,91

Juin	Juin	442,2	23,1	174,5	18	868	28	45,45	51,78	54,55
Juillet	Juillet	678	27,4	166,4	22	1207,9	31	59,09	55,36	40,91
Août	Août	725	29,5	274,7	25	1240,4	31	57,57	66,07	42,42
Septembre	Septembre	595,8	26,6	267,6	22	1027	30	56,06	62,50	43,94
Octobre	Octobre	396,4	24,8	196,3	14	631,8	30	57,57	67,86	42,42
Novembre	Novembre	133,2	13	0	0	305,2	22	54,54	46,43	45,45
Décembre	Décembre	34,4	5,2	0	0	130,6	13	42,42	50	57,57

Source des données: DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

A l'exception des mois d'avril et de mai en augmentation, les quantités de précipitations diminuent progressivement sur les 10 autres mois de l'année. L'évolution des tendances du nombre de jours des pluies indique que seul le mois d'avril est en régression positive. Par ailleurs, à l'exception des mois de mars, d'avril, de juillet, d'octobre et de novembre qui présentent une distribution en phase des deux paramètres, les sept autres mois, notamment janvier, février, mai, juin, août, septembre et décembre montrent un déphasage dans l'évolution des deux paramètres. De plus, six mois (mars, juin, août, septembre, novembre et décembre) sur les douze connaissent une baisse simultanée des quantités de précipitations et du nombre de jours des pluies pour les deux premières décennies.

On enregistre en moyenne 570 mm de précipitations par mois, étalées sur 27 jours en moyenne entre juin et octobre à Douala. Les mois d'avril et de mai augmentation tant pour les quantités de précipitations que pour le nombre de jours des pluies et diminuent sur les 10 autres mois de l'année. Les mois de mars, d'avril, de juillet, d'octobre et de novembre présentent une distribution simultanée des deux paramètres, tandis que les sept autres mois, notamment janvier, février, mai, juin, août, septembre et décembre connaissent une distribution en déphasage des deux paramètres.

Les pluies démarrent de plus en plus tôt (début février) à Douala, les deux dernières décennies et finissent tôt (fin octobre et début novembre). La longueur de la saison des pluies se rallonge davantage (avoisine 10 mois). La longueur de la saison sèche régresse de plus en plus, et varie entre 02 et 03 mois. Les volumes enregistrés sont respectivement de 3662 mm qui tombent pendant 198 jours en moyenne pendant la saison des pluies et de 137,73 mm en 20 jours pendant la saison sèche.

Une compensation régulière comme une sorte de vase communicant est observée entre les deux saisons de l'année. Une augmentation des précipitations et/ou du nombre de jour des pluies pendant la saison des pluies entraîne souvent une diminution pendant la saison sèche. Simultanément une diminution pendant la saison des pluies entraîne une augmentation pendant la saison sèche. Ce comportement pendant les saisons sèche et pluvieuse serait un élément utile à prendre en compte lors des prédictions des quantités de précipitations pendant les saisons sèche

et/ou pluvieuse à Douala. Pour cela, une meilleure connaissance de la distribution des précipitations pendant l'une des deux saisons permettrait d'avoir une idée du comportement pluviométrique de l'autre saison. Le tableau 50 présente les caractéristiques saisonnières des variables pluviométriques à Douala entre 1950 et 2015.

Tableau 50: Caractéristiques des paramètres pluviométriques à l'échelle saisonnière à Douala de 1950 à 2015

Paramètres pluviométriques	Moyenne	Min	Max	Probabilité d'enregistrer des cas excédents (%)	Probabilité d'enregistrer des déficits (%)
Nombre de jours des pluies saisons sèches (jours)	19,87	5,00	41,00	43,93	56
Précipitations saisons sèches (mm)	137,73	9,40	367,70	46,96	53
Précipitations saisons des pluies (mm)	3662,13	2356,7	5040,5	48,48	51,51
Nombre de jours des pluies saisons des pluies (jours)	196,69	175,00	219,00	46,96	53
Dates débuts saisons des pluies (jours de l'année)	37,24	14,00	62,00	39,39	60,60
Dates fins saisons des pluies (jours de l'année)	317,61	285,00	340,00	51,51	48,48
Longueur saisons des pluies (jours)	281,9	238,00	312,00	57,57	42,42

*Source des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER
Réalisation : Auteur, 2017*

La figure 71 montre que 21,42% des cas étudiés présentent un début tardif et une fin précoce de la saison des pluies, accompagnés d'une augmentation simultanée des quantités de précipitations, du nombre de jour des pluies et de la longueur de ladite saison ; 11% des cas présentent un début tardif et une fin précoce de la saison des pluies, accompagnés d'une augmentation des quantités de précipitations, du nombre de jour des pluies et de la longueur de la saison des pluies. Ladite figure indique que 28,57% des cas observés présentent un début et une fin tardifs de la saison des pluies, accompagnés d'une diminution des quantités de précipitations et du nombre de jour des pluies et, à l'opposé d'une augmentation de la longueur de la saison des pluies.

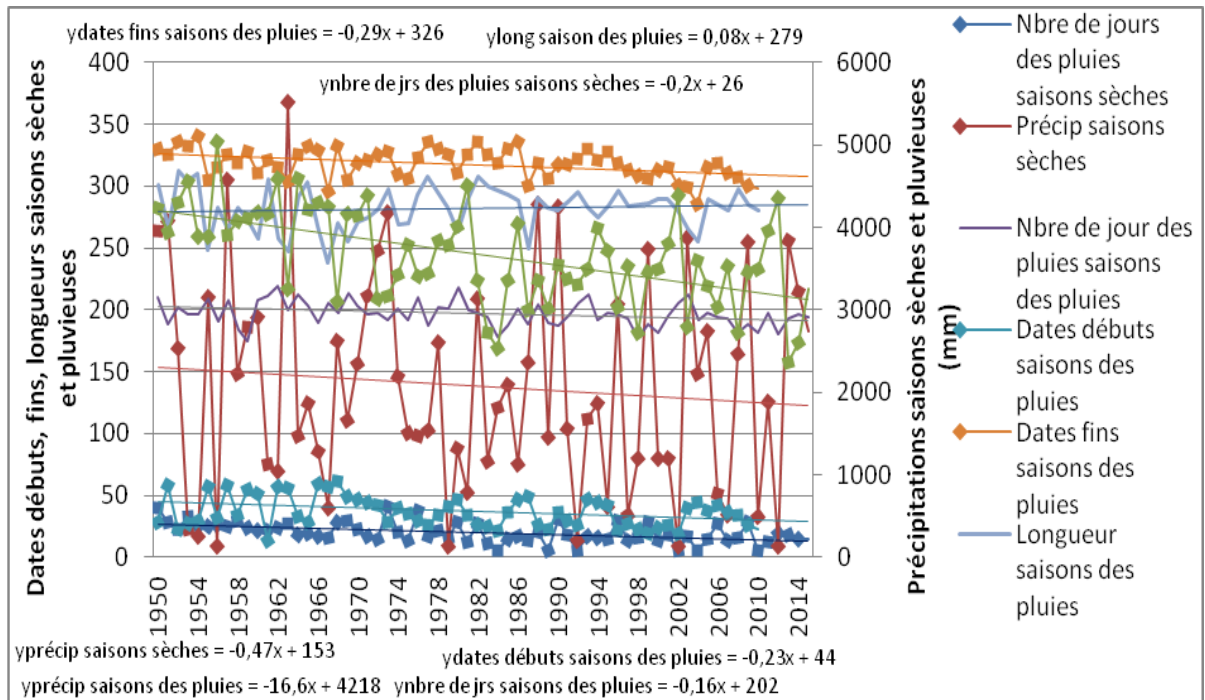


Figure 71: Évolution saisonnière des paramètres pluviométriques à Douala de 1950 à 2015

Source des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Il ressort de cette analyse que deux cas de figure représentent 49,92% des cas se distinguent. Le cas où la saison des pluies démarre tardivement et fin précocement. Celle-ci s'accompagne d'une augmentation simultanée des quantités de précipitations, du nombre de jour des pluies et de la longueur de ladite saison. Le second cas se caractérise par un démarrage et une fin tardifs de la saison des pluies, une diminution des quantités de précipitations et du nombre de jour des pluies, tandis que la longueur de la saison des pluies est en augmentation.

A l'échelle annuelle dans la Région du Littoral, les quantités de pluies reçues sont en diminution, au même titre que le nombre de jours des pluies enregistré (figure 72). Cette baisse s'accompagne d'un déficit des quantités de pluies au même titre que le nombre de jours de pluies dans la même fourchette de temps étudiée. Il pleut en moyenne 3814,77mm de pluies, étalées sur 218 jours en moyenne par an (tableau 51).

Tableau 51: Caractéristiques de la pluviométrie annuelle à Douala de 1950 à 2015

Paramètres	Effectif	Moy	Min	Max	Probabilité d'enregistrer des excédents (%)	Probabilité d'enregistrer des déficits (%)
Précipitations (mm)	66	3814,77	2613	5051	46,96	53,03
Nombre de jours des pluies (jours)	56	218	185	250	35,71	64,28

Source des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2018

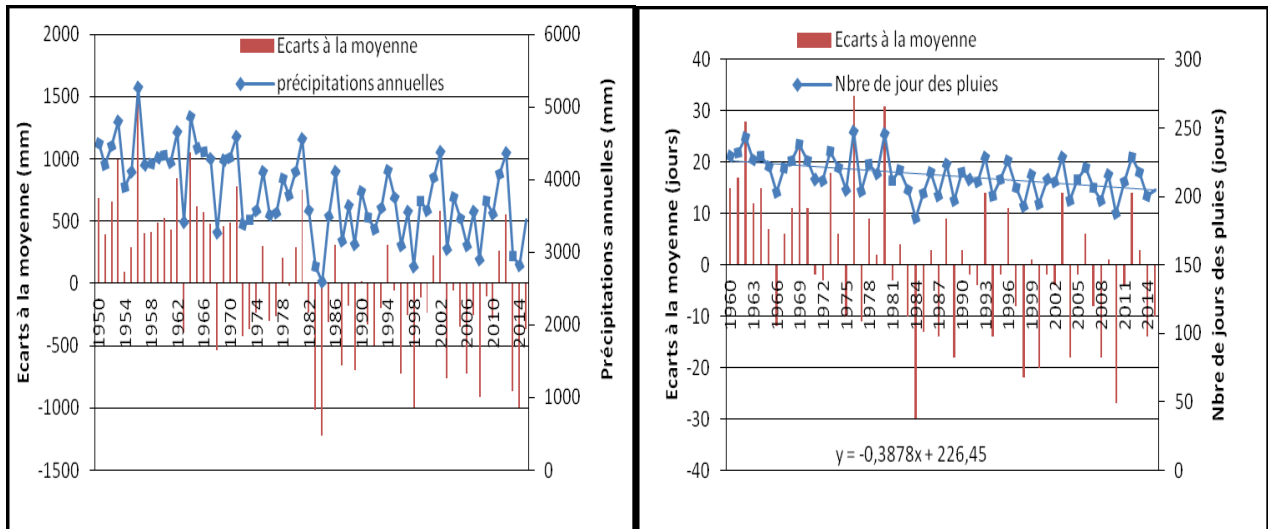


Figure 72: Variabilité de la pluviométrie annuelle à Douala de 1950 à 2015

Source des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER
Réalisation : Auteur, 2018

2.5.4. Variabilité mensuelle des précipitations dans la zone forestière à pluviométrie monomodale et prévision spatiale des hauteurs des précipitations

Les prévisions de la figure 73a indiquent qu'entre juin et août 2020, les quantités de précipitations seront très supérieures à la moyenne historique enregistrée de juin à août de 1950 à 2015 dans les localités d'Ekutu, Bechati, Mamfe, Ekok, Bakogo, Nguti, dans la Région du Sud-Ouest. Elles seront supérieures à leurs moyennes historiques à Manjo, Ndokiti, Baptek et légèrement supérieures à leurs moyennes historiques à Douala, Mouanko, Edéa, Dizanguè dans la Région du Littoral.

La figure 73b montre qu'entre juin et août 2020, les quantités de précipitations seront supérieures à la moyenne historique enregistrée de septembre à novembre de 1950 à 2015 dans les localités de Nkongsamba, Ndokiti et Baptek dans la Région du Littoral, mais également à Nguti, Bakogo, Mamfe, Ekang, Ekok et Ekutu dans la Région du Sud-Ouest. Elles seront autour de la moyenne historique à Manjo, Loum, Mbanga, Yabassi, Ndokama, Douala, Penja, Dizangué, Edéa, Mouanko, Ndog Tima Crique et Yawanda dans la Région du Littoral et autour de la moyenne historique à Mundemba, Dikome Balue, Kumba Balue, Kumba, Mutenguene, Muyuka, Buea, Tiko et Limbe dans la Région du Sud-Ouest.

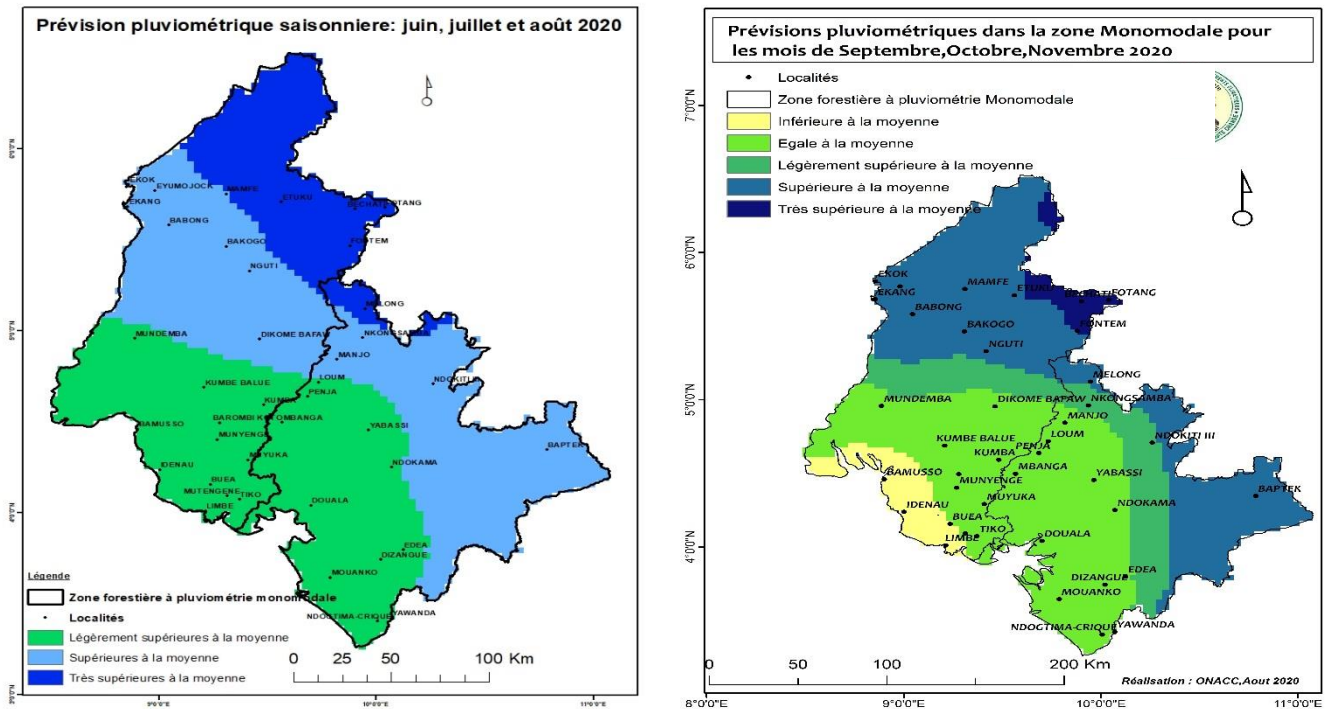


Figure 73: Prévisions des quantités de précipitations dans la zone

Source : ONACC, 2020

2.5.5. Synthèse de l'évolution des tendances pluviométriques au Cameroun de 1950 à 2015

En comparant l'évolution mensuelle des quantités de précipitations et du nombre de jours des pluies dans les 10 stations Régionales du Cameroun (tableau 52), il ressort les résultats ci-après :

- six mois (mars, juin, juillet, août, octobre et novembre) présentent une diminution du nombre de jours des pluies à Maroua, tandis que 03 autres mois (avril, mai et septembre) sont en augmentation ;
- huit mois (mars, avril, mai, juin, juillet, août, septembre et octobre) présentent une diminution du nombre de jours des pluies à Garoua, tandis que les mois de novembre et de décembre sont en diminution ;
- huit mois (mars, avril, mai, juin, juillet, août, octobre, décembre) présentent une diminution des quantités de précipitations à Ngaoundéré, tandis que les mois de janvier, février, septembre et novembre sont en augmentation ;
- neuf mois (février, mars, avril, mai, juin, septembre, octobre, novembre, décembre) présentent une diminution des quantités de précipitations à Yaoundé, tandis que les mois de janvier, juillet et d'août sont en augmentation ;

- à l'exception du mois de janvier en augmentation, les 11 autres mois présentent une diminution du nombre de jours des pluies à Bertoua ;
- à l'exception des mois de juin, juillet et août en augmentation, les 09 autres mois présentent une diminution du nombre de jours des pluies à Ebolowa ;
- neuf mois (février, mars, avril, mai, juin, septembre, octobre et novembre) présentent une diminution du nombre de jours des pluies à Bafoussam, tandis que les mois de janvier, juillet, août et décembre sont en diminution ;
- dix mois (janvier, février, mars, avril, juin, juillet, août, septembre, octobre et décembre) présentent une diminution du nombre de jours des pluies à Bamenda, tandis que les mois de mai et de novembre sont en augmentation ;
- à l'exception des mois de mai et de juin en augmentation, les dix autres mois présentent une diminution du nombre de jours des pluies à Mamfe ;
- onze mois (janvier, février, mars, mai, juin, juillet, août, septembre, octobre, novembre et décembre) présentent une diminution du nombre de jours des pluies à Douala, tandis que le mois d'avril est en augmentation.

Tableau 52: Synthèse de l'évolution des tendances pluviométriques mensuelles au Cameroun de 1950 à 2015

Paramètres/ mois	Maroua		Garoua		N'Gdéré		Yaoundé		Bertoua		Ebolowa		Bafoussam		Bamenda		Mamfe		Douala	
	Précipitations	Nbre de jrs	Précipitations	Nbre de jrs	Précipitations	Nbre de jrs	Précipitations	Nbre de jrs	Précipitations	Nbre de jrs	Précipitations	Nbre de jrs	Précipitations	Nbre de jrs	Précipitations	Nbre de jrs	Précipitations	Nbre de jrs	Précipitations	Nbre de jrs
Janvier	/	/	/	/	-	-	-	+	-	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-
Février	/	/	/	/	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mars	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Avril	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
Mai	=	=	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	-
Juin	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-
Juillet	+	-	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
Août	+	-	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-
Septembre	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Octobre	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Novembre	/	/	-	+	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Décembre	/	/	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

+ = Augmentation ; - = Diminution et = Autour de la moyenne

Source des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

3. VARIABILITÉ ANNUELLE DES PRÉCIPITATIONS AU CAMEROUN DE 1950 A 2015

Dans la Région de l'Extrême-Nord du Cameroun, l'indice de variabilité cumulée représente le pourcentage du cumul des écarts à la moyenne du volume des pluies sur la série

étudiée. Cet indicateur pluviométrique permet de savoir si les quantités de pluies enregistrées connaissent une certaine fluctuation sur la période de l'étude. Le tableau 51 indique une diminution de 0,2% par an des quantités de pluies à Maroua entre 1950 et 2015. Pour les autres localités étudiées de la Région, le tableau 49 révèle une augmentation de 0,6% des quantités de précipitations à Hina-Marba et de 0,48% à Guétalé entre 1980 et 2006.

Dans **la Région du Nord** l'analyse de la variabilité cumulée observée révèle une légère augmentation de 0,0056% des quantités de pluies enregistrées à Garoua entre 1950 et 2015. Par ailleurs, entre 1980 et 2006, on observe une légère reprise les 05 stations étudiées.

Dans **la Région de l'Adamaoua**, l'analyse de la variabilité cumulée révèle une légère diminution de 0,037% des quantités de pluies enregistrées de 1950 à 2015 à Ngaoundéré. Pour les autres localités de la Région, on observe une stabilité à Banyo et à Tibati, et pendant ce temps une légère augmentation (0,16%) est signalée à Meiganga.

Dans **la Région du Centre**, on observe une légère baisse, de 0,008% des quantités de précipitations à Yaoundé. Cette légère augmentation est tout aussi valable pour certaines stations de la Région, notamment les stations de Nanga Eboko, avec un regain annuel moyen de 1,17% ; de 0,008% à Bafia et de 0,0005% à Akonolinga.

Au **Sud Cameroun**, malgré la tendance à la baisse des quantités de précipitations observée entre 1950 et 2015, la variabilité cumulée des précipitations annuelles reste négative, soit de 0,007% à Ebolowa. En ce qui concerne les autres stations étudiées, la variabilité cumulée des quantités de précipitations reçues montre des reprises 0,4%, 0,11% et 0,064% pour les stations de Campo, Sangmélina et Kribi, tandis qu'elles sont de -0,05% à la station d'Ambam. Ce qui laisse présager qu'à l'exception de la station d'Ambam, la Région du Sud connaîtra un retour à la normale de la pluviométrie, avec la localité de Campo qui reste la plus arrosée.

Tableau 53: Variabilité des quantités de précipitations au Cameroun de 1950 à 2015

Régions	Extrême-Nord				Nord			Adamaoua				Centre			Sud					
	Maroua	Yagoua	Gawar	Kaélé	Garoua	Sanguéré	Bidzar	Guidar	Ngaoundéré	Banyo	Méiganga	Tibati	Yaoundé	Bafia	Nanga-Eboko	Eséka	Ebolowa	Ambam	Campo	Kribi
Période	1950-2015	1980-2006	1980-2006	1980-2006	1950-2015	1980-2006	1980-2006	1980-2006	1950-2015	1980-2006	1980-2006	1980-2006	1950-2015	1971-2003	1971-1983	1971-1983	1950-2015	1950-2015	1970-2001	1960-2015
Variabilité cumulée (%)	-0,42	0,007	0,005	0,05	0,0056	0,0007%	0,0085	0,0046	-0,037	0,0	0,16	0,0	-0,0088	0,008	0,17	0,0	-0,007	-0,05	0,4	0,064

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER
Réalisation : Auteur, 2018

Dans la Région de l'Est Cameroun, la variabilité cumulée des précipitations annuelles est de -0,46% à Bertoua. Ce qui confirme la diminution progressive constatée à l'échelle annuelle sur la période de l'étude. Pour les autres stations de la Région, la variabilité cumulée des quantités de précipitations reçues est négative pour les stations d'Abong-Mbang (-0,34) et de Yokadouma (-0,07) et positive pour les stations de Batouri (0,44%), Bétaré Oya (0,25%) et Lomié (0,89%) sur leurs périodes d'études respectives.

Dans la Région de l'Ouest, l'indice de variabilité cumulée est de -0,11% à Bafoussam. Cette valeur est un indicateur sur lequel on pourrait s'appuyer pour évaluer le risque de perturbation de la pluviométrie dans la Région de l'Ouest (tableau 54). D'après cet indicateur, on pourrait s'attendre à des cumuls pluviométriques annuels déficitaires pour les prochaines années à Bafoussam. À l'opposé la situation est totalement différente pour les autres stations étudiées, qui présentent des cumuls plutôt positifs à Koundja (0,3%) et nuls à Dschang. Ces différentes valeurs confirment l'hétérogénéité du rythme pluviométrique dans la Région de l'Ouest Cameroun.

Dans la Région du Nord-Ouest, suivant les séries de données collectées, le comportement pluviométrique varie d'un poste pluviométrique à l'autre. C'est ainsi qu'on observe une régression de -0,25% par an à Bamenda entre 1950 et 2015. Dans les autres localités de la Région, notamment à Santa et à Ndu, c'est plus un regain de 0,1% par an chacun, tandis qu'à Jakiri le regain ne dépasse pas les 0,02% de précipitations l'an.

Dans la Région du Sud-Ouest, l'indice de variabilité pluviométrique cumulée calculé pour quatre localités de la Région du Nord-Ouest indique que malgré l'hétérogénéité des données collectées dans les différentes stations de mesure, le comportement pluviométrique varie

d'une station à l'autre. De toutes les stations observées, seule la station de Tiko connaît un léger regain (0,2%) de sa pluviométrie de 1980 à 2010. La station d'Ekona a été stable de 1965 à 2005, tandis que la station de Debunsha qui est la plus arrosée, connaît une augmentation de 1,8% des précipitations par an entre 1930 et 1972.

Dans la Région du Littoral, on observe que sur les 04 localités (Douala, Edéa, Yabassi et Nkongsamba), seule la station de Yabassi connaît un regain de ses précipitations de 0,3% entre 1971 et 2005. Les 03 autres stations (Douala, Edéa et Nkongsamba), connaissent une régression de leurs précipitations, soit de 0,16% à Douala ; 0,1% à Edéa et de 0,05% à Yabassi.

Tableau 54 : Variabilité des quantités de précipitations au Cameroun de 1950 à 2015

Régions	Est					Ouest			Nord-Ouest			Sud-Ouest			Littoral				
	Bertoua	Abom-Mbang	Batouri	Bétaré-Oya	Lomié	Yokadouma	Bafoussam	Dschang	Koundja	Bamenda	Santa	Ndu Tea	Mamfe	Tiko	Débunsha	Douala	Edéa	Yabassi	Nkongsamba
Période	1950-2015	1977-2002	1960-2005	1960-2000	1960-2000	1960-2000	1950-2015	1971-2003	1960-2000	1950-2015	1971-2003	1960-2000	1950-2015	1980-2010	1930-1972	1950-2015	1961-2004	1971-2005	1961-2004
Variabilité cumulée (%)	-0,02	-0,34	0,44	0,25	0,89	-0,7	-0,11	0,0	0,3	-0,25	0,1	0,16	-0,25	0,2	1,8	-0,16	-0,1	0,3	-0,05

4. DÉTECTION DES RUPTURES DES SÉRIES PLUVIOMÉTRIQUES AU CAMEROUN DE 1950 A 2015

Selon la MERF (2010), l'occurrence des changements climatiques peut se traduire par d'importantes modifications brutales des régimes pluviométriques. Dans ce contexte, la compréhension de la variabilité spatiale et temporelle des tendances évolutives des précipitations nécessite qu'on s'intéresse aux ruptures des séries pluviométriques. Partant du fait qu'en statistique descriptive dans une série chronologique, une rupture peut être assimilée comme un changement de la loi de probabilité de la série à une période déterminée. De ce fait, les lois statistiques considèrent une rupture comme probable lorsqu'elle est détectée au moins par deux tests statistiques. Elle est avérée lorsqu'elle est détectée par au moins trois tests (Faiza Allouz, 2011). Ce qui indique une forte probabilité, donc qu'un événement de grande ampleur s'est produit.

La rupture des séquences pluvieuses s'accompagne souvent du déficit en eau, avec d'importants impacts sur les activités à forte dépendance de la pluviométrie telles que l'agriculture, la ressource en eau, l'hydro-électricité, les travaux publics, les transports, le

tourisme, etc. Pour mieux établir la non-stationnarité des séries chronologiques, le logiciel Chronostat (1998) a été utilisé. C'est un logiciel d'analyse statistique des séries chronologiques, développé par l'IRD (Lubès-Niel et al, 1998). Compte tenu de l'hétérogénéité des séries disponibles dans les Régions, et par un souci d'harmonisation des résultats de l'étude, seules les séries enregistrées dans les stations régionales ayant une base de données un peu plus longue ont été pris en considération. Pour cela, à l'exception de la station de Mamfe (à Manyu, Région du Sud-Ouest), les stations choisies correspondent aux Chefs-lieux des autres 09 Régions du Cameroun. Il s'agit entre autres des stations de Maroua, Garoua, Ngaoundéré, Bafoussam, Bamenda, Yaoundé, Bertoua, Ebolowa et Douala.

Les résultats des tests issus de la méthode Bayésienne de Lee et Heghinian, les tests de Pettitt, de Buishand, l'ellipse de Bois et la Segmentation d'Hubert, effectués pour les 10 stations de références des 10 Régions du Cameroun indiquent que les ruptures observées en 1983 à Maroua ; 1956 à Garoua ; 1978 à Ngaoundéré ; 1978 à Bertoua ; 1985 à Yaoundé ; 1979 à Ebolowa et 1998 à Mamfe selon les méthodes Bayésienne, de Lee et la Segmentation d'Hubert auraient des causes variables, indépendamment des contextes physiques à la fois locaux et globaux. Une analyse desdits résultats indique une homogénéité spatio-temporelle des séries pluviométriques pour 06 stations sur les 10 observées, avec des coefficients de variations compris entre 0,11 et 0,20 (figure 75).

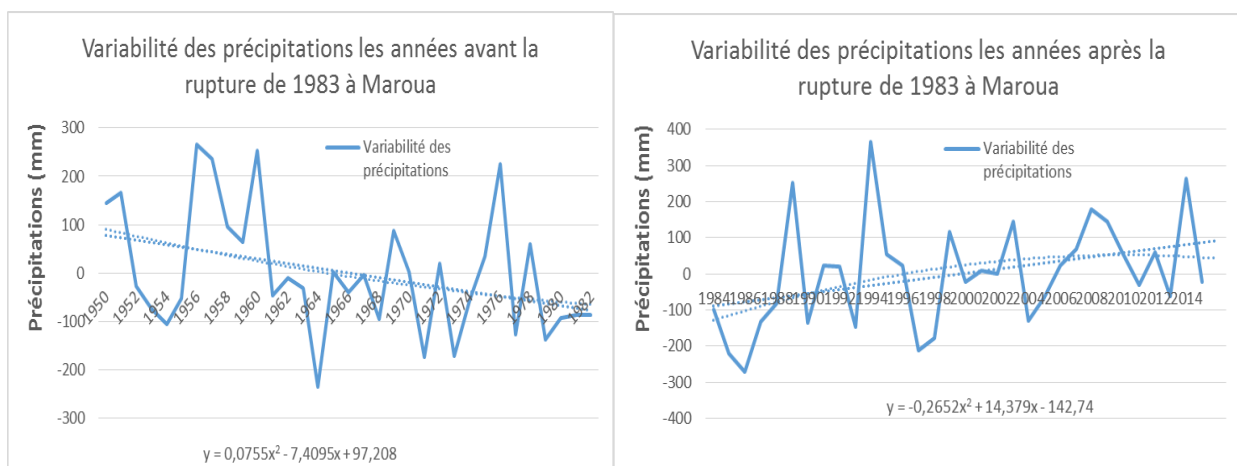
À Garoua, l'année 1956 enregistre un cumul pluviométrique de 1194 mm de pluies, ce qui est remarquable par rapport aux autres années. C'est par ailleurs la deuxième année la plus arrosée sur la série. Les caractéristiques de la pluviométrie de cette année sont marquées par un démarrage précoce des pluies (mi-mars), et une fin tardive desdites pluies (début d'octobre). La saison des pluies s'est étalée sur 07 mois, malgré l'existence d'une rupture d'une semaine, observée au mois de mars, de deux (02) ruptures de 12 et de 13 jours au mois d'avril et de deux (02) ruptures de 12 et de 15 jours au mois de mai. Ce regain pluviométrique va se poursuivre pendant les 04 années suivant la rupture, notamment en 1957, 1958, 1959 et 1960. Ces années enregistrent respectivement 1090 ; 948 ; 916 et 1107 mm de pluies chacune. Malheureusement après 1960 les volumes des pluies retrouvent des valeurs normales, à défaut de diminuer. C'est le cas de l'année 1964 qui est l'une des années les moins arrosées, avec un volume de 617 mm de pluies.

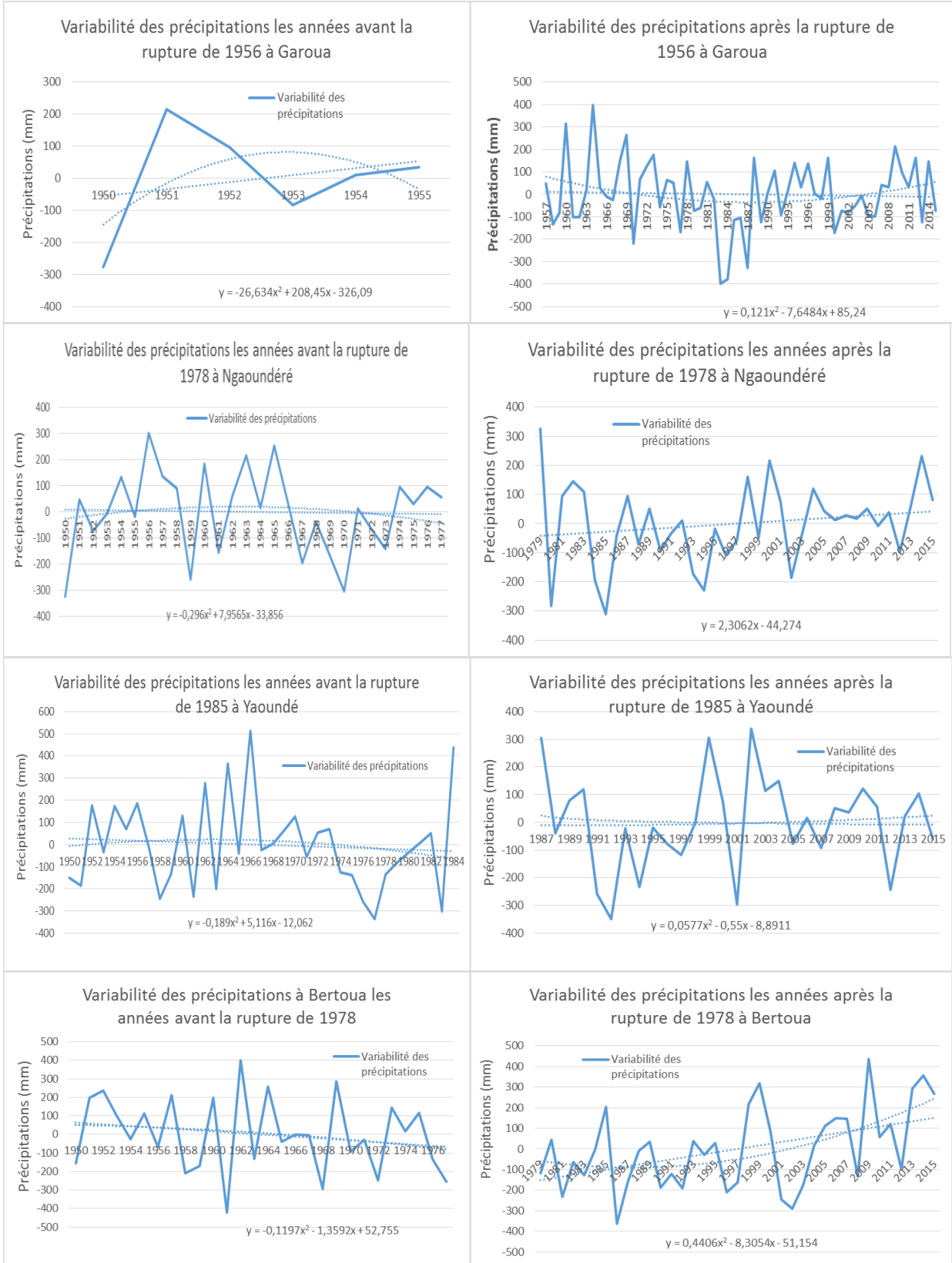
Une rupture significative est observée en 1978 respectivement pour les localités de Ngaoundéré et de Bertoua. Ceci est d'autant plus vrai que les deux localités sont voisines et présentent du fait de leur proximité, des caractéristiques écologiques à beaucoup d'endroit similaires dans les parties Sud de Ngaoundéré (Banyo, Tibati et Meiganga) et la partie Nord de la Région de l'Est (Garoua Boulai et Bétaré Oya). Par ailleurs, des quantités de précipitations

diminuent à Ngaoundéré et à Bertoua respectivement les années avant la rupture de 1978, tandis qu'elles augmentent les années après ladite rupture dans ces deux localités. Ces augmentations sont confirmées par les équations de régression qui leurs sont attribuées.

Selon la méthode Bayésienne de Lee et Heghinian et la segmentation d'Hubert, Ebolowa présente une hétérogénéité temporelle des précipitations visible à partir de 1979, qui marque la rupture dans l'évolution de la série enregistrée. Le total pluviométrique enregistré en 1979 est de 2165 mm de pluies, étalé sur 193 jours. Cette année a été marquée par une distribution des précipitations sur 11 des 12 mois de l'année. Cette année a connu un démarrage précoce de la saison des pluies (à la première décennie du mois de janvier), pour s'achever à la dernière décennie du mois de novembre. Ces débuts précoces se sont accompagnés des séries de ruptures dont la durée varie entre 02 jours et 10 jours.

À Douala dans la Région du Littoral, les tests statistiques de Lee et Heghinian et la segmentation d'Hubert relèvent une rupture en 1971, avec un coefficient de variation de 0,42. Les années avant la rupture (de 1950 à 1970) ont été fortement arrosées, avec une moyenne de 4284 mm de pluies, tandis qu'une régression est observée les années après la rupture (la moyenne annuelle est de 3567 mm de pluie), soit une diminution de 761 mm de pluies par rapport à la période qui va de 1950 à 1970. Sighomnou (2004), s'appuyant sur le test de Pettitt soulignent que 44% de postes pluviométriques de son étude présentent une rupture au seuil de confiance de 90% (figure 74). Ces ruptures se situent toutes autour de l'année 1983 qui est reconnue comme l'une des plus sèches du Cameroun et de toute la sous-région de l'Afrique tropicale.





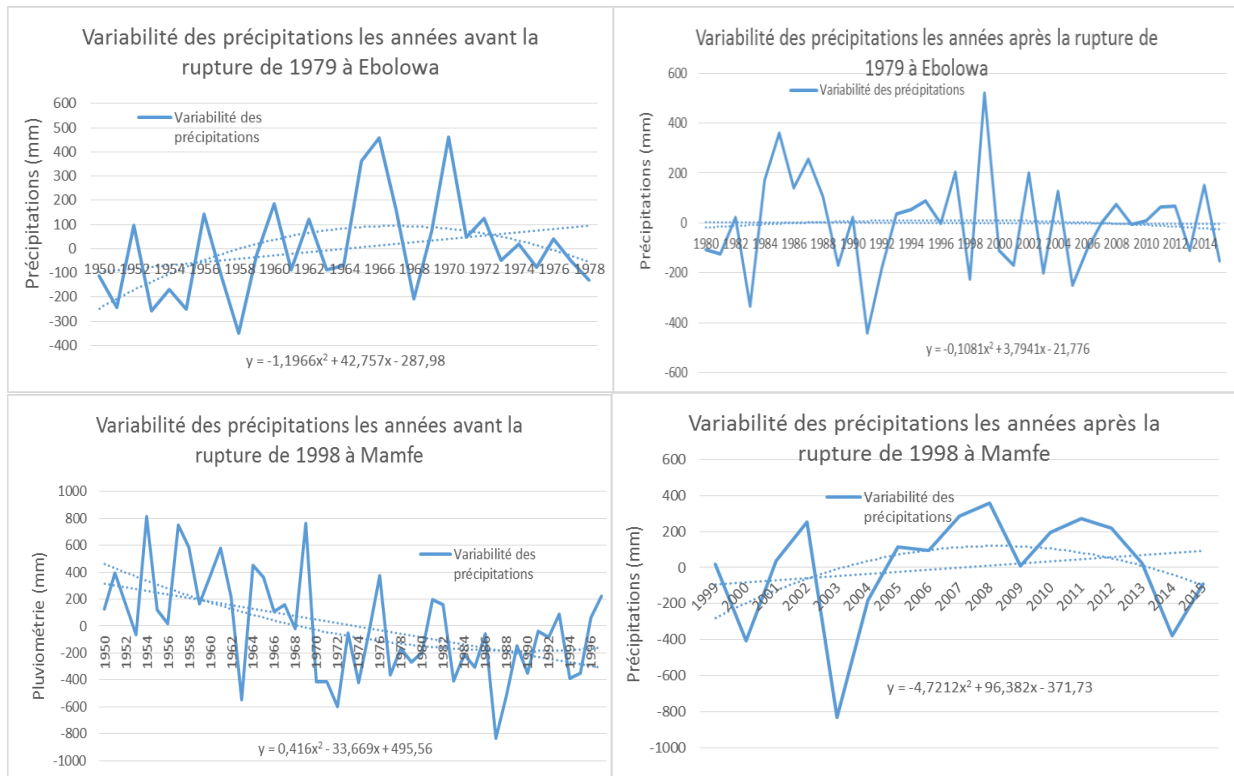


Figure 74: Evolution des quantités de précipitations les années avant et après la rupture pour les différentes stations régionales du Cameroun

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER
Réalisation : Auteur, 2018

DISCUSSION

Le contexte pluviométrique au Cameroun ces 70 dernières années a été marqué par une forte perturbation de la distribution spatiale et temporelle de la pluviométrie et une recrudescence des situations météorologiques extrêmes. En effet, l'analyse du rythme pluviométrique au niveau national relève qu'à l'exception de la région du Nord située dans la zone Soudano-sahélienne, les 09 autres stations régionales présentent une tendance à la diminution des quantités de précipitations sur la période allant de 1950 à 2015. L'étude a révélé une tendance à la diminution du nombre de jours des pluies sur l'ensemble des dix stations régionales. Cette tendance à la diminution des quantités de précipitations et du nombre de jours des pluies s'accompagne d'une instabilité des dates des démarrages et des dates des fins des saisons des pluies, d'une inégale répartition spatiale et temporelle desdites précipitations, d'une forte variation de la longueur des saisons.

Les résultats des tendances pluviométriques et des caractéristiques de la pluviométrie au niveau régional sont confirmés dans les profils climatiques des dix régions du Cameroun produits par l'ONACC depuis 2017, et par d'autres chercheurs au niveau national. La diminution globale des quantités de précipitations sur l'étendue du territoire national et leur

irrégularité pendant les saisons sèches et pluvieuses ont augmenté l'occurrence des situations météorologiques extrêmes tels que les inondations, les sécheresses, les feux de brousse et les vagues de chaleur sur l'étendue du territoire national, avec d'importantes conséquences sur les activités de développement et la qualité de vie des populations, qui puisent l'essentiel de son alimentation et de ses revenus sur le milieu naturel.

Il est important de noter que les résultats obtenus dans ce chapitre sur la période de l'étude ne sont pas une panacée pour le Cameroun, car les chercheurs tels que Nicholson et al (2000), Chappell et al (2004), Dai et autres (2004) avait obtenus des résultats similaires en étudiant la dynamique de la pluviométrie en Afrique de l'ouest (entre 4°-20°N et 20°W 40°E). Il est ressorti de cette étude qu'une décroissance a été observée dans l'évolution des précipitations annuelles depuis la fin des années 60, avec une diminution de 20 à 40% entre les périodes 1931-1960 et 1968-1990. Dans la zone tropicale de forêt humide, les mêmes résultats indiquent une tendance à la diminution des quantités de précipitations annuelles est environ de 4% dans la partie Ouest.

Selon ces auteurs, la sécheresse de la région du Sahel depuis les années 70, par exemple, a été liée à une tendance positive de la température équatoriale de surface de l'Océan Indien (SST), tandis qu'ENSO a une influence significative sur les précipitations interannuelles. Au Mali par exemple, les résultats indiquent une baisse de 20% de la pluviométrie entre 1951 et 1970 (période humide) et entre 1971 et 2000. Cette situation a entraîné un déplacement des isohyètes vers le Sud. Sur la même période, de fortes valeurs de l'évapotranspiration potentielle (ETP) ont été relevées en raison des températures élevées, ainsi que des valeurs d'humidités relatives faibles et des vents forts. Les résultats révèlent la persistance des situations de sécheresses à partir des années 1970, entraînant des déficits pluviométriques assez importants et une évolution des isohyètes vers le sud, ce qui fait que la migration est devenue de plus en plus une stratégie face à ces nouvelles conditions climatiques et environnementales précaires.

L'analyse de la pluviométrie mensuelle en Afrique de l'Ouest fait apparaître une perturbation de la pluviosité en surtout en début de saison des pluies, tandis qu'à l'échelle annuelle moyenne, celle-ci est très variable du nord au sud. Globalement, les auteurs indiquent que la pluviométrie de l'Afrique de l'Ouest est marquée par :

- Une tendance à la diminution des quantités de précipitations et une grande variation spatio-temporelle desdites précipitations ;
- Des lignes de grain caractéristiques du Sahel, axées du Nord au Sud sur une distance de 500 à 750 Km et qui s'accompagnant de vents forts et d'abondantes pluies parfois catastrophiques.

Tout comme le Cameroun, la perturbation du rythme saisonnier, de la distribution spatiale et temporelle des quantités de précipitations, le décalage régulier des dates des démarrages et des dates fins des saisons et la forte variabilité du climat en Afrique de l'Ouest s'est très souvent accompagné de situations météorologiques extrêmes, qui entraînent entre autres une diminution de la ressource en eau, une perturbation de la programmation des activités agricoles et de l'élevage, une perte des rendements des cultures, une destruction régulière des stocks des cultures lors des sécheresses prolongées, des pertes de bétail et une diminution des ressources halieutiques. Quant aux inondations, elles constituent également une source de perturbation des activités agricoles et pastorales dans les régions, suite à l'érosion et à l'engorgement des sols, ou encore à la submersion des champs et la destruction des voies de communications rurales (pistes, routes etc.) ainsi que les ouvrages de franchissement qui leur sont associés (ponts, buses).

CONCLUSION

Le présent chapitre avait pour objectif de faire une analyse de la dynamique des paramètres pluviométriques tels que les quantités de précipitations et le nombre de jour des pluies aux échelles mensuelle, saisonnière et annuelle sur la période allant de 1950 à 2015 au Cameroun. Il était également question de faire une analyse du rythme évolutif des dates des débuts, des fins des saisons et de la longueur desdites saisons sur la même période de l'étude. La maîtrise de cette dynamique par la qualité des informations produites aux différentes échelles de temps est un préalable à l'amélioration de la qualité des prévisions climatiques élaborées au niveau national. De plus, une meilleure connaissance du comportement des paramètres sus-évoqués constitue une base d'informations utile à l'adaptation et à l'ajustement des activités socio-économiques à forte dépendance de la pluviométrie telles que l'agriculture, l'élevage, la santé, le tourisme, le commerce, le transport et la sécurité publique dans un contexte de changements climatiques. Pour atteindre cet objectif, les données collectées auprès des institutions nationales de références telles que la DMN, le MINADER, le PULCI, etc., ont été soumises à des séries d'analyses et des équations des trends ont été établies.

Il ressort des résultats de cette étude qu'à Maroua dans la zone Soudano-Sahélienne, les quantités de précipitations sont en diminution aux mois de mai, juin, août, septembre et octobre et augmentent aux mois de mars, avril, juillet et novembre. Lesdites précipitations diminuent aux mois de mars, avril, mai, septembre et novembre à Garoua. Le rythme évolutif du nombre de jours des pluies indique qu'il est déficitaire sur 08 des 09 mois qui présentent des signes visibles des précipitations à Maroua, et sur 05 mois des 09 mois à Garoua.

A Ngaoundéré dans la zone des Hautes Savanes Guinéenne, à l'exception du mois d'avril en augmentation, les quantités de précipitations diminuent aux mois de mars, mai, juin, juillet, août, septembre, octobre et novembre. De plus, à l'exception des mois de septembre et de novembre en augmentation, les mois de mars, avril, mai, juin, juillet, août, octobre sont en diminution du nombre de jours des pluies.

Dans la zone forestière à pluviométrie bimodale, la localité de Yaoundé connaît une nette diminution des quantités de précipitations aux mois de janvier, février, mars, avril, mai, juin, septembre, octobre, novembre et décembre, tandis que les mois de juillet et d'août sont en augmentation. Le nombre de jours des pluies diminue également aux mois de février, mars, avril, mai, juin, septembre, octobre, novembre et décembre, tandis que les mois de janvier, juillet et d'août sont en augmentation. Pour ce qui est de Bertoua, l'exception du mois d'août excédentaire, les 11 autres mois sont déficitaires en précipitations. Il est également important de noter pour ce qui est du nombre de jours des pluies qu'à l'exception du mois de janvier en augmentation, les 11 autres mois sont déficitaires. Les résultats indiquent que les mois de février, mars, juin, août et décembre enregistrent les plus importants déficits au cours de l'année, tandis que les mois de janvier, février, mars, avril, mai, juin, octobre et décembre sont en diminution à Ebolowa. Par ailleurs, pour la même localité, les mois de janvier, février, mars, avril, mai, juin, octobre novembre et décembre sont en régression du nombre de jours des pluies.

Les résultats indiquent que dans la zone des Hauts Plateaux, à Bafoussam quatre mois (janvier, juin, juillet et août) présentent une augmentation des quantités de pluies, tandis que les 08 autres mois (février, mars, avril, mai, sept, octobre, novembre et décembre) sont en diminution. En ce qui concerne la distribution du nombre de jours des pluies, les mois de janvier, mars, avril, mai, juin, septembre, novembre et décembre sont en diminution. A Bamenda dans la Région du Nord-Ouest, les quantités de précipitations régressent aux mois de février, mars, avril, juin, juillet, septembre, novembre et décembre. Elles augmentent aux mois de janvier, mai, août et octobre. En revanche, le nombre des jours des pluies diminue aux mois de janvier, février, mars, avril, juin, juillet, août, septembre, octobre et décembre, tandis que les mois de mai et de novembre sont en augmentation.

Dans la zone forestière à pluviométrie monomodale, à l'exception des mois de mai, juin et août qui présentent une augmentation du nombre de jours pluvieux, la localité de Mamfe située dans la Région du Sud-Ouest connaît une diminution du nombre de jours des pluies sur les 09 autres mois de l'année. Pendant ce temps, les quantités de pluies diminuent pour les 12 mois de l'année. Les résultats indiquent également qu'à l'exception des mois d'avril et de mai en augmentation, les quantités de précipitations diminuent sur les 10 autres mois de l'année à Douala. En revanche, à l'exception du mois d'avril en augmentation, le nombre de jours des pluies est en diminution pour les autres mois.

Les conséquences souvent dramatiques de la baisse de la pluviométrie sur les économies des pays de l'Afrique Centrale justifient l'intérêt de ce chapitre, porté sur l'analyse de la dynamique saisonnière de la pluviométrie au Cameroun entre 1950 et 2015. Le pays tout entier, bien que marqué par une forte diversité des régimes de pluies, qui alternent parfois du régime monomodal, au bimodal, puis au plurimodal, se fait ressentir par une variabilité pluviométrique qui affecte toutes les Régions du Cameroun. Même dans les Régions qualifiées traditionnellement d'humides comme les Régions situées dans la zone forestière à pluviométrie bimodale (Yaoundé, Bertoua et Ebolowa) et les Régions situées dans la zone forestière à pluviométrie monomodale (Mamfe et Douala), dont le climat est tributaire de la façade maritime, toutes ces Régions connaissent une forte instabilité de la distribution et du rythme de pluies.

Les résultats indiquent que dans toute la zone Soudano-Sahélienne (Régions de l'Extrême-Nord et du Nord), les pluies démarrent précocement, entre le mois d'avril et de mai et finissent précocement entre la mi-septembre et le début du mois d'octobre. Elles démarrent précocement à Ngaoundéré, en début du mois d'avril et se terminent précocement, entre la fin du mois de septembre et le début du mois d'octobre. Cette distribution de la pluviométrie s'accompagne d'une diminution de la longueur de la saison des pluies qui dépasse difficilement les 07 mois habituels. Par ailleurs, les quantités de précipitations diminuent pendant la saison des pluies au même titre que le nombre de jours des pluies enregistrées pendant ladite saison. Il pleut en moyenne 1458 mm de pluies, étalées sur 141 jours en moyenne pendant la saison des pluies.

A Yaoundé dans la zone forestière à pluviométrie bimodale, les pluies démarrent de plus en plus tardivement, vers la fin du mois de mars et finissent précocement, entre la fin du mois de mai et le début du mois de juin pendant la petite saison des pluies. Ces pluies s'accompagnent d'un rétrécissement de la longueur de la petite saison des pluies, qui atteint de moins en moins les 3mois et demi habituels. Pendant cette période, les quantités de précipitations diminuent, la moyenne est de 652 mm de pluies, étalées sur 23 jours. À l'opposé, elles augmentent pendant la petite saison sèche. La moyenne enregistrée est de 90mm de pluies étalées sur 10 jours. A Bertoua dans la région de l'Est, les pluies démarrent et finissent de plus en plus tardivement, ce

qui conduit à un rallongement de la saison des pluies. Les moyennes enregistrées sont respectivement de 581mm pendant la petite saison des pluies ; 749 mm pendant la grande saison des pluies ; 134 mm pendant la petite saison sèche et 140 mm pendant la grande saison sèche. Pour ce qui est du nombre de jours des pluies, les résultats indiquent une augmentation pendant la petite saison des pluies et une diminution pendant la petite saison sèche. Les moyennes sont respectivement de 47 jours de pluies pendant la petite saison des pluies et 12 jours pendant la petite saison sèche. Dans la Région du Sud, la petite saison des pluies démarre tardivement (début mars), et finit précocement (mi-mai et début juin). Il s'ensuit d'un rétrécissement de la longueur de la petite saison des pluies (moins de 03 mois et demi). Les moyennes enregistrées sont de 806 mm de pluies, étalées sur une moyenne de 61 jours pendant la petite saison des pluies et de 89 mm de pluies étalées sur 24 jours pendant la petite saison sèche. De plus, la grande saison des pluies démarre précocement (début juillet pour finir au mois de novembre) dans de nombreuses localités de la Région. La grande saison des pluies se rallonge et dépasse de plus en plus les 03 mois et demi habituels.

Dans la zone des Hauts Plateaux, les pluies démarrent de plus en plus tardivement et, à l'opposé finissent précocement dans la plupart des localités de la Région de l'Ouest. Cette dynamique des dates des débuts et des fins des saisons s'accompagne d'une régression de la longueur (07 mois et demi). Les quantités de précipitations augmentent pendant la saison des pluies à Bafoussam, et diminuent pendant la saison sèche. Les moyennes enregistrées sont respectivement de 1675 mm pendant la saison des pluies et de 106 mm pendant la saison sèche. A Bamenda dans la Région du Nord-Ouest, les pluies démarrent précocement et finissent tardivement, rallongeant la longueur de la saison des pluies d'environ 08 mois.

Dans la Région du Sud-Ouest, les pluies démarrent en début du mois de mars et finissent vers la mi-octobre à Mamfe. Les volumes pluviométriques enregistrés sont de 3012 mm pendant la saison des pluies, étalées sur 06 mois et demi en moyenne. À l'opposé, la saison sèche atteint 05 mois et demi, avec un volume de 96 mm de pluies en moyenne par an. Dans la Région du Littoral, les pluies démarrent en début février, et finissent entre la fin du mois d'octobre et le début du mois de novembre, pour une saison des pluies qui se rapproche de 10 mois. À l'opposé, la saison sèche régresse, et varie entre 03 et 02 mois. Les quantités de précipitations diminuent pendant les saisons sèche et pluvieuse.

Les résultats de l'étude révèlent qu'à l'échelle annuelle, à l'exception de Garoua, dont le rythme pluviométrique est en sa phase de reprise générale, les quantités de précipitations et le nombre de jours des pluies enregistrés ont progressivement diminué à Maroua, Ngaoundéré, Yaoundé, Bertoua, Ebolowa, Bafoussam, Bamenda, Mamfe et Douala de 1950 à 2015. Les volumes pluviométriques annuels enregistrés sont respectivement de 836mm de pluies à Maroua

étalées sur 71 jours ; 1004,7 mm étalées sur 80 jours à Garoua, 1506,9 mm de pluies étalées sur 146 jours à Ngaoundéré ; 1572,29 mm de pluies à Yaoundé, étalées sur 130 jours; 1568,7 mm de pluies étalées sur 131 jours à Bertoua; 1793,9 mm de pluies étalées sur 166 jours de pluies à Ebolowa ; 1775,89 mm de pluies étalées sur 110 jours à Bafoussam ; 2499 mm étalées sur 190 jours de pluies à Bamenda ; 3090,09 mm de pluies étalées sur 188 jours à Mamfe, et 3814,77 mm de pluies étalées sur 218 jours de pluies à Douala.

Par ailleurs, le calcul de l'indice pluviométrique standardisé a permis de distinguer l'alternance des séquences sèches et humides qui varient d'une localité à une autre. Ce qui a permis d'identifier la période de 1960 à 1980 comme la plus sèche, cette sécheresse a touché la presque totalité des Régions, de l'Extrême-Nord jusqu'au Sud du pays. Selon Servat et al (1999) ; Sighomnou (2004), cette sécheresse qui a débuté vers les années 1960, a été plus forte à partir des années 1980, et s'est prolongée dans certaines localités jusqu'en 2015 avec des conséquences significatives sur les régimes des cours d'eau, donc sur la ressource en eau, qui est la clé dont dépend la réussite de nombreuses activités de développement socio-économiques. Les années 1990 ont été marquées par un début de reprise des pluies dans certaines localités telles que Garoua.

CHAPITRE 2

DYNAMIQUE ET OCCURRENCE DES ÉVÈNEMENTS PLUVIOMETRIQUES EXTRÊMES AU CAMEROUN DE 1950 A 2015

INTRODUCTION

Les trois dernières décennies ont connu une forte instabilité des dates de démarrage et de fin des saisons des pluies au Cameroun. Pour certaines localités, les pluies commencent plus précocement que d'autres, et finissent précocement, tandis que pour d'autres, elles commencent précocement et se terminent tardivement, et vice versa. Cette instabilité des démarrages et des fins des saisons des pluies n'est pas l'apanage d'une localité particulière, toutes les zones agro écologiques du Cameroun sont susceptibles à ces variations qui se répètent de plus en plus. Pour expliquer ces variations, Mahaman K (2011) évoque l'importance des facteurs géographiques locaux, couplée à la dynamique des facteurs déterminants du climat (anticyclones et d'action atmosphériques globaux) qui sont à la base de la dynamique du climat en Afrique. L'objectif de ce chapitre est de faire une analyse de la dynamique et de l'occurrence des évènements pluviométriques extrêmes au Cameroun de 1950 à 2015. La méthode utilisée dans ce cadre est celles de Stern et al (1981), améliorée par Omotosho et al (2000) qui utilisent les moyennes pluviométriques lissées sur 6 jours consécutifs sans pluies pour identifier les dates de démarrage effectives des saisons des pluies. Cette approche méthodologique repose sur l'analyse des caractéristiques et du rythme évolutif des composantes pluviométriques telles que les quantités et le nombre de jours des pluies enregistrées, les dates des débuts et des fins des saisons des pluies et la longueur desdites saisons qui prennent en considération la diversité des régimes pluviométriques au Cameroun. La détermination de l'Indice Normalisé des Précipitations (SPI) est une composante importante pour caractériser les évènements pluviométriques extrêmes, qui permettront de définir leur occurrence. Par ailleurs, le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) dans son rapport de 2007, définit un évènement climatique extrême comme « un phénomène qui est rare dans le cadre de sa distribution de référence statistique à un endroit spécifique ». Ledit groupe a défini dans son rapport des critères de qualification des évènements climatologiques extrêmes, parmi lesquels figure en bonne place la pluviométrie. Berolo et al (2003) définissent comme « évènements pluviométriques extrêmes » de fortes intensités de pluies se produisant sur un pas de temps court, et de faible occurrence à la fois dans le temps et dans l'espace. Dans le cadre de ce travail, l'appréciation de la dynamique du climat au Cameroun exige une meilleure compréhension du comportement des évènements pluviométriques extrêmes, ce qui requiert l'utilisation de plusieurs méthodes complémentaires.

1. EVALUATION DE LA DYNAMIQUE DES EVENEMENTS PLUVIOMETRIQUES EXTREMES AU CAMEROUN SELON LES CRITERES du GIEC

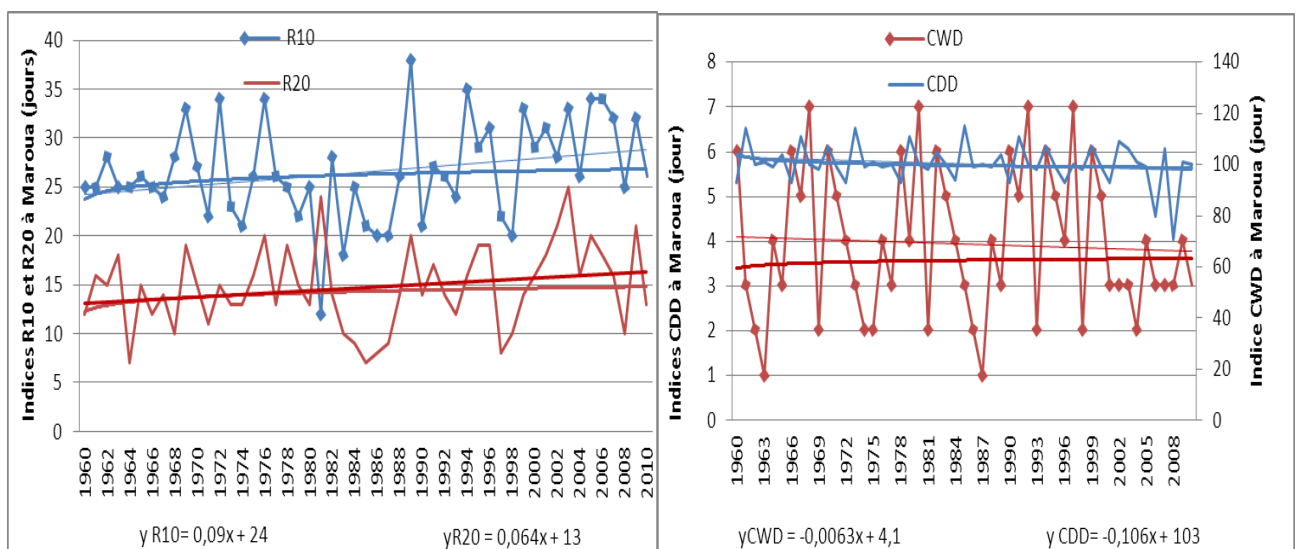
L'analyse de l'évolution des indicateurs pluviométriques permet de relever certaines particularités qui varient d'une station à une autre. Les données retenues sont traitées et analysées par le logiciel R-Climdex, qui prend en compte les erreurs et les périodes de ruptures des séries collectées.

1.1. Dans les régions de l'Extrême-Nord et du Nord

Pour ce qui est de la station de **Maroua**, d'une part, on remarque que la figure 75 met en évidence la régression du nombre maximal de jours pluvieux consécutifs, ainsi que celle du nombre maximal de jours secs consécutifs sur la période allant de 1960 à 2010 par leurs droites de tendances linéaires. D'autre part, on constate une évolution progressive du nombre maximal de jours de très fortes précipitations, avec une période fortement marquée par leur diminution, notamment entre 1980 et 1995.

On observe une baisse du volume des précipitations supérieures au 95^e percentile, dont des jours très humides, ainsi qu'une diminution progressive du volume des précipitations supérieures au 99^e percentile, c'est à dire des jours extrêmement humides. Toutefois, cette diminution a été interrompue par une tendance à l'augmentation enregistrée entre 1995 et 2008 pour les jours très humides, et entre 1970 et 1990 pour les jours extrêmement humides.

On note aussi que la courbe de lissage du volume maximal des précipitations tombées pendant cinq jours consécutifs est marquée par une baisse progressive sur la période de l'étude. Cette tendance générale à la baisse se distingue cependant par des années exceptionnelles, correspondant aux années 1966, 1995, 2008.



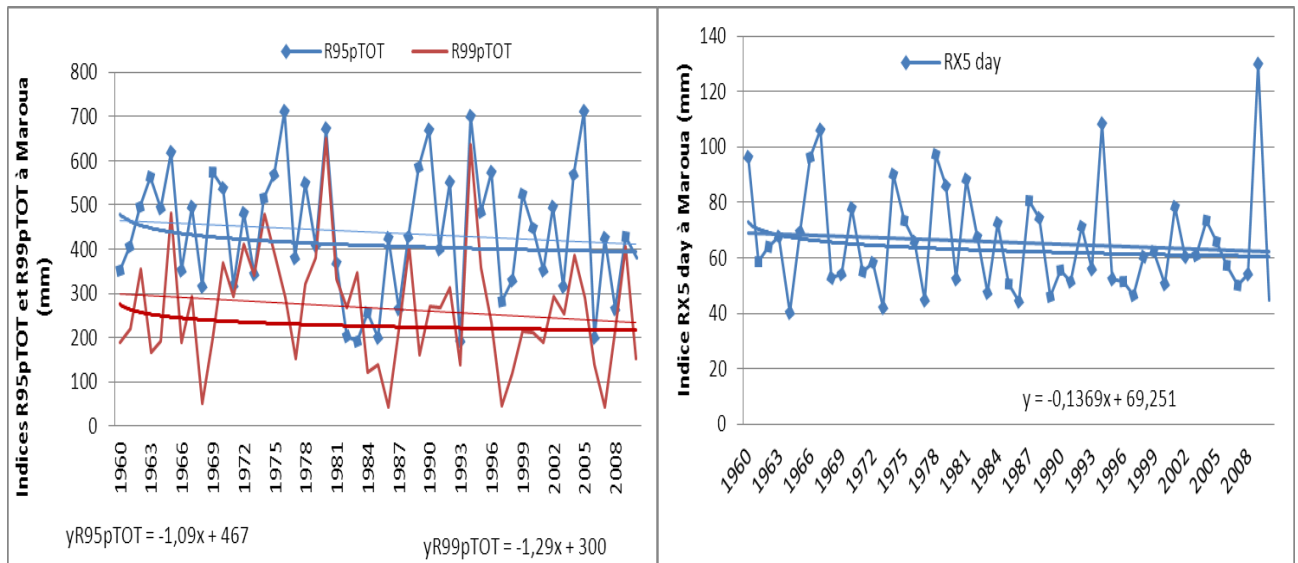


Figure 75: Variation des indices des événements pluviométriques extrêmes à Maroua selon les critères du GIEC

Source des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

Par ailleurs, de 1960 à 2010, la station météorologique de **Maroua** n'a été arrosée que sur la période comprise entre les mois d'avril et les mois d'octobre. Les volumes pluviométriques les plus extrêmes ont été enregistrés aux mois d'août 1970 et au même mois en 1974, avec chacun 448 mm de pluies, étalées sur 26 et 31 jours respectivement, tandis qu'un minimum de 20 mm, étalé sur 3 jours est tombé en novembre 1989. À l'échelle journalière, un pic de pluies extrêmes de 108,4 mm, a été enregistré en une journée, le 12 septembre 1994, représentant 37,63% du volume total mensuel, ce type de pluies irrégulières qui tombent sur une période de temps très courte est susceptible de provoquer une inondation lorsque toutes les conditions édaphiques sont réunies.

L'observation de la figure 76 ci-dessous montre une augmentation progressive du nombre maximal de jours pluvieux consécutifs (CDD) à **Garoua**, avec les années 1982 et 1995 qui ont été les plus marquées, avec des valeurs comprises entre 6 et 7 jours chacun. Quant à l'indice du nombre maximal de jours secs consécutifs (CWD), il a progressivement diminué, avec toutefois des séquences qui se démarquent le plus sur les tranches 1960-1966, 2002-2010.

Par ailleurs, l'indice qui rend compte sur le nombre de jours très humides (R96pTOT) a progressivement diminué, autant que l'indice du nombre de jours extrêmement humides (R99pTOT). Dans leur évolution, ces deux indices présentent une particularité commune en 1984, marquée par les pics les plus élevés. La même figure permet d'observer une tendance à la baisse des jours humides (R10), ainsi que des jours très humides (R20), avec des séquences de ruptures aux tranches 1975-1980 et 1990-2002 pour les deux indicateurs.

On observe enfin une diminution progressive de la quantité des précipitations maximales de l'année durant cinq jours consécutifs (RX5day), avec quelques pics d'augmentation pour les années 1963, 1978, 1990.

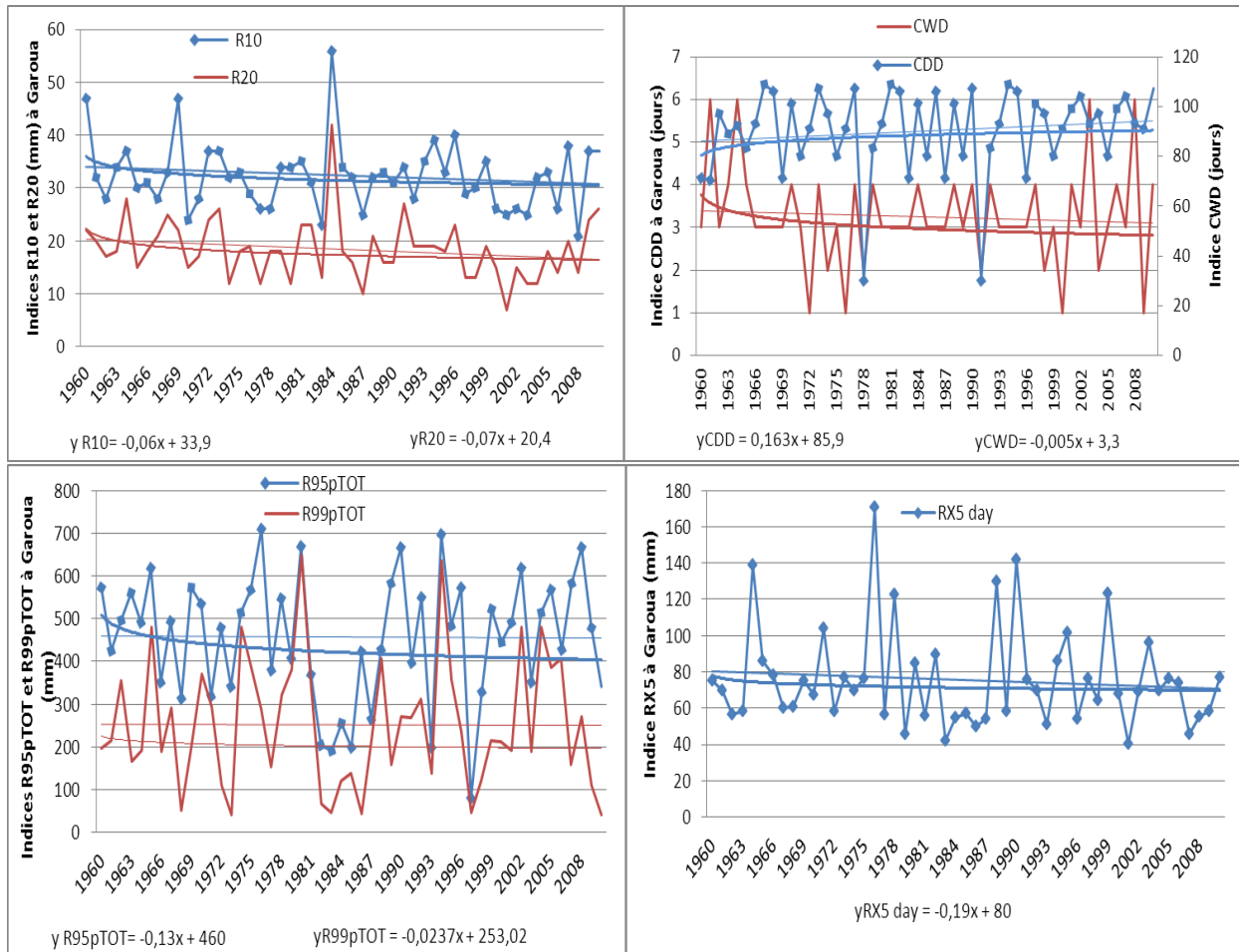


Figure 76: Indices des événements pluviométriques extrêmes à Garoua selon les critères du GIEC.

Source des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER
Réalisation : Auteur, 2017

De 1960 à 2010, **Garoua** a été arrosée entre le mois d'avril et le mois de novembre, avec des volumes allant de 7,8 pour le mois le moins arrosé (avril) à 495 mm (août) pour le mois le plus arrosé. Les pluies extrêmes enregistrées, à l'échelle mensuelle, font état d'un pic de 495 mm aux mois d'août 1964, 1969, 2009, étalé sur un intervalle compris entre 20 et 23 jours. A l'échelle journalière, un pic extrême de 170,7 mm a été atteint le 2 septembre 1976, représentant 37,18% du volume total mensuel. Ces pluies irrégulières sont susceptibles de provoquer d'énormes dégâts tant matériels sur l'environnement physique que sur les activités des populations.

1.2. Dans la région de l'Adamaoua

Entre 1960 et 2010, le nombre maximal de jours pluvieux consécutifs affiche une tendance à l'augmentation à **Ngaoundéré**. Cette évolution est tout de même marquée par une séquence à la baisse entre 1970 et 1980. À l'opposé, le nombre maximal de jours secs consécutifs affiche une évolution contraire.

Le nombre maximal de jours de fortes précipitations a régulièrement diminué entre 1960 et 2010, avec deux séquences d'augmentation correspondant aux décennies 1970-1979 et 1997-2006. La figure 77 révèle que le nombre maximal de jours de très fortes précipitations est quant à lui en augmentation progressive.

Le nombre maximal de jours très humides augmente malgré qu'il soit entrecoupé par deux séquences en diminution, notamment les séquences 1964 à 1975 et 1990 à 1997. Le nombre maximal de jours extrêmement humides présente au contraire une évolution marquée par deux séquences d'augmentation de 1970 à 1980 et de 1997 à 2006. Le même graphique indique que le cumul maximal des précipitations tombées en cinq jours consécutifs a progressivement augmenté. Cependant, deux séquences de diminution identifiées correspondent aux périodes 1970-1980, 1988-1997.

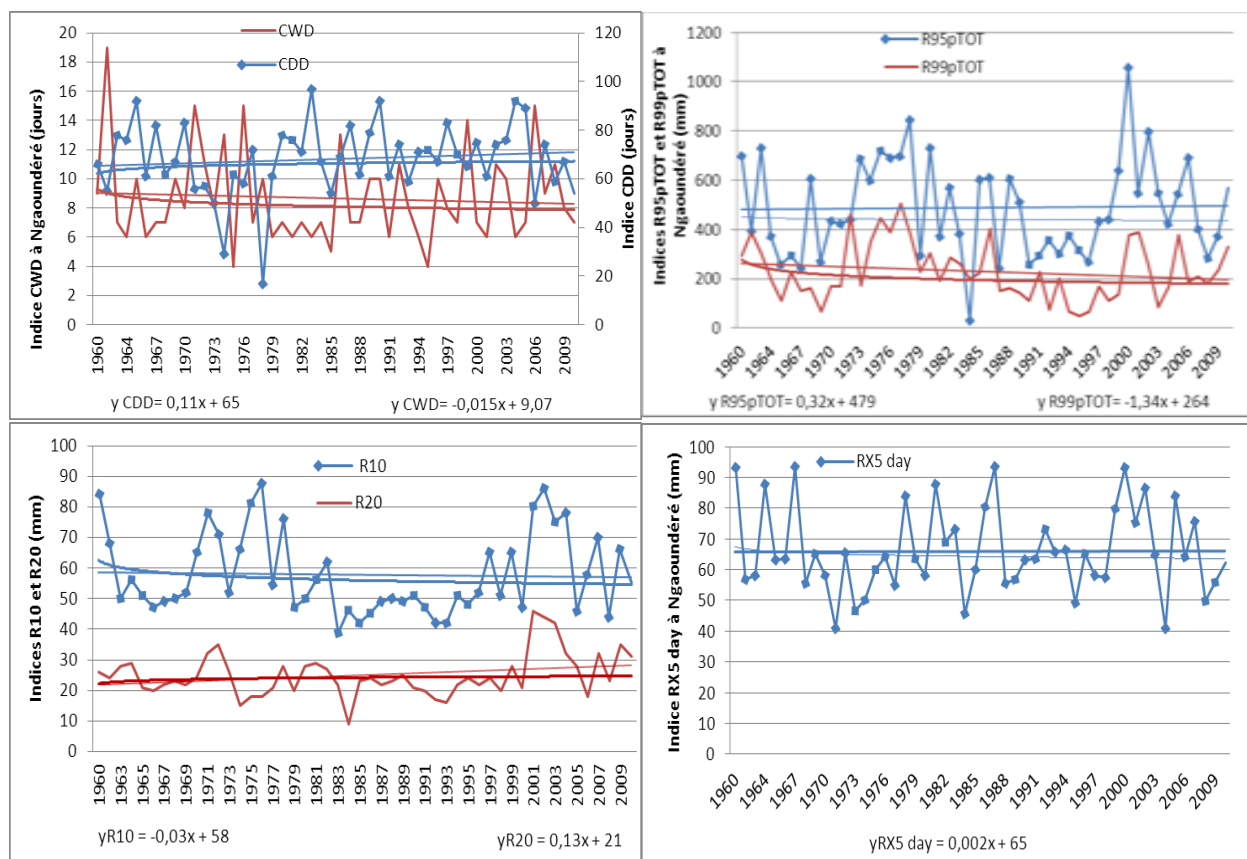


Figure 77: Indices des événements pluviométriques extrêmes à Ngaoundéré selon les critères du GIEC

Source des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Ngaoundéré a été arrosée entre les mois de mars et les mois de novembre de 1960 à 2010. Sur le plan mensuel, le mois d'août est généralement le plus arrosé, avec un record de 521,8 mm de pluies en 1963, étalées sur 18 jours. À l'échelle journalière, un pic de 274,0 mm de pluies est enregistré au mois d'août 1963, ce qui représente 53% du volume pluviométrique annuel. Ces énormes quantités de pluies sont tombées sur une période de temps courte, pouvant ainsi provoquer des dommages tant sur la vie des populations que sur leurs activités.

1.3. Dans les régions du Centre, de l'Est et du Sud

La tendance du nombre maximal de jours secs à **Yaoundé**, sur la période allant de 1960 à 2010, est à la diminution, au même titre que l'indice du nombre maximal de jours pluvieux (figure 78). Une diminution progressive du nombre de jours de fortes et de très fortes précipitations respectivement est observée, avec toutefois un pic sur la période allant de 1960 à 1963. On observe également une tendance à la diminution du cumul maximal des précipitations supérieures aux 95^{ème} et 99^{ème} percentiles, et du cumul maximal des précipitations tombées durant cinq jours consécutifs.

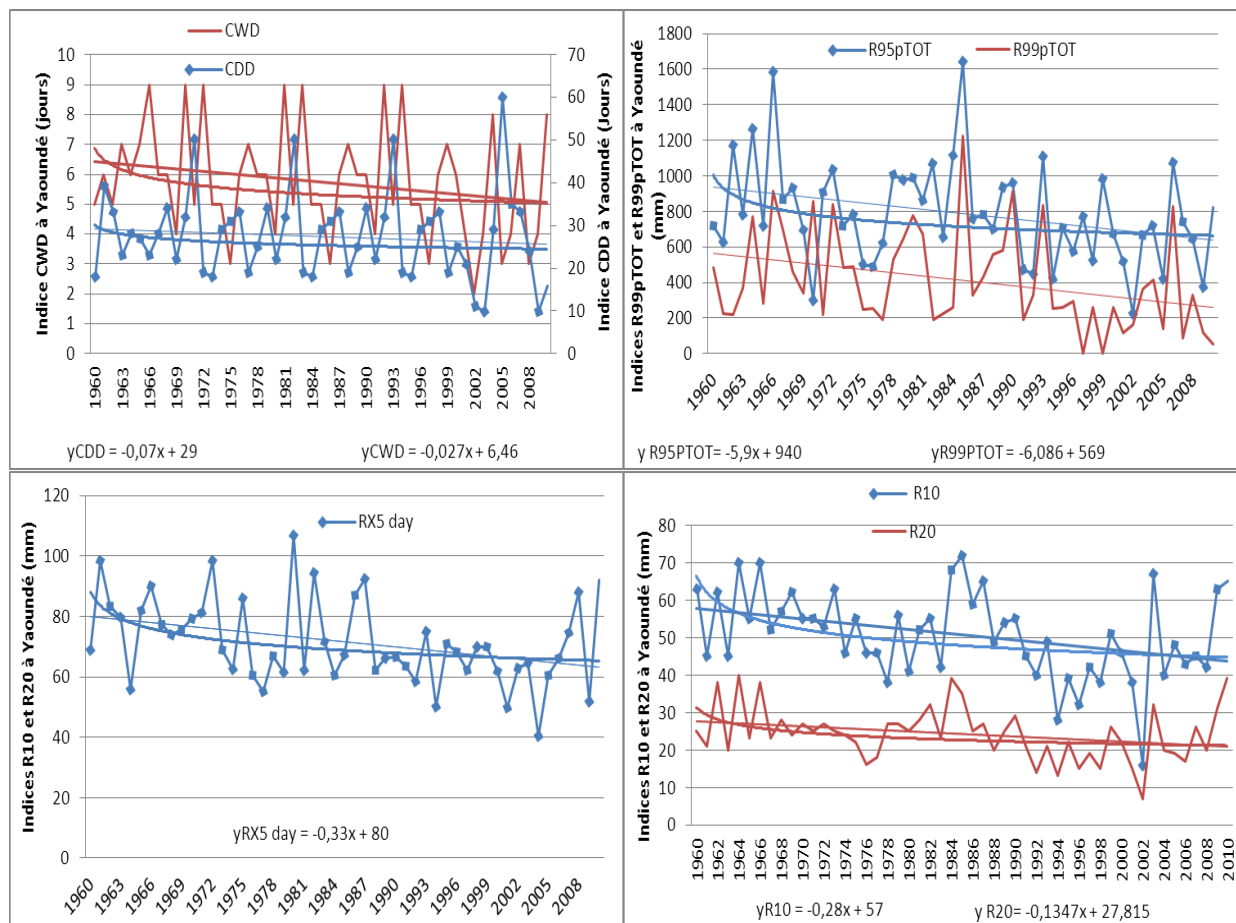


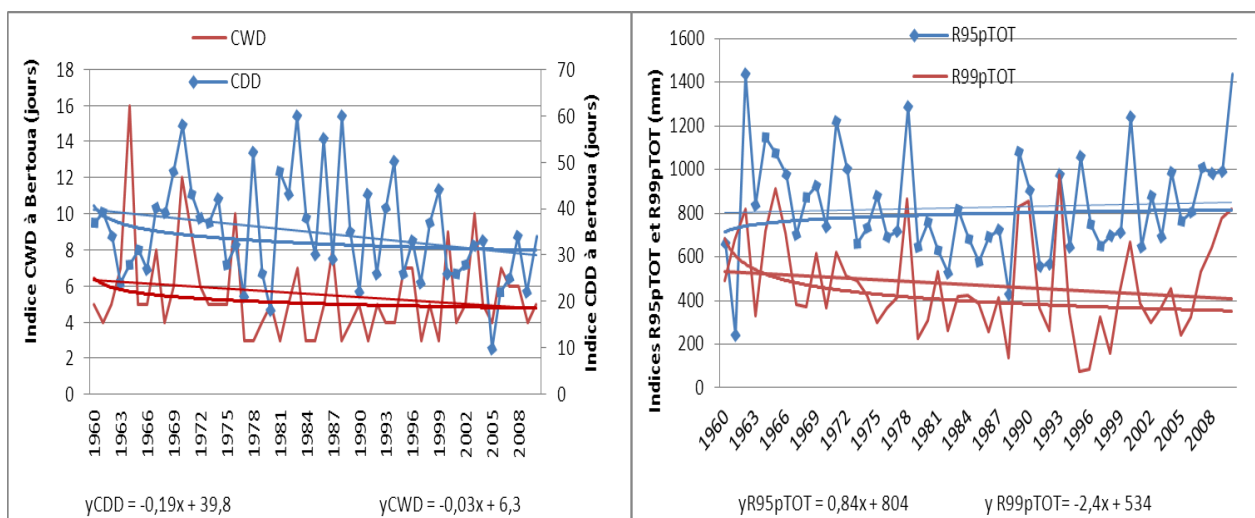
Figure 78: Indices des événements pluviométriques extrêmes à Yaoundé selon les critères du GIEC

Source des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER
Réalisation : Auteur, 2017

En plus des évènements présentés entre et 1960 et 2010, **Yaoundé** enregistre des records de 501 mm de pluies aux mois d'octobre 1966 et 1972 respectivement. Ces pluies extrêmes sont tombées pendant 25 à 29 jours chacun. À l'échelle journalière, un record de forte intensité de 107 mm de pluies est enregistré le 8 mai 1980, représentant 29,83% du volume mensuel total. Ces pluies de forte intensité ne seraient pas sans dommage sur la vie et les activités des populations.

À la lecture de la figure 79, une diminution du nombre maximal de jours pluvieux consécutifs est observée sur la période de 1960 à 2010, de même qu'une tendance globale à la baisse de l'indice qui rend compte du nombre maximal de jours secs consécutifs enregistrés à **Bertoua**. Par ailleurs, une tendance à la baisse aussi bien du nombre de jours de fortes précipitations que du nombre de jours de très fortes précipitations est observée, avec toutefois une période relativement calme pour les deux indices, entre 1976 et 2000.

En outre, l'indice qui rend compte du cumul maximal des précipitations supérieures au 95^{ème} percentile est en augmentation à Bertoua sur la même période. Ce qui traduit une augmentation du nombre de jours très humides, et s'oppose à la diminution du cumul maximal des précipitations supérieures au 99^{ème}, qui correspond au nombre de jours extrêmement humides. Pour ce qui est du cumul maximal des précipitations tombées durant cinq jours consécutifs, on peut relever une tendance à la baisse, avec des pics les plus élevés en 1964, 1980 et 1991.



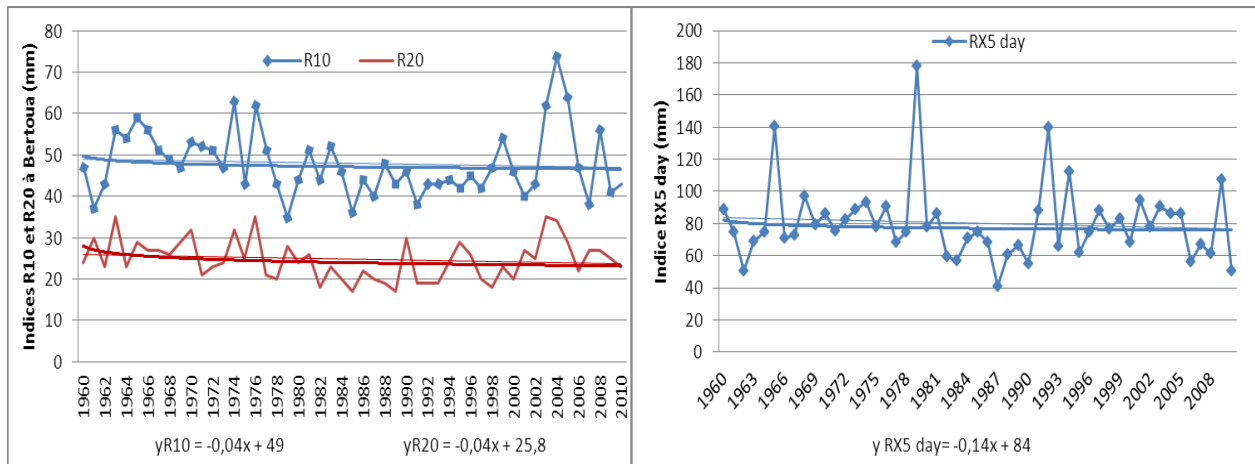


Figure 79: Indices des évènements pluviométriques extrêmes à Bertoua selon les critères du GIEC
Source des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

En outre, **Bertoua** est arrosée de février à novembre de 1960 à 2010, soit sur une moyenne de 10 mois au cours de l'année. Parmi les pluies mensuelles extrêmes enregistrées, un pic de 486,7 mm, est atteint aux mois de septembre 1978, étalées sur 23 jours. Les extrêmes journaliers de 178,2 mm sont atteints au mois de septembre 1978. Ces pluies tombées en une seule journée représentent 36,6% du volume mensuel.

La figure 80 ci-dessous met en exergue la dynamique temporelle des indicateurs pluviométriques selon les critères du GIEC à **Ebolowa** pour la période allant de 1960 à 2010. Plusieurs constats ressortent de la lecture de cette figure. D'entrée de jeu, on observe des tendances opposées dans l'évolution du nombre maximal de jours pluvieux consécutifs et du nombre maximal de jours secs consécutifs. En effet, le premier indice a progressivement diminué, tandis que le second a globalement augmenté. Il en est de même de cumul maximal des précipitations supérieures au 95^{ème} percentile, dont la tendance est à la baisse, et du cumule maximal des précipitations supérieures au 99^e percentile en augmentation.

Le nombre de jours de fortes précipitations ainsi que le nombre de jours de très fortes précipitations présentent une tendance chacun à la baisse. Le cumul pluviométrique maximal enregistré pendant cinq jours consécutifs présente une tendance globale à la diminution, avec une période de diminution fortement marquée entre 1975 et 1985.

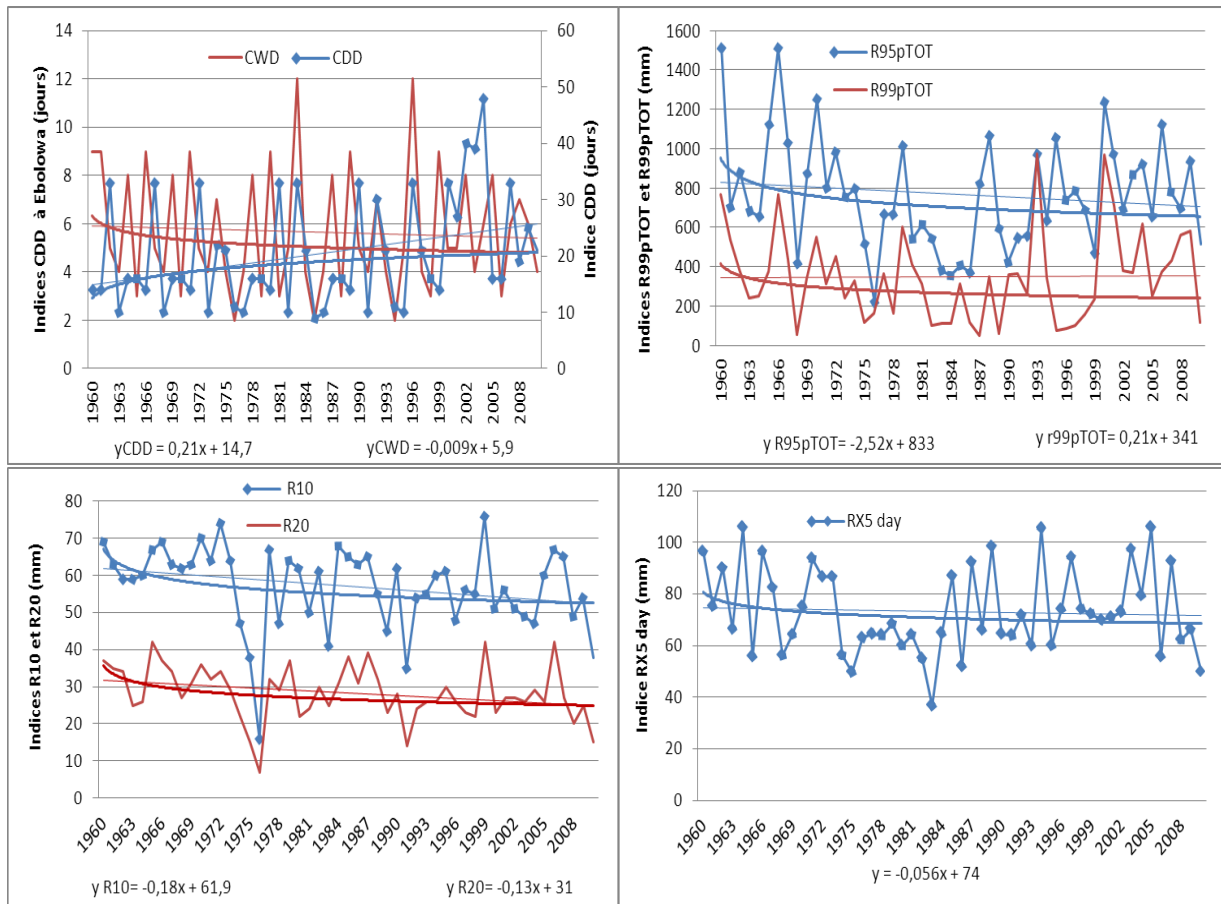


Figure 80: Indices des évènements pluviométriques extrêmes à Ebolowa selon les critères du GIEC

Sur la période allant de 1960 à 2010, **Ebolowa** est arrosée de janvier à décembre. En termes de pluies extrêmes à l'échelle mensuelle, un maximum de 539,3 mm est atteint au mois d'octobre 1971 et étalées sur 25 jours. À l'échelle journalière, le maximum des extrêmes est de 93,5 mm de pluies est enregistré le 03 octobre 1971, représentant 17,33% du volume mensuel total.

1.4. Dans les régions de l'Ouest et du Nord-Ouest

À la lecture de la figure 81 ci-dessous, il ressort que globalement, une tendance à la baisse du nombre maximal de jours pluvieux, du nombre de jours secs consécutifs, du nombre de jours de fortes précipitations et du nombre de jours de très fortes précipitations se dégage à Bafoussam de 1950 à 2015. La même figure a permis de constater que la courbe de tendance du nombre de jours très humides est en diminution au même rythme que le nombre de jours extrêmement humides. Par ailleurs, la tendance du cumul maximal des quantités de précipitations enregistrées pendant cinq jours consécutifs est en augmentation progressive, avec une période relativement stable entre 1965 et 2000.

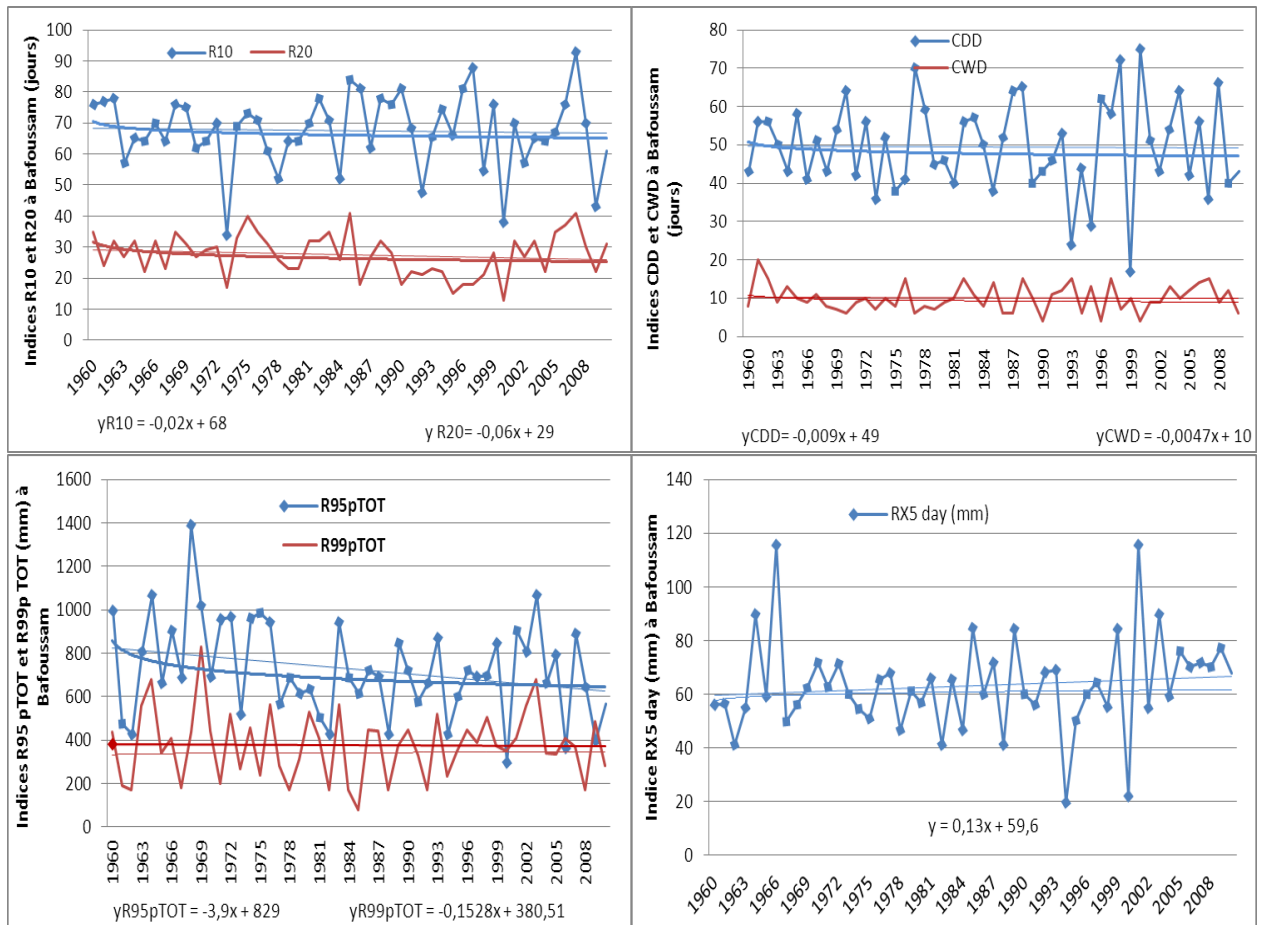


Figure 81: Indices des évènements pluviométriques extrêmes à Bafoussam

De 1960 à 2010, **Bafoussam** a été arrosé sur toute l'année. Ces fortes pluies, dont un maximum mensuel de 456,7 mm est enregistré aux mois de juillet 1985, 1993, 1995, 2005, étalés sur une période comprise entre 21,4 et 25 jours. Pour ce qui est des pluies journalières extrêmes, un pic de 115,6 mm est enregistré le 22 avril 1966 et représente 33,80% sur total mensuel.

À la lecture de la figure 82 ci-dessous, il ressort qu'à **Bamenda**, entre 1960 et 2010, le nombre de jours pluvieux consécutifs présente une tendance à la diminution, contrairement à l'indice du nombre de jours secs consécutifs dont la tendance est plutôt à l'augmentation. Par ailleurs, le nombre de jours de fortes précipitations et le nombre de jours de très fortes précipitations présentent chacun une tendance à la baisse. Toutefois, une période calme est observée entre 1970 et 1975. La tendance globale à la diminution caractérise aussi les indices du cumul maximal des précipitations supérieurs aux 95^e et 99^e percentiles. À l'opposé, l'indice du cumul maximal des précipitations tombées durant cinq jours consécutifs a progressivement augmenté sur la même période, avec des pics de forte augmentation en 1965 et en 2000.

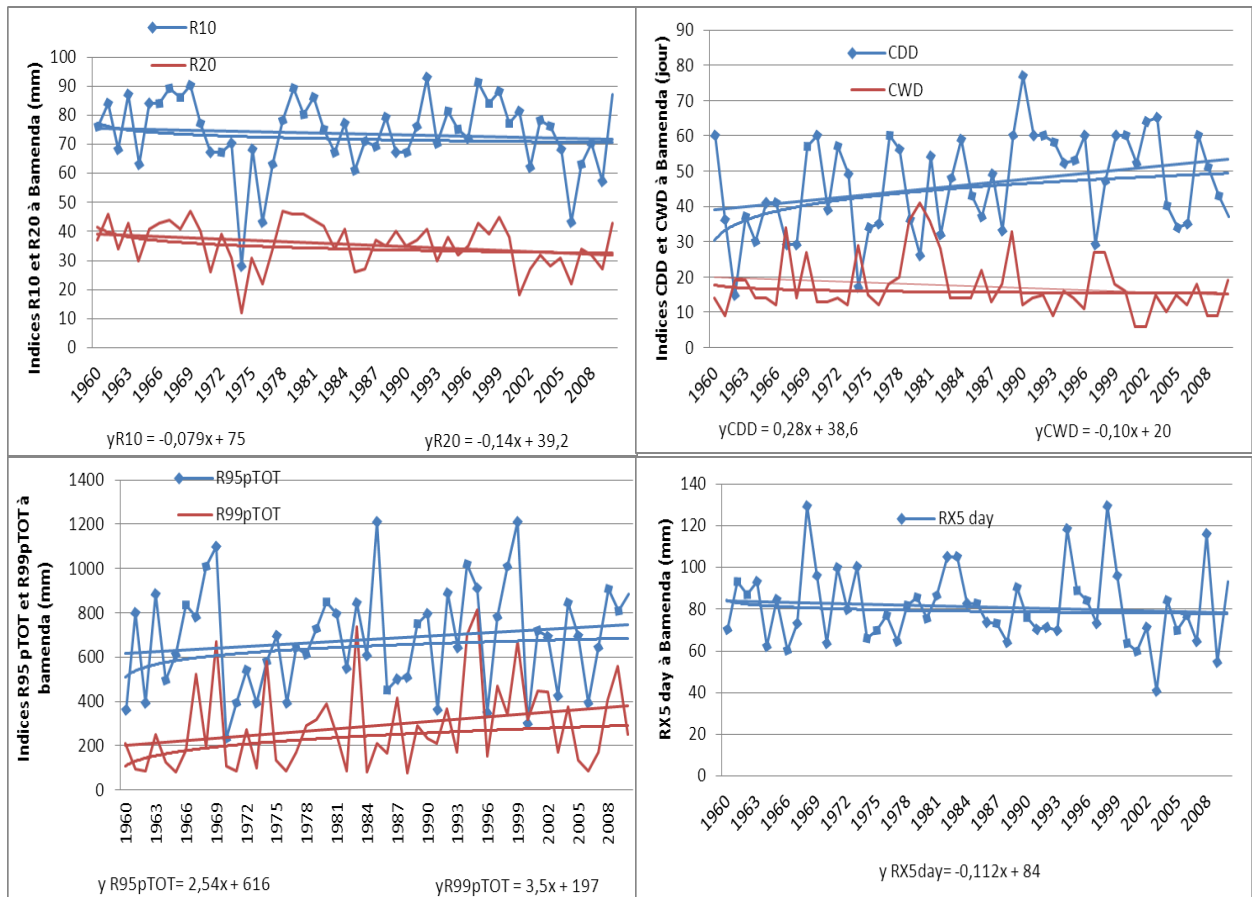


Figure 82: Indices des évènements pluviométriques extrêmes à Bamenda selon les critères du GIEC

Source des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

En plus des indices présentés, Bamenda connaît des épisodes pluvieux pendant les 12 mois de l'année de 1960 à 2015. Ces pluies sont caractérisées par des extrêmes pluviométriques aussi bien à l'échelle mensuelle qu'à l'échelle journalière. À l'échelle mensuelle, le pic de 725,8 mm est atteint aux mois de septembre 1954, 2002, 2006, étalés sur une période comprise entre 28 à 30 jours. Le maximum des extrêmes pluviométriques journaliers est de 118,3 mm, enregistrés le 29 août 1994, représentant 18,51% du volume total mensuel.

1.5. Dans les régions du Littoral et du Sud-Ouest

Globalement, une diminution des indices du nombre de jours de fortes et de très fortes précipitations est observée tandis qu'une tendance à la baisse du nombre maximal de jours pluvieux consécutifs et du cumul maximal des précipitations supérieures au 99^e percentile est signalée à Mamfe (figure 83). Le nombre maximal de jours secs consécutifs quant à lui a progressivement augmenté entre 1960 et 2010, de même que le cumul maximal des précipitations supérieures au 95^e percentile et le cumul maximal des précipitations tombées pendant cinq jours consécutifs. Pour ces deux derniers indices, on note toutefois, une période d'acalmie entre 1975 et 2000.

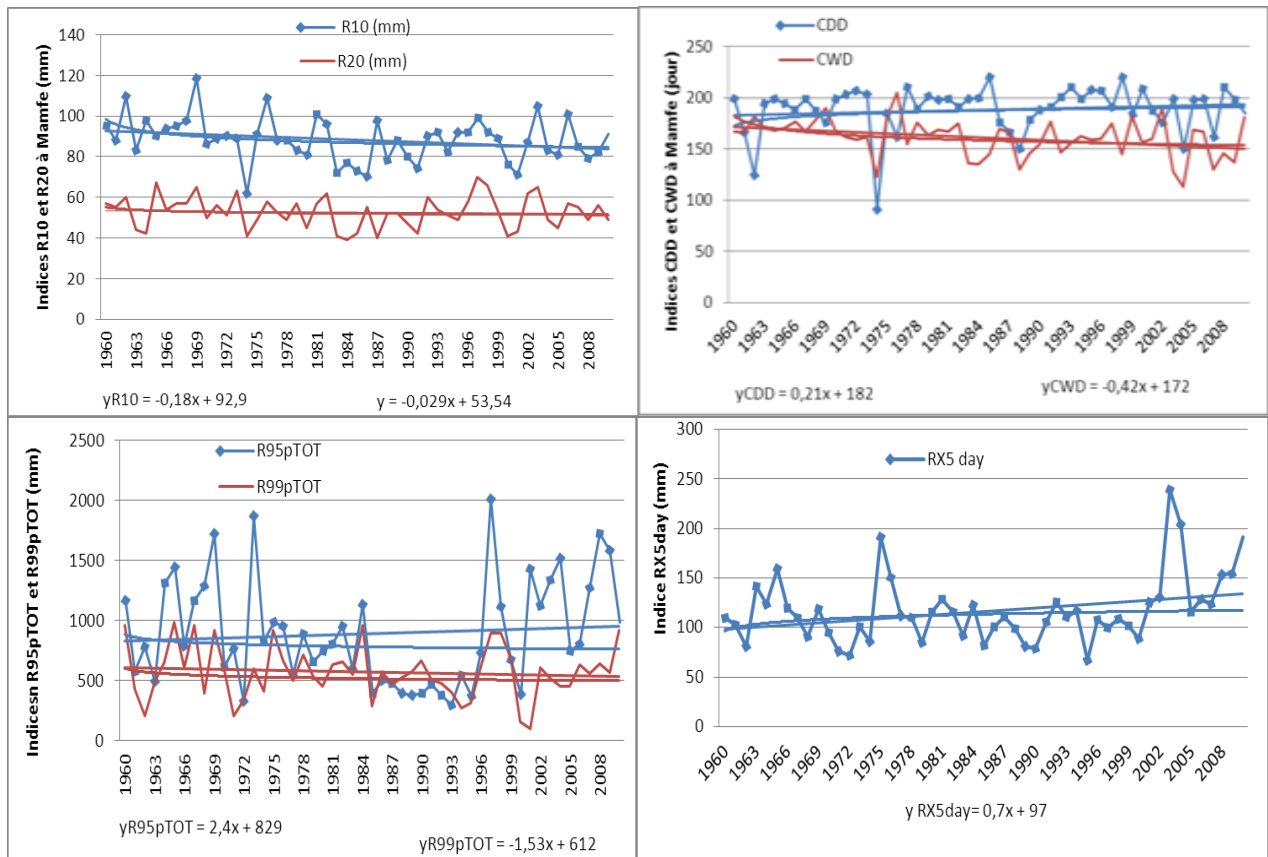


Figure 83: Indices des évènements pluviométriques extrêmes à Mamfe selon les critères du GIEC

Il n'existe pas de mois sans pluies à **Mamfe** de janvier à décembre entre 1960 et 2010. Ces pluies se sont accompagnées de plusieurs épisodes extrêmes, dont un maximum mensuel de 760,5 mm est atteint aux mois d'octobre 1960, 1964 et 1986. Ces pluies se sont étalées sur une période comprise entre 22 et 28 jours. Par ailleurs, un pic journalier de 190,5 mm est enregistré le 1^{er} octobre 1975, représentant 25,04% du volume mensuel total.

D'après la figure 84 ci-dessous entre 1960 et 2010, la tendance du nombre maximal de jours secs est à l'augmentation à **Douala**, contrairement à l'indice du nombre maximal de jours pluvieux dont la tendance globale est à la diminution. On observe également une diminution du nombre de jours de fortes précipitations, ainsi que du nombre de jours de très fortes précipitations. On observe enfin une tendance à la diminution du cumul maximal des précipitations supérieures aux 95^{ème} et 99^{ème} percentiles, et du cumul maximal des précipitations tombées durant cinq jours consécutifs.

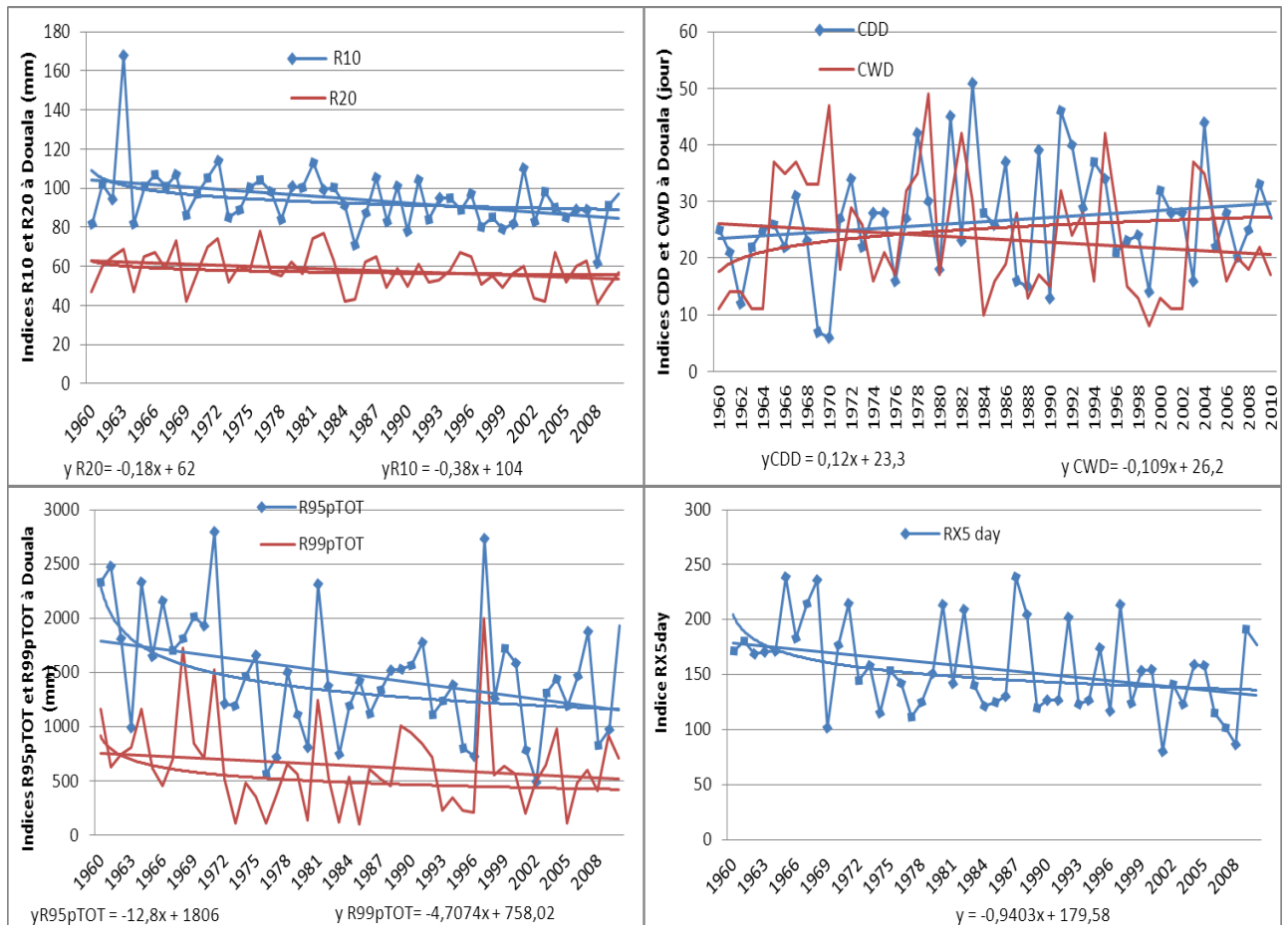


Figure 84: Indices des événements pluviométriques extrêmes à Douala selon les critères du GIEC
Source des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

Douala est arrosée sur les douze mois de l'année de 1960 à 2010. À côté des pluies moyennes enregistrées, des pluies extrêmes sont de plus en plus fréquentes, dont un pic mensuel de 1240 mm est atteint au mois d'août 1966, étalées sur 29 jours. Quant aux pluies journalières extrêmes, un pic de 214 mm tombées le 23 août 1966 est atteint, ce qui représente 17,25% du volume pluviométrique mensuel.

1.6. Synthèse des tendances des indices pluviométriques au Cameroun

Le tableau 55 est un récapitulatif de des indices pluviométriques au Cameroun selon les critères du GIEC. Ce tableau montre une forte variation des indices pluviométriques indépendamment des stations des 10 régions du pays.

Tableau 55: Synthèse des tendances des indices pluviométriques au Cameroun selon les critères du GIEC

Indices/ Stations	R10·mm	R20·mm	RX5day	CDD	CWD	R95p	R99p
Maroua	↘	↗	↘	↘	↘	↘	↘
Garoua	↘	↘	↘	↗	↘	↘	↘
Ngaoundéré	↘	↗	↗	↗	↘	↗	↘
Yaoundé	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘
Bertoua	↘	↘	↘	↘	↘	↗	↘
Ebolowa	↘	↘	↘	↗	↘	↘	↗
Bafoussam	↘	↘	↗	↘	↘	↘	↘
Bamenda	↘	↘	↘	↗	↘	↗	↗
Mamfe	↘	↘	↗	↗	↘	↗	↘
Douala	↘	↘	↘	↗	↘	↘	↘

↘ : Diminution ↗ : Augmentation

Source des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

2. CARACTÉRISATION DU NOMBRE DE JOURS SUCCESSIFS SANS PLUIES « TROUS PLUVIOMÉTRIQUES » AU CAMEROUN

L'Indice de Sévérité des Précipitations (SPI) de McKee (1993) permet d'apprécier la sévérité pluviométrique au Cameroun de 1950 à 2015. Cet indice repose sur les rapports de la fréquence et de la durée de la sécheresse à des échelles spatiales et temporelles précises. Selon Guttman (1998, 1999), le SPI comporte une échelle d'intensité pour calculer les valeurs positives et négatives en corrélation avec les épisodes humides ou secs. Selon lui dans le cas d'une sécheresse, l'intérêt se porte avant tout sur les extrémités de la distribution des précipitations, et particulièrement des épisodes extrêmement secs, qui sont rares, malgré la dynamique du climat observé dans les localités.

2.1. Analyse de la sévérité pluviométrique à Maroua, Garoua et Ngaoundéré

2.1.1. Caractéristiques du degré de sévérité pluviométrique

Les degrés de sévérité de la pluviométrie à **Maroua** sur la période de l'étude sont élaborés au tableau 56 ci-dessous. Ce tableau indique les différentes moyennes enregistrées pour les 03 classes identifiées. Le tableau montre que la classe comprise entre 7 et 14 jours successifs sans pluies est la plus stable, avec une sévérité en grande partie modérée, qui concentre 78% de cas de stabilités. Pour ce cas précis, les années correspondantes sont : 1950, 1951, 1952, 1953, 1954, 1956, 1958, 1959, 1960, 1961, 1963, 1966, 1967, 1968, 1969, 1970, 1972, 1973, 1974,

1979, 1980, 1981, 1982, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 2000, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2008, 2009, 2010, 2011 et 2012.

Tableau 56: Caractéristiques de la sévérité de la sécheresse à Maroua de 1950 à 2015 d'après l'indice de Nicholson

Classes de l'ISS	Degré de sécheresse	classe inférieure à 6 jrs (%)	Classe comprise entre 7 et 14 jrs (%)	classe supérieure à 14 jrs (%)
ISS >2	Humidité extrême	1,66	1,66	3,33
1 <ISS< 2	Humidité forte	23,33	5	6,66
0 <ISS< 1	Humidité modérée	23,33	60	55
-1 <ISS< 0	Sécheresse modérée	28,33	16,66	0
-2 <ISS< -1	Sécheresse forte	23,33	8,33	35
ISS< -2	Sécheresse extrême	0	8,33	0
Total		100	100	100

*Source des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER
Réalisation : Auteur, 2017*

La seconde classe concentre les jours successifs sans pluies supérieurs à 14 jours qui représente 55% de cas de sévérité modérée. Cette classe correspond aux années 1955, 1956, 1957, 1958, 1959, 1961, 1964, 1968, 1969, 1970, 1971, 1973, 1975, 1980, 1981, 1983, 1984, 1986, 1988, 1990, 1993, 1994, 1995, 1997, 1999, 2001, 2002, 2003, 2004, 2006, 2007, 2009 et 2010. La dernière classe enfin concerne le nombre de jours inférieur à 06 jours consécutifs, dont 51,6% de cas sont modérés. Les années concernées sont 1952, 1954, 1955, 1956, 1961, 1962, 1963, 1964, 1967, 1970, 1971, 1972, 1973, 1975, 1977, 1979, 1980, 1981, 1983, 1985, 1986, 1988, 1989, 1990, 1992, 1996, 1998, 2000, 2003, 2008 et 2010.

D'une manière générale, l'humidité est plus forte pour la classe inférieure à 06 jours successifs sans pluies, avec comme années de références 1965, 1966, 1968, 1969, 1976, 1978, 1982, 1991, 1993, 1994, 1997, 1999, 2001 et 2005, qui représentent 23,3% des cas. Au-delà de 06 jours successifs sans pluies, la classe supérieure à 14 jours enregistre une humidité forte pour les années 1979, 1985, 1991 et 1992, ce qui représente 6,6% des cas identifiés. La classe comprise entre 07 et 14 jours présente 03 années (1955, 1964 et 1978) de cas de forte humidité, et représente 5% des cas. De plus, les cas d'humidité extrême représentent 1,6% pour les deux classes inférieures à 06 jours et à celle comprise entre 7 et 14 jours. Ces cas correspondent à l'année 1984 pour la classe inférieure à 06 jours et à l'année 2000 pour la classe comprise entre 7 et 14 jours. La classe supérieure à 14 jours représente quant-à elle représente 3,3% des cas observés.

Pour ce qui est des années à forte sécheresse, la classe correspondante à un nombre de jours successifs sans pluies supérieur à 14 jours représente 35% de cas, ce qui correspond aux

années 1951, 1952, 1953, 1954, 1960, 1963, 1965, 1966, 1967, 1972, 1974, 1976, 1977, 1978, 1982, 1987, 1989, 1998, 2000, 2005, 2008 et 2011. Quant-à la classe inférieure à 06 jours successifs sans pluies, les années 1950, 1951, 1953, 1957, 1958, 1959, 1960, 1974, 1987, 1995, 2004, 2006, 2007, 2009, 2011, 2012 et 2013 sont identifiées, ce qui présente 23,33% des cas. Les années d'extrême sécheresse ne sont observables qu'avec la classe comprise entre 7 et 14 jours de pluies, ce qui représente 8,33% de cas.

Photo (a) : *Dispositif de régulation du niveau des eaux sur la digue du lac Maga en réfection, au mois d'avril 2017. Ce dispositif en construction par le Ministère des Travaux Public est mis en place pour réguler les eaux du Lac, après les inondations survenues en 2012, qui ont coûté de nombreuses victimes en vies humaines, en pertes matérielles et de nombreux déplacés. Ces inondations qui se sont répétées en 2019 ont également causées de nombreuses victimes et des pertes en vies humaines, des plantations emportées et de nombreux déplacés. Un plan de contingence a été mis sur pieds, et l'Etat du Cameroun a déboursé à peu près 200 000 000 de FCFA, pour aider les populations sinistrées.*

Photo (b) : *Niveau de l'eau du lac Maga au mois d'avril 2017, en pleine saison sèche. Les Mayos sont complètement asséchés pendant la saison sèche. Pendant cette période, les pluies sont inexistantes et les températures sont à leur optimum (des records de 45° sont parfois atteint), la Région de l'Extrême-Nord connaît de sérieux problème d'eau, avec de graves conséquences sur la sécurité alimentaire des populations.*

Photos (c) et (d) : *Mayos asséchés pendant la saison sèche à Maroua. Le lit du cours d'eau est complètement asséché, les populations peuvent normalement passer et exercer d'autres activités.*



Clichés : Auteur, maroua, avril 2017

Planches 1: Situation climatique pendant la saison sèche, Extrême-Nord Cameroun

La perturbation des régimes pluviométriques observés à **Garoua** s'accompagne d'une désorganisation dans la distribution et l'étalement des pluies. Cette perturbation est perceptible autant à l'échelle journalière, saisonnière, annuelle et même interannuelle. Le nombre de jours successifs sans pluies offre une disponibilité en eau pour bon nombre d'activités. Lahuec (1991) admet que 20 mm suffiraient pour qualifier ces pluies d'utiles. Tchadeu et al (1999) ajoutent que cette hauteur de pluies suffit pour faire démarrer une végétation herbacée ou assurer la levée de semis en zone agricole tropicale. Alors qu'en fin de saison, les pluies potentiellement utiles interviennent lorsque 2 jours consécutifs reçoivent un total pluviométrique de moins d'un mm et suivis d'une période d'au moins 6 jours sans pluies, ou quand leur total est inférieur à 10 mm.

Ces observations permettent d'élaborer des calendriers climatiques utiles aux secteurs socio-économiques. Le calendrier agricole par exemple s'harmonise éventuellement avec la dynamique du climat. Le tableau 57 présente la fréquence pour les différentes durées de « jours successifs sans pluies », répartis par degré d'importance à Garoua. Dans le domaine agricole, les trous pluviométriques de 1 à 6 jours successifs ont un risque mineur pour le développement de la plante, et représentent 50% des effectifs pour le mois d'avril, alors que les trous de 6 à 14 jours, observés sur 15 ans, représentent 32% des effectifs. Au compte du mois d'avril, les trous de 1 à 6 jours représentent 67%. Les trous de 7 à 14 jours présentent une probabilité de nocivité un peu plus importante si l'occurrence est à l'échelle mensuelle. C'est le cas observé aux mois d'Avril 1962, 1963 et 1976 ou l'occurrence a été hebdomadaire. On observe des cas similaires aux mois de mai 1962 et 2002.

Tableau 57: Sévérité de la sécheresse à Garoua de 1950 à 2015 d'après l'indice de Nicholson

Degré de sècheresse	Degré de la sècheresse	classe inférieure à 6 jrs (%)	Classe comprise entre 7 et 14 jrs (%)	classe supérieure à 14 jrs (%)
ISS >2	Humidité extrême	1,55	3,27	0
1 <ISS< 2	Humidité forte	14,75	14,75	13,33
0 <ISS <1	Humidité modérée	29,5	14,75	38,33
-1 < ISS <0	Sècheresse modérée	36,06	58,33	46,66
-2 <ISS< -1	Sècheresse forte	13,11	8,19	0
ISS< -2	Sècheresse extrême	3,27	0	1,55
Total		100	100	100

*Source des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER
Réalisation : Auteur, 2017*

Pour les trois classes présentées, la classe supérieure à 14 jours présente une sévérité pluviométrique à 65% des cas comprise entre la sècheresse modérée et la très forte humidité. Les années correspondantes à cette classe sont 1957, 1962, 1968,1971, 1973, 1975, 1978, 1980, 1982, 1983, 1985, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1994, 1995, 2000, 2002, 2003, 2007, 2009,

1950,1951, 1952, 1954, 1955, 1956, 1960,1961, 1963, 1964, 1965, 1966, 1969,1970, 1972,1976, 1977,1981, 1984, 1986 1996, 1997, 1998,1999, 2004, 2005, 2006, 2008, 2010. Cette classe est suivie par celle inférieure à 6 jours, qui comprend 76% des cas de sévérité allant de sècheresse modérée à très forte humidité. Les années correspondantes sont 1957, 1963, 1964, 1965, 1970, 1973, 1974, 1976, 1981, 1985, 1989, 1992, 1993, 1997, 1998, 2000, 2001, 2007, 1952, 1953, 1956, 1959, 1961, 1968, 1977, 1978, 1979, 1980, 1982, 1983, 1984,1986, 1987, 1991, 1994, 1999, 2005, 2008, 2009, 2010. Enfin la classe comprise entre 7 et 14 jours représente 83% des cas de sévérité allant de la sècheresse modérée à l'humidité très forte, dont les années identifiées sont 1951,1952, 1960, 1964, 1965, 1975, 1986, 1999, 2010, 1950,1953, 1954, 1955, 1961, 1966, 1968, 1971,1972, 1973, 1974, 1977, 1978, 1979, 1980, 1981, 1983, 1984, 1985, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1998, 2000, 2002, 2003, 2004, 2005, 2008, 2009.

En ce qui concerne **Ngaoundéré**, le tableau 58 révèle que la classe supérieure à 14 jours enregistre une sévérité globalement significative, dont 82% des cas appartiennent à la classe comprise entre sècheresse modérée et sècheresse extrême. Ensuite vient la classe comprise entre 7 jours et 14 jours consécutifs sans pluies, dont 73% des cas sont comprise entre la classe de sècheresse modérée à sècheresse extrême, et enfin la classe inférieure à 6 jours, dont 49% des cas sont compris entre les mêmes classes de sècheresse.

Tableau 58: Sévérité de la sécheresse à Ngaoundéré de 1950 à 2015 d'après l'indice de Nicholson

Degré de sècheresse	Degré de la sècheresse	classe inférieure à 6 jrs (%)	Classe comprise entre 7 et 14 jrs (%)	classe supérieure à 14 jrs (%)
ISS >2	Humidité extrême	1,66	6,66	3,33
1 <ISS< 2	Humidité forte	3,33	20	16,66
0 <ISS <1	Humidité modérée	45	0	0
-1< ISS <0	Sècheresse modérée	38,33	63,33	73,33
-2 <ISS< -1	Sècheresse forte	11	10	8,33
ISS< -2	Sècheresse extrême		0	0
Total		100	100	100

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

Photo (a) : *Assèchement du cours d'eau à Danfili, en pleine saison sèche vers le Mayo Banyo au mois de février 2019, la saison sèche est de plus en plus rude dans l'Adamaoua, les populations estiment que les températures sont de plus en plus élevées, que le climat s'apparente de plus en plus à celui de la zone Soudano-sahélienne (Maroua, Garoua) ;*

Photo (b) : *Paturage asséché à cause d'une absence totale des pluies dans l'Adamaoua et des températures de plus en plus élevées, du fait des changements climatiques selon les populations;*

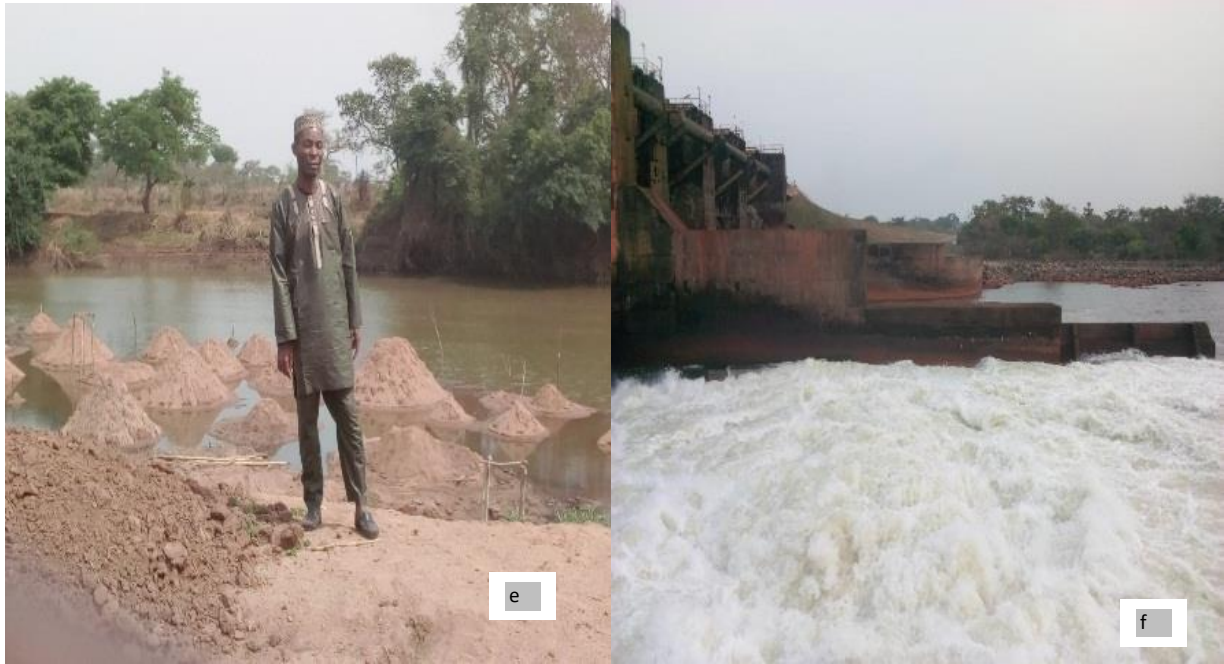
Photos (c) et (d) : *Feux de brousse provoqués volontairement par les populations, pour régénérer les paturâges, dans les localités de Likok (photo c) et de Lougga (photo d), dans le*

Mayo Banyo au mois de février 2019. Cette activité provoque de nombreux dégâts matériels (pertes des récoltes, modification de la biodiversité, etc.).

Photo (e) : Nouvelles activités développées dans le lac Panyéré à Tibati. Ce lac subit intensément les effets du changement climatique. C'est l'une des réserves d'eau du fleuve Djerem, principal fournisseur d'eau de la Sanaga en amont, dans sa partie Septentrionale. Ce lac avec son important potentiel de réserve en eaux approvisionne la Sanaga lors des étiages. La forte sécheresse et les changements climatiques ont favorisés l'installation de la Lichen qui envahi progressivement le lac. La conséquence est la diminution de la réserve d'eau, si rien n'est fait pour draguer permanentement ce lac, les problèmes d'approvisionnement en eau du bassin de la Sanaga se poseront avec acuité les années à venir.

Photo (f) : Lac de retenue Mbakaou. Du fait de la diminution de la ressource en eau, liée aux sécheresses, seules 03 vannes sur les six existantes sont fonctionnelles pour approvisionner le cours d'eau du Ndjerem.



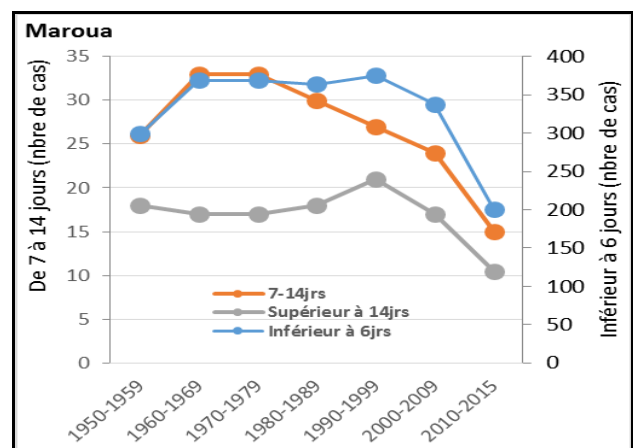
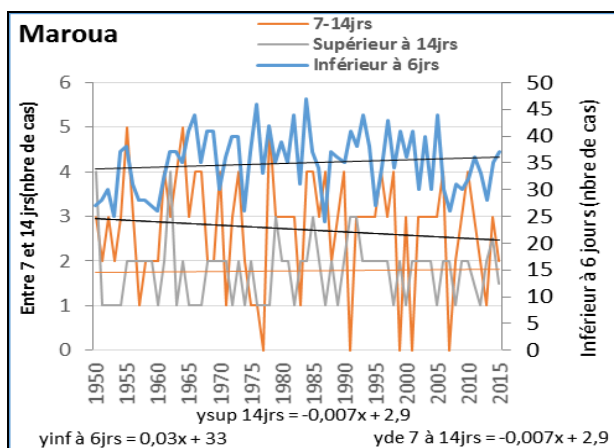


Sources : Auteur, février 2019

Planches 2: Effets de la sécheresse dans la Région de l'Adamaoua

2.2. Dynamique de l'évolution du nombre de jours successifs sans pluies à Maroua, Garoua et Ngaoundéré de 1950 à 2015

La figure 85 ci-dessous présente l'évolution annuelle du nombre de jours successifs pour les différentes classes identifiées, ainsi que leurs tendances historiques annuelles et décennales sur la période de l'étude. Il est à noter que pour certaines stations, compte tenu de la non stationnarité des données disponibles, pour des raisons de correction, le logiciel R-climdex n'a pris en compte que la période comprise entre 2010 et 2015.



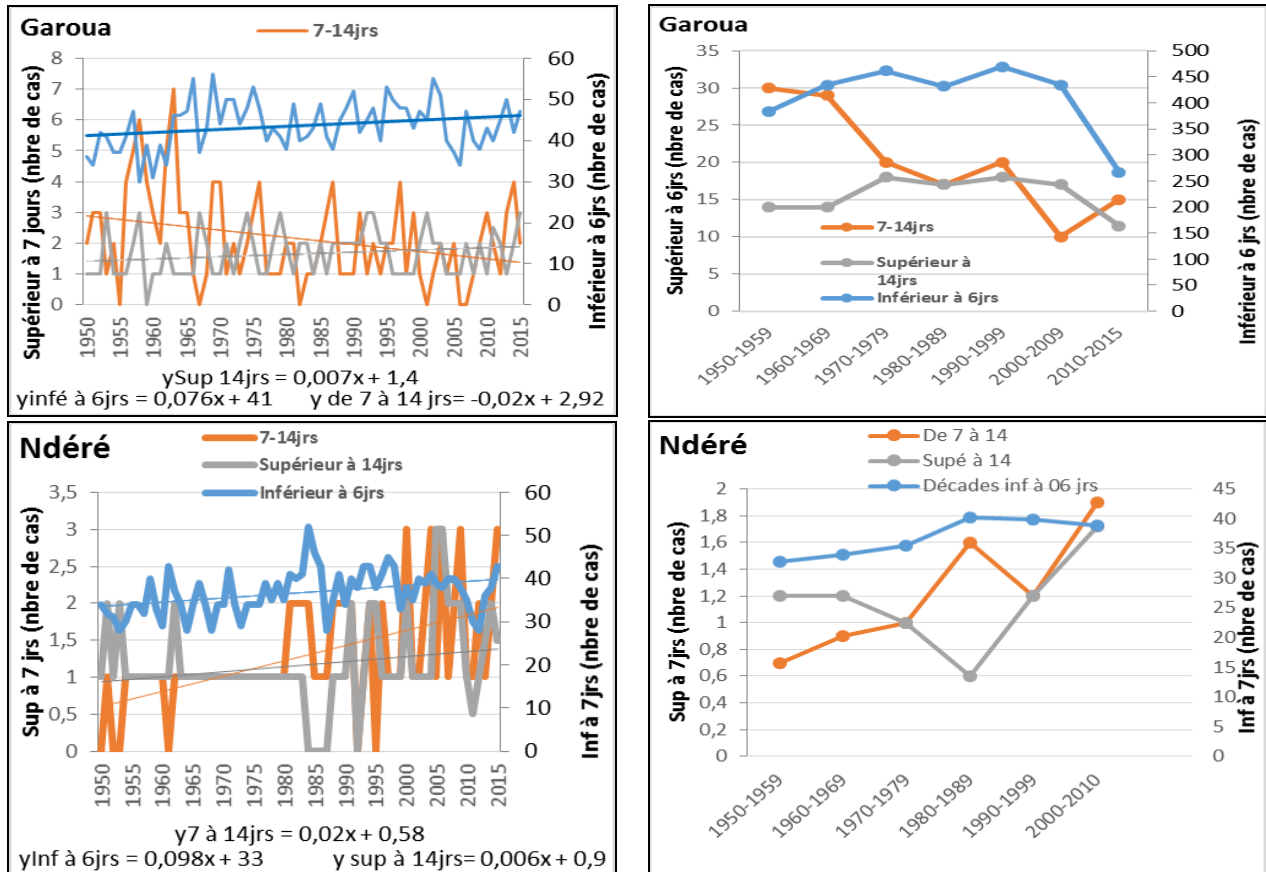


Figure 85: Évolution par décennies (b) du nombre de jours successifs sans pluies à Maroua, Garoua et Ngaoundéré de 1950 à 2015

Source des données: DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

D'une manière générale, une tendance à l'augmentation du nombre de jours successifs sans pluies pour la classe inférieure à 6 jours est signalée à **Maroua**, tandis que les 2 classes supérieures à 7 jours sont en diminution. Toutefois, cette augmentation est entrecoupée de quelques ruptures à durées variables. La classe inférieure à 6 jours consécutifs sans pluies présente deux séquences de diminution, notamment celle de la décennie 2000-2009 et celle de 2010-2015. La classe des jours successifs sans pluies comprise entre 7 et 14 jours quant à elle présente des tendances de diminution pour les décennies 1980-1989, 1990-1999, 2000-2009 et la période 2010 à 2015. La classe supérieure à 14 jours présente à son tour une tendance marquée par une alternance d'une phase d'augmentation qui a duré le temps de 04 décennies (1950-1959, 1970-1979, 1980-1989, 1990-1999), qui alternent avec 02 périodes de forte diminution (2000-2009 et de 2010 à 2015).

Garoua enregistre une augmentation du nombre de jours successifs sans pluies pour la classe inférieure à 6 jours au même titre que la classe supérieure à 14 jours, tandis que la classe comprise entre 7 et 14 jours est en régression. La diminution de la classe comprise entre 7 et 14

jours est surtout le fait des 03 décennies (1980-1989, 1990-1999, 2000-2009) et de la période 2010-2015 qui enregistrent une baisse significative du nombre de jours successifs sans pluies.

Pour ce qui est de **Ngaoundéré**, une augmentation des trois classes successives sans pluies est signalée. En observant les tendances des droites de régressions, la classe comprise entre 7 et 14 jours successifs sans pluies présente une progression beaucoup plus significative, qui se révèle surtout sur les 02 dernières décennies pour la classe supérieure à 14 jours.

2.3. Dynamique de l'évolution du nombre de jours successifs sans pluies à Yaoundé, Bertoua et Ebolowa

2.3.1. Caractéristiques de la sévérité pluviométrique

Pour les classes identifiées à **Yaoundé**, la classe comprise entre 7 et 14 jours présente un degré de sécheresse de 47,8% des cas compris entre la modérée et la forte sécheresse (tableau 59). La classe supérieure à 14 jours est à 43% des cas comprise entre la sécheresse modérée et la classe de sécheresse extrême. La classe inférieure à 06 jours est à 52% des cas de sévérité, allant de modéré à sécheresse extrême.

Tableau 59: Appréciation du degré de sévérité de la sécheresse à Yaoundé

Classes de l'ISS	Degré de la sécheresse	classe inférieure à 6 jrs (%)	Classe comprise entre 7 et 14 jrs (%)	classe supérieure à 14 jrs (%)
ISS >2	Humidité extrême	1,63	3,27	1,63
1 <ISS< 2	Humidité forte	18,03	13,11	22,95
0 <ISS< 1	Humidité modérée	27,8	36,06	32,78
-1 <ISS< 0	Sécheresse modérée	37,7	36,06	36,06
-2 <ISS< -1	Sécheresse forte	11,47	11,47	6,55
ISS< -2	Sécheresse extrême	3,27	0	0
Total		100	100	100

Source des données: DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

D'une manière générale, les 52% des cas concernant la classe inférieure à 6 jours présage de meilleures conditions pluviométriques, modestes pour certaines activités, notamment l'agriculture, la ressource en eau, etc., dans un contexte de forte variabilité climatique. Les résultats des fiches scientifiques de recherche de l'IRD présageaient en 1998 que l'impact majeur du réchauffement climatique affecterait les régimes des principaux cours d'eau et bassins en Afrique Centrale et de l'Ouest, ainsi que leurs systèmes productifs respectifs.

En ce qui concerne les 02 autres classes supérieures à 7 jours, le tableau 46 relève leur importance significative (bien qu'en deçà de 50% chacun) sur les séries chronologiques observées. Les trous pluviométriques supérieurs à 14 jours semblent être plus dangereux pour certaines activités. Dans le domaine agricole, ils expriment des périodes au-delà desquelles l'activité devient très difficile, l'intensité du déficit pluviométrique est accélérée dans la zone

forestière où la question de la ressource en eau devient préoccupante, tout en restant au centre des activités économiques. D'autres auteurs tels qu'Amougou et al (2013) évoquent la forte évapotranspiration qui caractérise la Région du Centre, à laquelle appartient la ville de Yaoundé pour justifier l'inadéquation entre la baisse de la précipitation, l'augmentation de la température et la disponibilité de la ressource en eau.

Pour ce qui est de (tableau 60), la classe inférieure à 6 reste la plus importante, avec 54% des cas observés, puis vient la classe comprise entre 7 et 14 jours qui représente 52% des cas, et enfin la classe supérieure à 14 jours qui représente 39% des cas observés. La prédominance de la classe inférieure à 6 jours montre que malgré la variabilité du climat observée de 1950 à 2015, la distribution temporelle des précipitations reste favorable à un meilleur développement de l'agriculture, bien que la classe comprise entre 7 et 14 jours tend à s'imposer. Les 52% représentant cette classe sont un indicateur d'une sécheresse pluviométrique de plus en plus visible, qui aurait un impact significatif sur la disponibilité de la ressource en eau et les activités à forte dépendance de la pluviométrie.

Tableau 60: Appréciation du degré de sévérité de la sécheresse à Bertoua

Classes de l'ISS	Degré de la sécheresse	classe inférieure à 6 jrs (%)	Classe comprise entre 7 et 14 jrs (%)	classe supérieure à 14 jrs (%)
ISS >2	Humidité extrême	1,63	1,63	4,91
1 <ISS< 2	Humidité forte	13,11	14	18,03
0 <ISS <1	Humidité modérée	29,5	29,5	37,7
-1< ISS <0	Sècheresse modérée	32,78	39,34	32,78
-2 <ISS< -1	Sècheresse forte	21,31	13,11	6,55
ISS< -2	Sècheresse extrême	0	0	0
Total		100	100	100

*Source des données: DMN, ASECNA, PULCI, MINADER
Réalisation : Auteur, 2017*

Le tableau 61 indique en ce qui concerne **Ebolowa** que la classe comprise entre 7 et 14 jours successifs sans pluies est la plus dominante. Elle enregistre 54% des cas des pluies allant de modérées à sécheresse extrême. Elle est suivie de la classe inférieure à 6 jours qui enregistre 46% des pluies comprises de modérées à sécheresse extrême, puis enfin la classe supérieure à 14 jours qui présente 30% des cas de sécheresse compris entre la sécheresse modérée et l'extrême sécheresse.

Tableau 61: Appréciation du degré de sévérité de la sécheresse à Ebolowa

Classes de l'ISS	classe inférieure à 6 jrs (%)	Classe comprise entre 7 et 14 jrs (%)	classe supérieurs à 14 jrs (%)	classe inférieure à 6 jrs (%)
ISS >2	Humidité extrême	1,63	1,63	0
1 <ISS< 2	Humidité forte	9,83	21,31	22,95
0 <ISS <1	Humidité modérée	42,62	22,95	47,54
-1 < ISS <0	Sècheresse modérée	36,06	36,06	29,5
-2 <ISS< -1	Sècheresse forte	9,83	9,83	0
ISS < -2	Sècheresse extrême	0	8,33	0
Total		100	100	100

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

Globalement, la pluviométrie d'Ebolowa bascule facilement vers des conditions pluviométriques où l'on retrouve régulièrement au cours de l'année plusieurs périodes d'arrêt pluviométriques à durée variables, avec un impact significatif sur le déroulement de certaines activités telles que l'agriculture.

2.3.2. Dynamique de l'évolution des jours successifs sans pluies à Yaoundé, Bertoua et Ebolowa

La figure 86 met en exergue l'évolution du nombre de jours successifs sans pluies pour les trois classes étudiées aux échelles annuelle et décennale à Yaoundé, Bertoua et Ebolowa. Il ressort des observations que la classe inférieure à 6 jours et la classe supérieure à 14 jours sont en augmentation à **Yaoundé**, tandis que la classe comprise entre 7 et 14 jours est en régression. Ces résultats sont confirmés par les courbes de tendances obtenues. Les observations révèlent aussi que la diminution observée sur la classe comprise entre 7 et 14 jours est le résultat de la baisse des quantités de précipitations enregistrée au cours des décennies 1980-1989 et 1990-1999, tandis que l'augmentation observée à la classe supérieure à 14 jours est le résultat observé sur les 02 dernières classes (1990-1999 et 2000-2009).

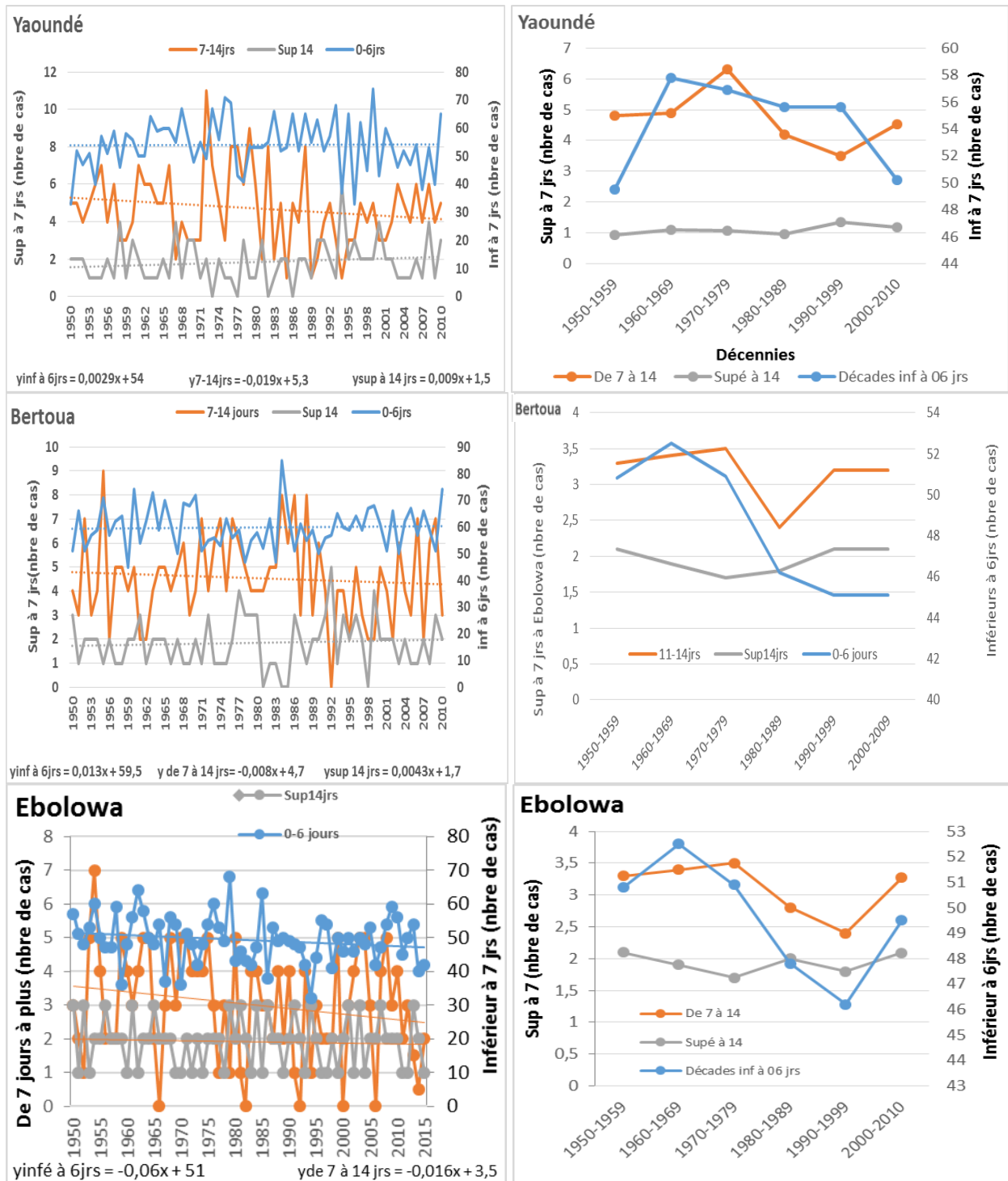


Figure 86: Évolution du nombre de jours successifs sans pluies à Yaoundé, Bertoua et Ebolowa

Source des données: DMN, ASECNA, PULCI, MINADER
Réalisation : Auteur, 2017

Les résultats de **Bertoua** sont presque similaires à ceux obtenus à Yaoundé, où la classe comprise entre 7 et 14 jours diminue, tandis que les deux autres classes (inférieur à 6 jours et la classe supérieure à 14 jours) augmentent. La courbe d'évolution à l'échelle décennale indique que la baisse observée pour la classe comprise entre 7 et 14 jours est le résultat de la chute de la

pluviométrie aux décennies 1960-1969 et 1990-1999. Par ailleurs, l'augmentation observée sur la classe supérieure à 14 jours est le résultat d'un sursaut observé sur les décennies (1990-1999 et de 2000 à 2010), tandis que l'augmentation observée sur la classe inférieure à 6 jours est le résultat de l'augmentation observé de 1960 à 1969.

Pour **Ebolowa**, une diminution des tendances pour la classe inférieure à 6 jours, ainsi que la classe comprise entre 7 et 14 jours est observée. À l'opposé, la classe supérieure à 14 jours est en nette augmentation. Les résultats révèlent que les décennies 1970-1979 et 1980-1989 et 1980-1989 sont en diminution, et ont occasionné la baisse observée à la classe inférieure à 6 jours ainsi que la classe comprise entre 7 et 14 jours.

2.3.2. Exemple d'application du paramètre « nombre de jours successifs sans pluies » dans le domaine agricole pour les Régions du Centre, de l'Est et du Sud

2.3.2.1. Proposition d'un calendrier climatique pour les Régions du Centre, de l'Est et du Sud Cameroun

La situation climatique des Régions du Centre, de l'Est et du Sud est particulière du fait de l'existence de deux saisons des pluies et de deux saisons sèches à durées variables. Le tableau 62 indique que les pluies démarrent de plus en plus tôt (entre la fin du mois de janvier et la mi-février) pour s'arrêter tôt, pour reprendre après une à deux semaines consécutives sans pluies. Ces fausses alertes des démarrages effectifs des saisons des pluies représentent entre 24 et 30% des cas de 1950 à 2015, tandis que la mise en place effective de la saison des pluies survient des semaines plus tard, vers la mi-mars pour la plupart des localités situées dans la Région du Centre, notamment Yaoundé, Mbandjock, Eséka, Akonolinga, etc.

Le constat est pratiquement le même pour la Région du Sud, dont la mise en place effective de la petite saison des pluies se situe entre la fin du mois de février et le début du mois de mars pour les localités d'Ebolowa, Kribi, Sangmélina, Lolodorf. Pour ce qui est de la Région de l'Est, la mise en place effective de la petite saison des pluies se situe entre la fin du mois de février et le début du mois de mars pour les localités d'Abong-Mbang, de Batouri, de Yokadouma et de Bertoua.

Tableau 62: Proposition d'un calendrier climatique, applicable dans le secteur agricole pour les Régions du Centre, de l'Est et du Sud Cameroun sur la période comprise entre 1950 et 2015.

CALENDRIER CLIMATIQUE : ZONE FORESTIERE A PLUVIOMETRIE BIMODALE

Comportement climatique			Début												Fin									
			Précoce						Tardif						Précoce			Tardive						
			janvier			février			mars			avril			mai			juin			juillet			août
ZAE	Régions	Localités	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	
Zone forestière à pluviométrie bimodale	Centre	Yaoundé			26%	≈15jrs	74%				3mois -3mois et demi			36%	≈12jrs	64%								
		Akonolinga			24%	≈13jrs	76%				3mois -3mois et demi			32%	≈12jrs	68%								
		Eséka			28%	≈10jrs	72%				3mois -3mois et demi			30%	≈12jrs	70%								
		Mbandjok			25%	≈10jrs	75%				3mois -3mois et demi			35%	≈15jrs	65%								
	Sud	Ebolowa			24%	≈10jrs	77%				3mois -3mois et demi			20%	≈13jrs	80%								
		Sangmélina			28%	≈12jrs	72%				3mois -3mois et demi			26%	≈20jrs	74%								
		Kribi			25%	≈7jrs	75%				3mois -3mois et demi			27%	≈20jrs	73%								
		Lolodorf			27%	≈7jrs	73%				3mois -3mois et demi			25%	≈15jrs	75%								
	Est	Abong-Mbang			30%	≈14jrs	70%				3mois -3mois et demi			25%	≈12jrs	75%								
		Bertoua			28%	≈8jrs	72%				3mois -3mois et demi			21%	≈12jrs	79%								
		Batouri			25%	≈8jrs	75%				3mois -3mois et demi			23%	≈14jrs	77%								
		Yokadouma			30%	≈12jrs	70%				3mois -3mois et demi			20%	≈14jrs	80%								

D = Décade  Précocé  Tardif  Longueur de la saison des pluies  Rupture

Source : ONACC, 2020

2.3.3. Proposition d'un calendrier agricole sur la base de la dynamique du climat pour les Régions du Centre, de l'Est et du Sud

Du tableau 63 il ressort qu'au vue de la dynamique climatique observée au tableau 13.4, les principales activités à mener au cours de la campagne agricole sont les suivantes :

- Le **défrichage** qui est la première activité à mener au cours de l'année dans la zone forestière à pluviométrie bimodale, il est matérialisé par la couleur jaune ;
- Le **brûlis** qui intervient juste après le défrichage, il est matérialisé par la couleur noire ;
- Le **semi** qui intervient juste après le brûlis, matérialisé par la couleur rouge ;
- Le **Sarclage** intervient juste après le semi, matérialisé par la couleur verte ;
- La **récolte** intervient juste après le sarclage, est matérialisée par la couleur maronne.

Tableau 63: Calendrier agricole pour la campagne 2021 pour la zone forestière à pluviométrie bimodale (régions du Centre, de l'Est et du Sud)

Cultures	Itinéraire technique	Janvier			Février			Mars			Avril			Mai			Juin			Juillet			Août			Septembre			Octobre			Novembre			Décembre		
		01	02	03	01	02	03	01	02	03	01	02	03	01	02	03	01	02	03	01	02	03	01	02	03	01	02	03	01	02	03	01	02	03			
Arachide (1er C)	Préparation du terrain	■																																			
	Semis										■																										
	Entretien										■																										
	Récolte																			■																	
Arachide (2er C)	Préparation du terrain																			■																	
	Semis																			■																	
	Entretien																			■																	
	Récolte																			■																	
Haricot (1er C)	Préparation du terrain	■																																			
	Semis										■																										
	Entretien										■																										
	Récolte																			■																	
Haricot (2ème C)	Préparation du terrain																			■																	
	Semis																			■																	
	Entretien																			■																	
	Récolte																			■																	
Pistache	Préparation du terrain	■																																			
	Semis										■																										
	Entretien										■																										
	Récolte																			■																	
Soja (1ère C)	Préparation du terrain	■																																			
	Semis										■																										
	Entretien										■																										
	Récolte																			■																	
Soja (2ème C)	Préparation du terrain																			■																	
	Semis																			■																	

extrême. Ces résultats indiquent clairement une progression de la sécheresse à Bafoussam caractérisée par une perturbation de la distribution des quantités de pluies. La présence de plus en plus significative des jours successifs sans pluies supérieurs à 7 jours indique l'existence d'une pluviométrie de plus en plus sévère à Bafoussam, et dont les manifestations sont de plus en plus visibles sur les activités socio-économiques.

Tableau 64:Appréciation du degré de sévérité de la sécheresse à Bafoussam

Classes de l'ISS	Degré de la sécheresse	classe inférieure à 6 jrs (%)	Classe comprise entre 7 et 14 jrs (%)	classe supérieure à 14 jrs (%)
ISS >2	Humidité extrême	3,27	0	0
1 <ISS< 2	Humidité forte	13,11	13,11	18,03
0 <ISS <1	Humidité modérée	32,78	37,33	39,54
-1< ISS <0	Sècheresse modérée	37,7	47,54	37,7
-2 <ISS< -1	Sècheresse forte	11,47	0	0
ISS< -2	Sècheresse extrême	1,65	0	1,65
Total		100	100	100

Source des données: DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

Pour ce qui est de **Bamenda**, le tableau 65 indique qu'à 50,82% des cas, la classe des jours successifs sans pluies inférieure à 06 jours présente un degré de sécheresse allant de la modérée à l'extrême sécheresse, alors que la classe comprise entre 7 et 14 jours enregistre 47,54% des cas de sécheresse comprise entre la modérée et l'extrême. De plus, la classe supérieure à 14 jours enregistre 39,35% de cas de sécheresses comprises entre la modérée et l'extrême. Ces statistiques démontrent que des poches de sécheresse sont de plus en plus visibles à travers la succession des jours sans pluies supérieurs à 7 jours dans la Région du Nord-Ouest. Cette situation confirme le fait qu'aucune Région n'est épargnée par le réchauffement climatique actuel.

Tableau 65:Appréciation du degré de sévérité de la sécheresse à Bamenda

Classes de l'ISS	Degré de la sécheresse	classe inférieure à 6 jrs (%)	Classe comprise entre 7 et 14 jrs (%)	classe supérieure à 14 jrs (%)
ISS >2	Humidité extrême	1,66	18,33	10
1 <ISS< 2	Humidité forte	16,6	23,33	0
0 <ISS <1	Humidité modérée	18,33	0	33,33
-1< ISS <0	Sècheresse modérée	60	1,66	55
-2 <ISS< -1	Sècheresse forte	1,66	45	0
ISS< -2	Sècheresse extrême	1,66	11,66	1,66
Total		100	100	100

Source des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

2.4.2. Dynamique de l'évolution du nombre de jours successifs sans pluies à Bafoussam et à Bamenda

La figure 87 met en exergue l'évolution des jours successifs sans pluies à **Bafoussam** et de **Bamenda** de 1950 à 2010. Ladite figure présente également l'évolution décennale des jours successifs sans pluies pour les mêmes stations. Il ressort de ces figures que les trois classes (nombre de jours successifs sans pluies inférieures à 06 jours, compris entre 7 et 14 jours et supérieures à 14 jours) sont en régression sur la période de l'étude. Par ailleurs, la baisse observée est un peu plus importante pour la classe inférieure à 6 jours par rapport aux deux autres classes.

La même figure indique qu'une augmentation des jours successifs sans pluies pour la classe inférieure à 6 jours est signalée, tandis que la classe comprise entre 7 et 14 jours et la classe supérieure à 14 jours sont en régression à Bamenda. Les 04 dernières décennies (1970-1979, 1980-1989, 1990-1999 et 2000-2010) connaissent une baisse significative du nombre de jours successifs sans pluies, compris entre 7 et 14 jours.

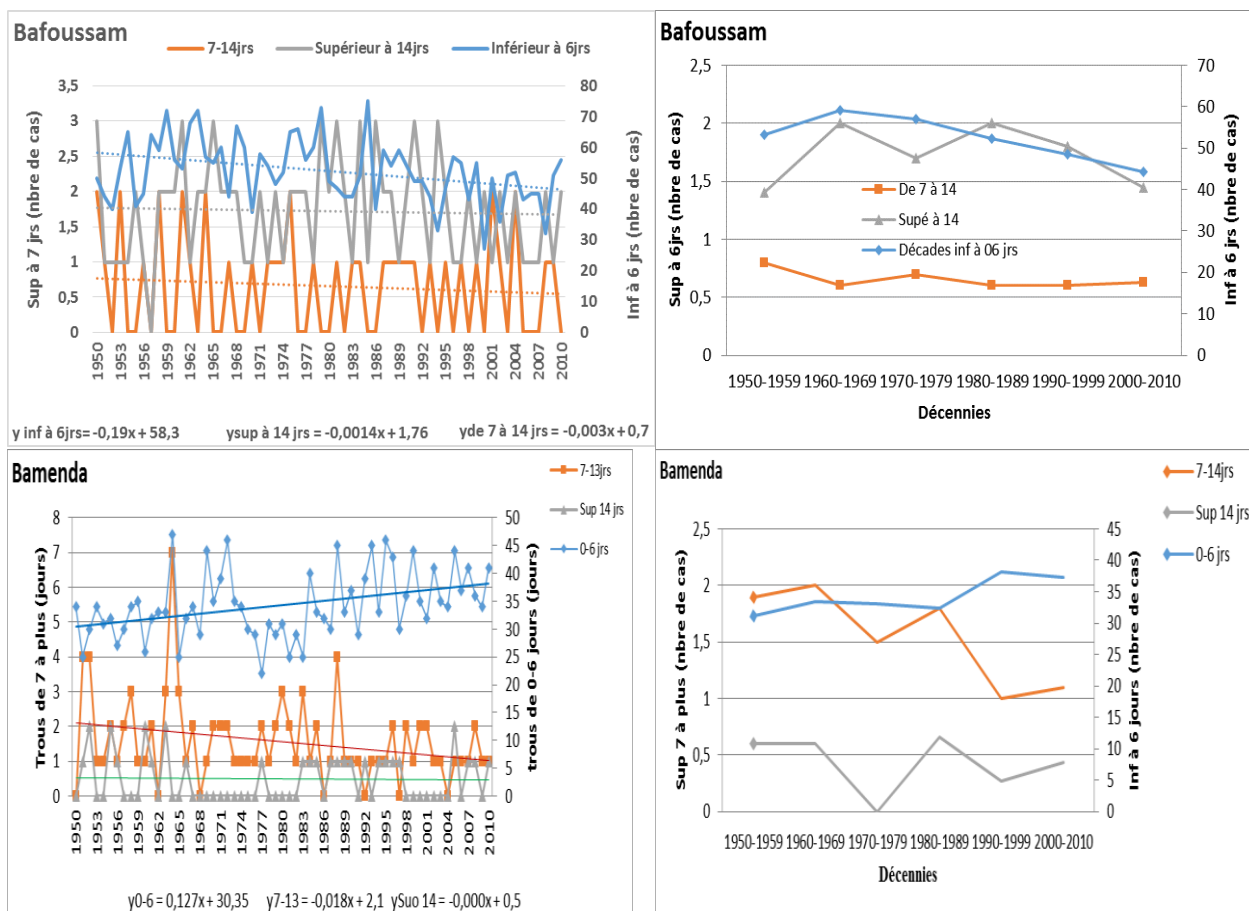


Figure 87: Évolution du nombre de jours successifs sans pluies à Bafoussam et à Bamenda

2.5. Analyse de la sévérité pluviométrique à Mamfe et à Douala

2.5.1. Caractéristiques du degré de sévérité pluviométrique

Le tableau 66 présente le nombre d'apparition annuelle des jours successifs sans pluies enregistrés à **Mamfe**. En tenant compte du fait que la classe inférieure à 06 jours est moins intéressante pour de nombreuses activités, ledit tableau relève que cette classe présente 53,33% des cas de sécheresse compris entre la classe modérée et la classe extrême. De plus, à 46,6% des cas la classe comprise entre 7 et 14 jours présente un risque de sécheresse majeure classé entre la classe modérée et l'extrême sécheresse, et à 41,6% des cas la classe supérieure à 14 jours est comprise entre la classe de sécheresse modérée et la classe de sécheresse extrême.

Tableau 66: Appréciation du degré de sévérité de la sécheresse à Mamfe

Classes de l'ISS	Degré de la sécheresse	classe inférieure à 6 jrs (%)	Classe comprise entre 7 et 14 jrs (%)	classe supérieure à 14 jrs (%)
ISS >2	Humidité extrême	0	1,66	0
1 <ISS< 2	Humidité forte	18,33	16,66	25
0 <ISS <1	Humidité modérée	28,33	35	33,33
-1< ISS <0	Sécheresse modérée	45	20	16,66
-2 <ISS< -1	Sécheresse forte	5	26,66	25
ISS< -2	Sécheresse extrême	3,33	0	0
Total		100	100	100

Source des données: DMN, ASECNA, PULCI, MINADER
Réalisation : Auteur, 2017

Pour Douala, le tableau 67 indique une remontée de plus en plus préoccupante de la classe comprise entre 7 et 14 jours, qui représentent 52% des cas observés, mais aussi celle de la classe des jours successifs sans pluies supérieurs à 14 jours dont la proportion atteint les 33%. Le retour en force de ces deux classes au détriment de la classe inférieure à 6 jours est un indicateur de perturbation avérée dans la distribution des précipitations à Douala.

Tableau 67: Appréciation du degré de sévérité de la sécheresse à Douala

Classes de l'ISS	Degré de la sécheresse	classe inférieure à 6 jrs (%)	Classe comprise entre 7 et 14 jrs (%)	classe supérieure à 14 jrs (%)
ISS >2	Humidité extrême	3,27	1,55	3,27
1 <ISS< 2	Humidité forte	13,11	18,03	21,31
0 <ISS <1	Humidité modérée	29,5	28,33	40,98
-1< ISS <0	Sécheresse modérée	40,98	49,18	0
-2 <ISS< -1	Sécheresse forte	11,66	1,55	32,78
ISS< -2	Sécheresse extrême	1,55	1,55	0
Total		100	100	100

V : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER
Réalisation : Auteur, 2017

2.5.2. Dynamique de l'évolution des jours successifs sans pluies à Mamfe et à Douala

La figure 88 révèle une diminution du nombre de jours successifs sans pluies pour la classe inférieure à 06 jours au même titre que la classe supérieure à 14 jours à **Mamfe**, tandis que la classe comprise entre 07 et 14 jours est en augmentation. Cette augmentation est justifiée par le sursaut observé entre 2000 et 2009 qui est en augmentation, et pratiquement au double (de 2 cas à pratiquement 4 cas). En ce qui concerne la classe supérieure à 14 jours, et la classe inférieure à 6 jours, ladite figure indique que la baisse observée est amorcée à partir des trois dernières décennies (1980-1989, 1990-1999 et 2000-2009), en régression significative. La remontée de la classe comprise entre 7 et 14 jours démontre que comme pour les autres localités, Mamfe sus évoquées connaît une perturbation très marquée de sa pluviométrie.

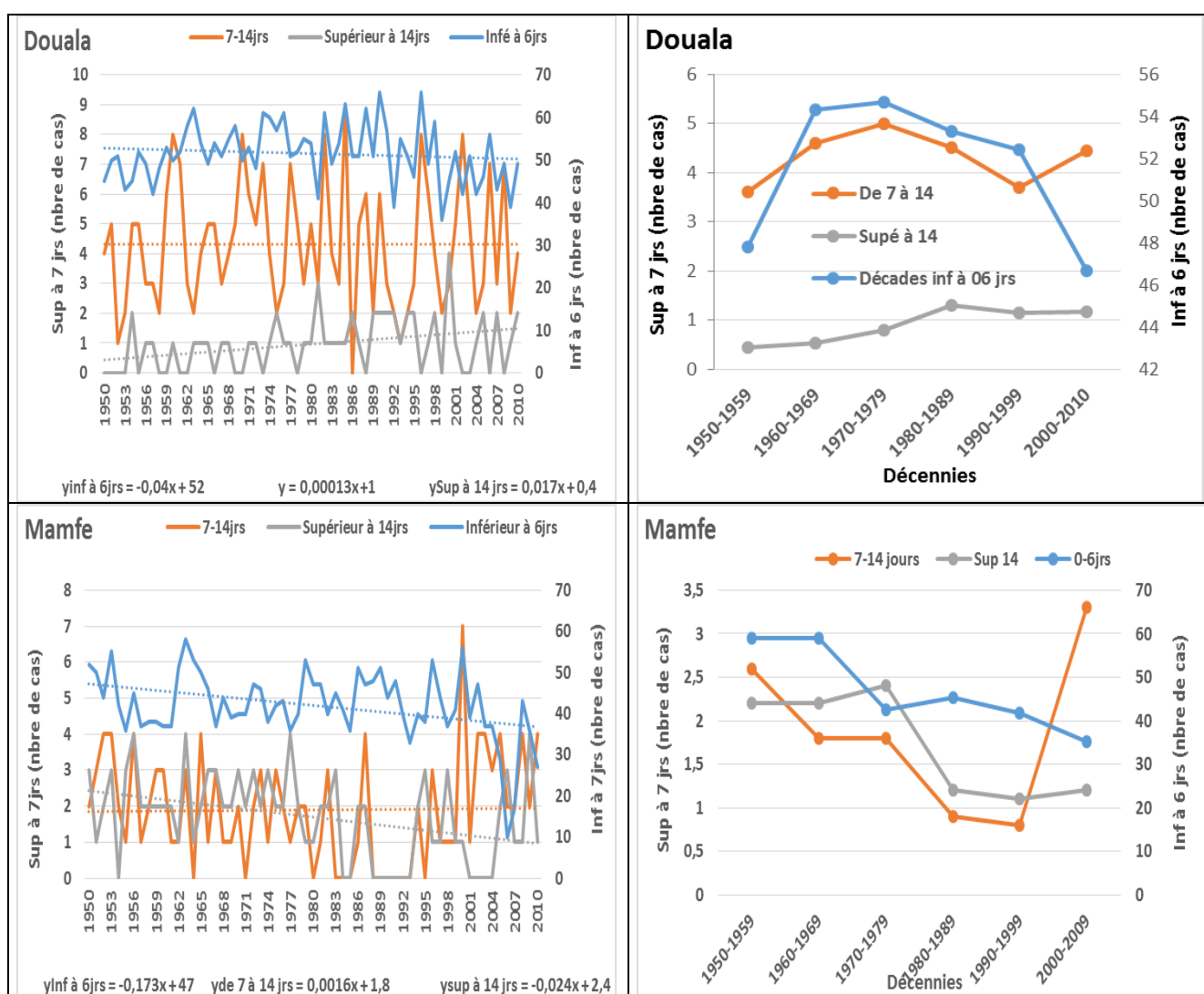


Figure 88: Évolution du nombre de jours successifs sans pluies à Mamfe et à Douala

Source des données: DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

La classe comprise entre 7 et 14 jours et la classe supérieure à 14 jours sont en augmentation sur la période de l'étude, tandis que la classe inférieure à 6 jours est en constante diminution à **Douala**.

2.6. Synthèse de l'évolution du nombre de jours successifs sans pluies au Cameroun : application de la Matrice de Bertin

La méthode d'identification de la sécheresse est associée à la matrice Bertin appliquée aux données du paramètre nombre de jours successifs sans pluies pour les 10 stations météorologiques représentant les 10 Régions du Cameroun (tableau 68). Cette méthode permet d'analyser la répartition spatiale et temporelle du nombre de jours successifs sans pluies en prenant en considération les trois classes sus-évoquées (inférieure à 6 jours, de 7 à 14 jours et la classe supérieure à 14 jours). Ladite matrice permet de classer année après année, le degré de sévérité de la sécheresse de 1950 à 2015, calculé selon l'indice pluviométrique de Nicholson. Cette méthode est suivie d'un codage des valeurs grâce à une gamme de couleurs. La couleur variant suivant la valeur du cumul annuel de l'indice par rapport aux valeurs limites comprises entre -2 et 2. Il est par la suite question de classer les colonnes par station, afin de mieux visualiser les structures homogènes schématisant l'évolution des classes de l'indice pluviométrique dans le temps et l'espace, afin de mieux déterminer les périodes caractéristiques (année extrêmement humide, très humide, très sèche, modérément sèche, ou extrêmement sèche, etc.). La projection du résultat sur un tableau permet de mieux visualiser l'évolution du phénomène à une échelle national.

Tableau 68: Synthèse de l'indice de sévérité pluviométrique de Nicholson pour les dix stations Régionales du Cameroun de 1950 à 2010, d'après la Matrice de Bertin

Stations	Maroua			Garoua			Ngaoundéré			Yaoundé			Bertoua			Ebolowa			Bafoussam			Bamenda			Mamfe			Douala						
	<6j	7-14j	>14j	<6j	7-14j	>14j	<6j	7-14j	>14j	<6j	7-14j	>14j	<6j	7-14j	>14j	<6j	7-14j	>14j	<6j	7-14j	>14j	<6j	7-14j	>14j	<6j	7-14j	>14j	<6j	7-14j	>14j				
1950	Red	Yellow	Black	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Yellow	Dark Blue	Yellow	Yellow	Red	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Green	Green	Yellow	Dark Blue	Dark Blue	Green	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Red			
1951	Red	Yellow	Red	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Black	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow			
1952	Yellow	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Green	Yellow	Yellow	Red	Green	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Black	Black	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red			
1953	Red	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Red	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Black	Green	Green	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Red			
1954	Yellow	Yellow	Red	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Black	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Black	Yellow	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Green			
1955	Yellow	Green	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Green	Black	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Black	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow			
1956	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Yellow	Red	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow			
1957	Red	Red	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Dark Blue	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow			
1958	Red	Yellow	Yellow	Dark Blue	Black	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Black	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red			
1959	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Dark Blue	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Black	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red		
1960	Red	Yellow	Red	Dark Blue	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red	Black	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow		
1961	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Green	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Black	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red			
1962	Yellow	Yellow	Black	Red	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Dark Blue	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red			
1963	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Black	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Black	Black	Yellow	Green	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow		
1964	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Black	Black	Yellow	Green	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow		
1965	Green	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Black	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow		
1966	Green	Yellow	Red	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Dark Blue	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Red		
1967	Yellow	Yellow	Red	Red	Red	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow		
1968	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Dark Blue	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	
1969	Green	Yellow	Yellow	Black	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	
1970	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Green	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	
1971	Yellow	Red	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	
1972	Yellow	Yellow	Red	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Black	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	
1973	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Green	Green	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Red
1974	Red	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Dark Blue	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
1975	Yellow	Red	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green
1976	Green	Red	Red	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow

1977	Orange	Blue	Red	Orange	Orange	Orange	Yellow	Orange	Orange	Red	Green	Red	Orange	Yellow	Black	Yellow	Red	Yellow	Orange	Yellow	Blue	Green	Yellow	Orange	Orange	Green	Orange	Green	Yellow	
1978	Green	Green	Red	Orange	Orange	Orange	Yellow	Orange	Orange	Red	Yellow	Green	Red	Yellow	Green	Yellow	Orange	Orange	Yellow	Orange	Orange	Red	Orange	Orange	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red
1979	Orange	Yellow	Green	Orange	Orange	Orange	Yellow	Orange	Orange	Black	Orange	Orange	Orange	Green	Black	Red	Green	Black	Orange	Green	Orange	Green	Orange	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Yellow	
1980	Yellow	Orange	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Yellow	Orange	Orange	Orange	Green	Orange	Green	Yellow	Orange	Orange	Yellow	Orange	Black	Orange	Orange	Yellow	Red	Orange	Yellow	Yellow	
1981	Orange	Orange	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Red	Green	Red	Orange	Red	Orange	Red	Green	Orange	Yellow	Green	Orange	Black	Orange	Orange	Yellow	Red	Orange	Black	Black	
1982	Green	Yellow	Red	Orange	Red	Yellow	Orange	Orange	Orange	Yellow	Green	Red	Yellow	Orange	Orange	Blue	Yellow	Orange	Orange	Green	Orange	Red	Orange	Orange	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	
1983	Orange	Red	Yellow	Orange	Orange	Orange	Yellow	Green	Orange	Green	Red	Orange	Red	Yellow	Orange	Orange	Yellow	Orange	Orange	Yellow	Red	Black	Yellow	Yellow	Red	Green	Orange	Orange	Yellow	
1984	Black	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Orange	Black	Green	Red	Orange	Yellow	Black	Green	Red	Orange	Yellow	Green	Orange	Yellow	Green	Yellow	Red	Orange	Red	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Yellow	
1985	Yellow	Orange	Green	Orange	Orange	Orange	Yellow	Green	Orange	Red	Orange	Red	Yellow	Yellow	Red	Green	Orange	Orange	Black	Orange	Orange	Green	Orange	Yellow	Red	Yellow	Green	Black	Yellow	
1986	Orange	Orange	Yellow	Orange	Orange	Orange	Yellow	Orange	Red	Green	Yellow	Red	Red	Green	Green	Red	Orange	Green	Red	Orange	Green	Blue	Orange	Green	Red	Orange	Blue	Green	Green	
1987	Red	Yellow	Red	Orange	Orange	Orange	Red	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Yellow	Orange	Orange	Yellow	Orange	Orange	Orange	Red	Orange	Yellow	Green	Red	Orange	Yellow	Yellow	Yellow	
1988	Yellow	Orange	Yellow	Orange	Orange	Orange	Yellow	Green	Orange	Green	Green	Yellow	Orange	Green	Orange	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Black	Yellow	Yellow	Red	Red	Green	Yellow	Red	
1989	Yellow	Orange	Red	Orange	Orange	Orange	Yellow	Green	Orange	Yellow	Red	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Yellow	Orange	Orange	Orange	Red	Orange	Green	Orange	Red	Red	Orange	Orange	Green	
1990	Orange	Orange	Yellow	Green	Orange	Orange	Yellow	Green	Orange	Orange	Yellow	Red	Green	Red	Orange	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Red	Orange	Yellow	Red	Red	Black	Yellow	Green	
1991	Green	Blue	Green	Orange	Orange	Orange	Yellow	Green	Green	Orange	Orange	Green	Orange	Orange	Red	Green	Orange	Yellow	Green	Orange	Orange	Blue	Orange	Green	Red	Red	Yellow	Orange	Green	
1992	Yellow	Orange	Green	Orange	Orange	Orange	Yellow	Red	Red	Yellow	Orange	Orange	Orange	Black	Orange	Blue	Yellow	Orange	Orange	Yellow	Orange	Blue	Orange	Orange	Red	Red	Red	Yellow	Green	
1993	Green	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Orange	Yellow	Green	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Yellow	Orange	Orange	Yellow	Orange	Orange	Green	Red	Orange	Red	Red	Red	Yellow	Green	Yellow	
1994	Green	Orange	Yellow	Orange	Orange	Orange	Yellow	Green	Green	Red	Red	Black	Yellow	Green	Red	Red	Green	Red	Orange	Green	Red	Orange	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Green	
1995	Red	Orange	Yellow	Green	Orange	Orange	Yellow	Red	Green	Green	Orange	Yellow	Orange	Red	Yellow	Orange	Orange	Yellow	Orange	Yellow	Green	Red	Orange	Red	Green	Orange	Orange	Orange	Green	
1996	Orange	Orange	Yellow	Green	Orange	Orange	Yellow	Green	Orange	Blue	Orange	Green	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Green	Black	Yellow	Green	Orange	Black	Green	Orange	Red	
1997	Green	Orange	Yellow	Orange	Orange	Orange	Yellow	Green	Orange	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Blue	Orange	Yellow	Red	Orange	Orange	Yellow	Yellow	Yellow	
1998	Orange	Yellow	Red	Orange	Orange	Orange	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Yellow	Red	Red	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Yellow	Green	Orange	Red	Red	Green	Orange	Orange	Green	
1999	Green	Blue	Yellow	Orange	Orange	Orange	Yellow	Orange	Orange	Black	Yellow	Green	Red	Black	Yellow	Green	Orange	Yellow	Orange	Orange	Green	Red	Orange	Red	Red	Blue	Orange	Red	Red	
2000	Yellow	Black	Red	Orange	Orange	Orange	Yellow	Black	Green	Red	Orange	Green	Yellow	Orange	Red	Blue	Yellow	Red	Orange	Orange	Yellow	Green	Orange	Green	Black	Red	Orange	Orange	Black	
2001	Green	Blue	Yellow	Orange	Red	Green	Orange	Orange	Orange	Yellow	Orange	Yellow	Red	Orange	Orange	Orange	Green	Orange	Green	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Red	Orange	Yellow	Yellow	Yellow	
2002	Orange	Orange	Yellow	Green	Orange	Orange	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Red	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Yellow	Red	Orange	Yellow	Green	Red	Red	Green	Red	
2003	Yellow	Orange	Yellow	Green	Orange	Orange	Yellow	Green	Orange	Orange	Orange	Orange	Red	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Yellow	Red	Orange	Orange	Green	Red	Orange	Orange	Red	
2004	Red	Orange	Yellow	Red	Orange	Orange	Yellow	Black	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Blue	Orange	Yellow	Yellow	Red	Red	Green	Yellow	Yellow	
2005	Green	Yellow	Red	Orange	Orange	Orange	Yellow	Orange	Black	Black	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Green	Orange	Black	Red	Green	Yellow	Orange	Orange	Green	Green	
2006	Red	Orange	Yellow	Red	Red	Orange	Yellow	Black	Black	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Blue	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Yellow	Red	Blue	Yellow	Green	Orange	
2007	Red	Blue	Yellow	Orange	Red	Orange	Yellow	Orange	Green	Red	Orange	Orange	Yellow	Red	Orange	Yellow	Green	Orange	Orange	Orange	Green	Red	Orange	Blue	Yellow	Orange	Red	Orange	Green	
2008	Orange	Orange	Red	Orange	Orange	Orange	Yellow	Green	Green	Orange	Yellow	Green	Orange	Yellow	Orange	Green	Green	Yellow	Red	Yellow	Orange	Green	Yellow	Green	Orange	Orange	Orange	Green	Red	
2009	Red	Orange	Yellow	Orange	Orange	Orange	Yellow	Black	Green	Red	Orange	Orange	Red	Green	Green	Green	Orange	Yellow	Orange	Yellow	Orange	Red	Orange	Orange	Yellow	Green	Red	Orange	Yellow	



Niveau	Classe	Couleur
Humidité extrême	Sup à 2	Black
Humidité forte	1 et 2	Green
Humidité modérée	0 et 1	Yellow
Sécheresse modérée	-1 et 0	Orange
Sécheresse forte	-2 et -1	Red
Sécheresse extrême	Inf à -2	Dark Blue

*Source des données : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER
Réalisation : Auteur, 2018*

3. ANALYSE DES RISQUES LIES AUX ÉVÈNEMENTS PLUVIOMETRIQUES EXTRÊMES AU CAMEROUN DE 1950 A 2015 ET LES PROJECTIONS EN 2050

Le Cameroun est de plus en plus vulnérable aux évènements pluviométriques extrêmes (sècheresses prolongées et inondations), et aucune des dix Régions n'en n'est épargnée. Les villes comme les campagnes subissent régulièrement le foudroiement du climat, et les activités des populations sont les plus affectées.

3.1 Evaluation des risques de sécheresse et d'inondation

Gilles Motet (2009) définit le risque comme un danger éventuel plus ou moins prévisible. C'est l'éventualité d'un événement qui peut causer un dommage. Selon cet auteur, le processus d'évaluation du risque est une démarche qui consiste à l'examiner dans les détails, puis à éliminer dans la mesure du possible les dangers identifiés ou à réduire le degré du risque en y ajoutant des mesures qui permettent de mieux le maîtriser.

Selon Gecina (2018), trois principaux facteurs permettent d'évaluer un risque à savoir son exposition à l'aléa climatique futur, son exposition et sa vulnérabilité physique et fonctionnelle. La formule suivante permet de mieux l'appréhender.

Risque = Aléa x Exposition x Vulnérabilité

Exposition

Les questions essentielles qui sous-tendent l'exposition sont les suivantes :

Qu'est-ce qui peut être affecté ?

Quelle est sa valeur/pertinence ?

Où est-il situé ?

Vulnérabilité

Les questions essentielles qui sous-tendent la vulnérabilité sont les suivantes :

Combien peut être affecté ?

Quelles sont les mesures les plus appropriées à mettre en œuvre ?

Tous les actifs ne peuvent pas être évalués en termes monétaires : par exemple, la population) ?

Comment prendre en compte différents types de vulnérabilités ?

L'évaluation du niveau de risque (faible, moyen et élevé) consiste à combiner les indices de gravité et de probabilité, ce qui permet d'établir une hiérarchisation des risques. Le tableau 69 est issu du guide méthodologique d'évaluation du risque climatique, proposée par Gecina.

Tableau 69: Évaluation du niveau du risque

NIVEAU DE RISQUE (R) = P X G				
8 à 9 : TRES PROBABLE	MOYEN 9	MOYEN 18	ELEVE 27	ELEVE 36
6 à 7 : PROBABLE	FAIBLE 7	MOYEN 14	ELEVE 21	ELEVE 28
4 à 5 : IMPROBABLE	FAIBLE 5	MOYEN 10	MOYEN 15	MOYEN 20
2 à 3 : TRES IMPROBABLE	FAIBLE 3	FAIBLE 6	FAIBLE 9	MOYEN 12
Probabilité P	1 : BENIN	2 : SERIEUX	3 : GRAVE	4 : TRES GRAVE
Gravité G				

Source : Gecina (2018)

Le cadre de Sendai (2015) a identifié 08 principaux secteurs avec un risque majeur lié aux évènements pluviométriques extrêmes au Cameroun. La figure 89 présente les différents secteurs pris en considération, il s'agit de la population, les pertes en économie, l'agriculture, les actifs productifs, les services, l'habitat, le système de transformation et autres infrastructures critiques.

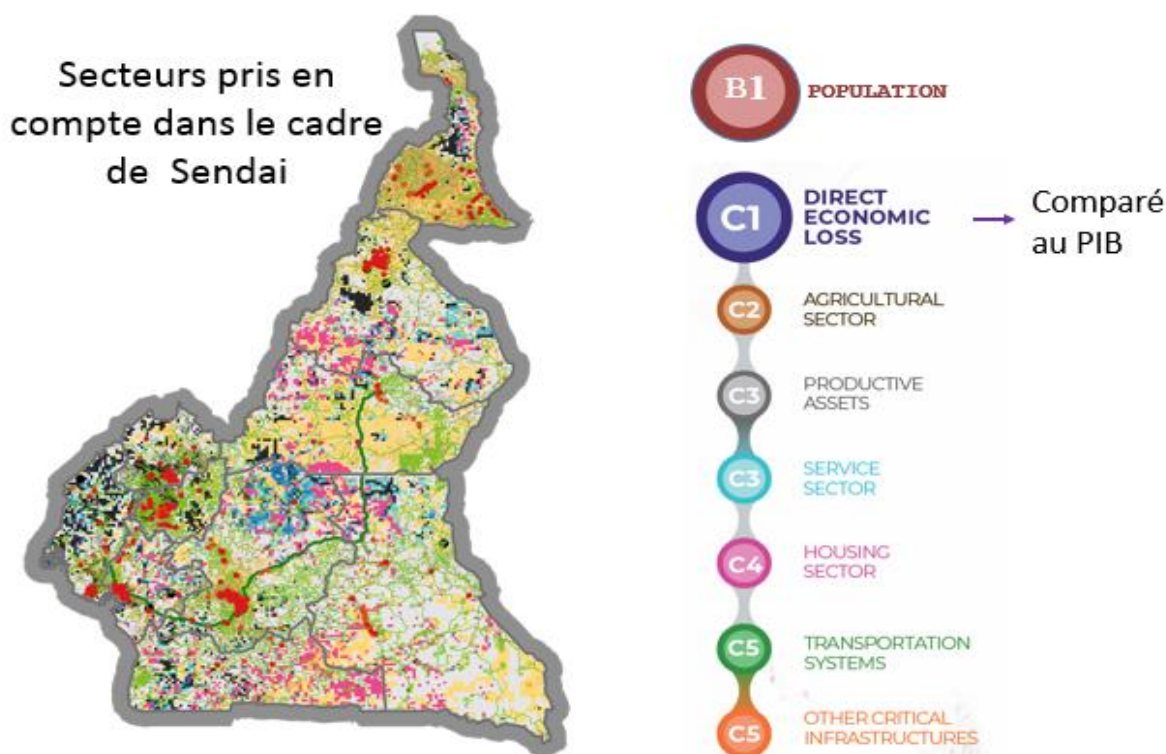


Figure 89: Les secteurs pris en considération dans le cadre de Sendai
Cadre de Sendai, 2015

Dans le cadre de cette étude, deux approches permettront d'élaborer le profil de risque de sécheresse et/ou d'inondation au Cameroun :

- la première approche consiste à combiner : Aléa x Exposition => "Potentiellement touché". Cette approche sera mesurée sur la population, le bétail, le Produit Intérieur Brut (BIP), sans mettre un accent sur la vulnérabilité, l'impact ou le risque.
- la seconde approche : Aléa x Exposition + Effets & pertes => risques. Cette approche sera évaluée sur la production végétale et l'hydroélectricité.

3.2. Identification de l'Aléa

3.2.1. La sécheresse

C'est un phénomène ponctuel qui désigne l'absence ou la faiblesse des précipitations sur une zone pendant une longue période. Elle s'accompagne des vagues de chaleur et parfois des nuits de chaleur. Selon le GIEC (2007), le nombre des vagues de chaleur a augmenté depuis 1950, tout comme le nombre des nuits de chaleur aux quatre coins de la planète. On ne saurait cependant dissocier le déficit hydrique de l'augmentation de la température. Olivier Petit jean (2008) dans une publication au journal « partage des eaux » démontre qu'il existe une interrelation complexe entre le système climatique et le cycle de l'eau. Selon lui, la montée de la température affecte simultanément plusieurs composantes des systèmes hydrologiques telles que la précipitation et sa fréquence, son intensité, la vapeur d'eau dans l'atmosphère, l'évapotranspiration, la teneur en eau du sol et de la végétation. On parle d'« eau verte » comme la force du ruissellement et le débit des cours d'eau, à conserver et à gérer rationnellement. Tous ces facteurs interagissent différemment les uns avec les autres. La sécheresse n'aura pas la même intensité partout. Le dictionnaire « planète info » publié en 2018 identifie trois types de sécheresses, qui affectent différemment le Cameroun. Il s'agit entre autres de la sécheresse :

- météorologique, qui correspond à un déficit prolongé des précipitations ;
- agricole qui se caractérise par un déficit en eau dans les sols d'une profondeur maximale de 2 mètres, avec un impact sur le développement de la végétation. Ce type de sécheresse dépend soit des quantités de précipitations reçues sur la zone, soit de l'évapotranspiration des plantes.
- hydrologique concerne les cours d'eaux (nappes souterraines, lacs ou rivières) lorsque le niveau est anormalement bas. Les précipitations sont être un facteur clé, mais aussi dépend du type de sol contenant les cours d'eau, selon qu'il est perméable ou non ce qui va jouer sur l'infiltration et le ruissellement de l'eau.

3.2.2. Inondations au Cameroun

L'inondation est la submersion par des eaux douces ou salées d'une zone généralement émergée. Cette submersion peut se faire lentement ou brutalement et peut se répéter de manière régulière ou bien être plus anecdotique. Le plan national de contingence (2011) distingue deux types d'inondations : l'inondation lente provoquée par des crues progressives (l'eau monte de quelques centimètres par heure) et l'inondation brusque provoquée par des crues soudaines induites par une brusque montée des eaux : plusieurs mètres en quelques heures.

a. Evènements déclencheurs/Causes

Les principales causes des inondations au Cameroun sont les précipitations, les ruptures de barrages, etc. Les facteurs influents sont la topographie, la durée et l'intensité des précipitations, l'état hydrique et le degré d'imperméabilité des sols, la densité du couvert végétal, les pratiques agricoles, l'encombrement des lits de cours d'eau, etc.

b. Les Régions les plus affectées au Cameroun

Selon un rapport de la Direction de la Protection Civile (DPC) de 2018, les Régions les plus touchées par des inondations sont :

- Le Sud-Ouest : Limbe en juin 2001 (23 morts, 73 maisons rasées, plusieurs sans abris), juin 2012, 2015 et 2018 ;
- Le Littoral : Douala en août 2001 (4 morts), juin et août 2007, 2013, 2013, 2015, 2016, 2017 et 2018 ;
- Le Centre : Yaoundé en octobre 2001, août 2004 et avril 2008, 2012, 2015, 2016, 2017, 2018 et 2019 ;
- Nord-Ouest : Bamenda en août 2001, 2015, juin 2018 et 2019 ;
- Nord : Garoua en juillet 2008 (9 morts et d'importants dégâts matériels) ; Poli en 2003 (05 morts, 05 disparus, 178 tonnes de nourritures détruites, bâtiments publics détruits, 76 maisons détruites, 536 familles et 8 720 personnes déplacées, 285 ha de cultures détruits);
- Extrême-Nord : Maroua en août 2001 (02 morts), Mokolo en août 2007 (06 disparus, 1 millier de sans-abris et plus de 100 habitations détruites), juillet 2010 (09 morts et des centaines de déplacés et de nombreux sans abris), juin et juillet 2018 et 2019.

c. Vulnérabilité du pays aux perturbations climatiques : quelques faits observés

Les rapports du Programme des Nations Unies pour le Développement (2014) et de l'UNISDR (2018) font état de l'impact alarmant des inondations sur les économies en Afrique Sub-sahélienne et le Cameroun en particulier. Les Première et Seconde Communications Nationales sur les Changements Climatiques (2005 et 2015) précisent qu'en fonction des zones écologiques, les impacts des perturbations climatiques sont nombreux sur les écosystèmes (flore,

faune, habitat et sol) et les activités de développement (agriculture, élevage, énergie, santé etc.). Tous ces rapports sont unanimes sur le fait que les zones Soudano-Sahélienne et Littorale sont les plus vulnérables, et risquent encore de l'être aux horizons 2050 et 2100. Par ailleurs, lesdits rapports estiment entre 25 et 42 millions de dollars, les pertes économiques annuelles probables dues aux inondations futures.

Selon les rapports actuels, les pertes par secteur les plus touchés sont par ordre croissant : l'habitat (23%), avec des pertes estimées à environ 60 millions de dollars par an, la production des biens (26%), avec des pertes estimées à 40 millions de dollars par an, le système de transport (39%) et des pertes estimées à 40 millions de dollars l'an. Le secteur des services (26%), avec des pertes estimées à 35 millions de dollars, l'agriculture (39%) avec des pertes estimées à 20 millions de dollars, et les infrastructures (3%) avec des pertes estimées à environ 3 millions de dollars par an.

L'année 2018 a connue de fortes pluies qui ont été à l'origine d'importants dégâts tant matériels qu'en pertes en vies humaines. Aucune Région du Cameroun n'a été épargnée par les effets d'une pluviométrie exceptionnelle. Le tableau 68 ci-après présente les différentes catastrophes enregistrées par les organes étatiques (DPC, ONACC, Préfecture, etc.), les sources officielles (journaux, télévisions et presses) indiquent des dégâts matériels et en vies humaines.

Tableau 70 : Synthèse de certains dégâts observés durant l'année 2018

Nature de la catastrophe	Date et lieu	Description sommaire	Bilans	Sources/Observations
Glissements / Eboulement de terrains	12/02/2018 à Bandjoun	Suite à une forte pluie, une maison construite sur le drain a cédé sous la pression des torrents	01 mort enregistré	ONF Ouest
	La nuit du 11 au 12/03/18 à Bafoussam	Effondrement d'une fosse septique suite à une forte pluie	01 mort et d'importants dégâts matériels enregistrés	Journal le jour du 14/03/2018
	20/03/18, Bétaré Oya	Eboulement de 02 sites miniers non restaurés	02 morts enregistrés	C T du 22/02/2018
	20/04/18, Douala, Logpom	Eboulement de la terre dans un chantier de construction	01 mort enregistré	DNF, Littoral
	17/05/18 District de Maroua 1er	Affaissement des berges du mayo <u>kallao</u> à la suite d'une pluie orageuse	03 morts et de nombreux blessés signalés	J T CRTV du 25/07/2018
	05/06/18, Menoua	Eboulement d'une partie d'une carrière de pierre	01 mort enregistré	Journal le jour du 18/05/2018
	12/06/18 Menoua Arrondissement, <u>Nkong-Ni</u>	Eboulement d'une partie d'une carrière de pierre	01 mort	J T CRTV du 12/06/18
	27/08/18 Limbe	Glissement de terrain à la suite à une forte pluie	04 morts et de nombreux blessés enregistrés	DPC, 2018
	03/09/18 Foumban, Njitout	Glissement de terrain au lieu-dit <u>Fopuche</u> quartier Njitout. La cause serait le mauvais drainage des eaux suite à une forte pluie tombée	De nombreux dégâts matériels signalés	C T du 17 au 18/10/2018
	16/10/18 Yaoundé, Manguier	Effondrement du mur d'un immeuble en construction à la suite d'une forte pluie	02 décès enregistrés	Canal 2 news du 16/11/2018
17/10/18 Yaoundé, <u>Nkani</u>	Une partie l'échafaudage de la chapelle de la mission catholique <u>Nkani</u> en construction a cédé et s'est effondrée entraînant la charpente de l'ancien bâtiment situé à l'intérieure de la nouvelle	02 morts, 04 blessés et de nombreux dégâts matériels	C T du 18/10/2018	

		structure		
	23/10/18 Yaoundé, quartier Cité verte	Effondrement d'un mur suite à une forte pluie	04 décès enregistrés	CT du 30 /10/2018
Pluies orageuses /foudre	11/02/18, arrondissement de Nkolafamba	Pluies orageuses à Sakok, Ebolmedzom, Nkombassi, Nkolbisson 2 et Nkolom	03 enfants blessés et de nombreux dégâts matériels signalés	Lettre du préfet de Mfou ; Lettre no. (N°34/L/JO/SP) du 15/02/2018
	1/07/2018, Bamenda	De fortes pluies ont emporté les toits de plusieurs maisons	Dégâts matériels importants et des nombreux sans abris signalés	DPC, 2018
	6/07/2018, Nkambe	De fortes pluies ont emporté les toits de plusieurs maisons	Dégâts matériels important et de nombreux sans abris	DPC, 2018
	27/09/2018, Mbam and Inoubou (Deuk)	Une foudre suivie des violentes tornades à Deuk	02 morts et 02 blessés	CRTV news du 29/09/2018
Inondations	26/02/2018, Yaoundé	Le Mfoundi a quitté son lit, suite à une pluie torrentielle	Dégâts matériels importants	JT du 27/02/2018
	7/06/2018, Yaoundé	Inondations à l'avenue Kennedy et à la Poste Centrale, suite à des fortes pluies	Dégâts matériels importants	JT du 7/06/2018
	12/06/2018, Yaoundé	Inondations à l'avenue Kennedy et à la Poste Centrale	Dégâts matériels importants	JT du 12/06/2018
	5/06/2018	Inondations à Bafang, suite à des fortes pluies	Dégâts matériels importants et de nombreux sans abris signalés	Canal2 news du 6/12/2018
	Nuit du 24 au 25/07/2018, Maroua 1er District	Inondations après d'intenses pluies dans la ville de Maroua, suivi par un débordement du lit du Mayo-Tsanaga et du Mayo-Guider	Dégâts matériels importants, et une épidémie du choléra signalée	CRTV news du 25/07/2018
	Nuit du 24 au 25/07/2018, Garoua	Inondations après une forte pluie	Dégâts matériels importants, et une épidémie du choléra signalée	JT du 25/07/2018, Garoua
	Nuit du 24 au	Inondations suite à une forte pluie	Dégâts matériels importants	JT du 25/07/2018

	25/07/2018, Limbé			
	Nuit du 24 au 25/07/2018, Douala	Inondations suite à une forte pluie	Dégâts matériels important, et une épidémie de choléra enregistré	JT du 25/07/2018
Températures extrêmes/fortes chaleurs	Mois de Février à Avril 2018, Région du Centre	Feux de brousse enregistrés dans des nombreuses plantations suite à une température record de 33°C	baisse de la production agricole	ONACC 2018, bulletin des prévisions climatiques
	Mois de Février à Avril 2018, Bertoua	Feux de brousse enregistrés dans des nombreuses plantations suite à une température record de 33°C	baisse de la production agricole	ONACC 2018, bulletin des prévisions climatiques
	Mois de Février à Avril 2018, Ebolowa	Feux de brousse enregistrés dans des nombreuses plantations, suite à une température record de 33°C	baisse de la production agricole	ONACC 2018, bulletin des prévisions climatiques
	Mois de mars à avril 2018, Maroua	Des records de température de 41°C enregistrés	Assèchement des mayo, forte baisse du niveau de la nappe phréatique, invasions acridiennes	ONACC 2018, bulletin des prévisions climatiques
	Mois de mars à avril 2018, Garoua	Record de température de 41°C enregistré	Assèchement des mayo, forte baisse du niveau de la nappe phréatique	ONACC 2018, bulletin des prévisions climatiques
	Mois de mars à avril 2018, Ngaoundéré	Un record de température de 41°C enregistré	Assèchement des cours d'eau, forte baisse du niveau de la nappe phréatique	ONACC 2018, bulletin des prévisions climatiques

d. Une pluviométrie exceptionnelle entre 2018 et 2020

Aux mois de mai, juin et juillet 2018 et 2019

Les résultats des observations effectuées par des institutions spécialisées (Bilans climatiques de l'ONACC de 2018 et 2019, rapports DPC de 2018 et 2019) signalent que les trois années 2018 et 2019 seraient les plus arrosées au cours des 70 dernières années sur le territoire

national. Lesdits documents relèvent également que des pluies exceptionnelles sont tombées au mois de juin 2018 sur la presque totalité des régions du Cameroun. Ainsi, des records pluviométriques journaliers ont atteint 120 mm de pluies à Mamfe, 160 mm le 09 juin 2018 à Buea, tandis qu'on enregistrerait 85 mm le 26 juin de la même année à Maroua. En 2019 également, d'importants volumes de pluies se sont abattus, parfois en un laps de temps (un jour), représentant pour certaines localités entre 30 et 60% du volume pluviométrique mensuel. Ces importantes pluies tombées ont occasionné d'importants dégâts matériels, et même des pertes en vie humaines.

Les observations faites à la figure 90 révèlent qu'au mois de juin 2018, les 10 régions (Maroua, Garoua, Ngaoundéré, Douala, Yaoundé, Bertoua, Ebolowa, Bafoussam, Bamenda et Mamfe) du Cameroun avaient reçues des cumuls de précipitations jamais atteint depuis les années 1950. Les records les plus importants ont été atteints à Bafoussam, Bamenda et dans une certaine mesure à Buea. Ces localités ont vu leur pluviométrie passer du simple au double. Les trois villes ont enregistré chacune plus de 520 mm de pluies, suivies de Ngaoundéré qui a enregistré 505 mm de pluies pour le seul mois de juin, soit 287 mm de plus par rapport à la moyenne habituelle (218 mm) enregistrée au mois de juin entre 1950 et 2015. De plus, Bertoua dans la zone forestière a enregistré 429 mm de pluies pour le même mois, soit un surplus de 368 mm de pluies par rapport à la moyenne habituelle (161,2 mm).

La même figure 90 montre que les pluies ont été timides à la première semaine, et prennent de l'ampleur à partir de la deuxième semaine où plus de la moitié du territoire a connu de fortes pluies conduisant pour certaines localités à des inondations. Seul le Grand Nord a connu des précipitations inférieures à 70 mm à la première semaine. Les autres parties du pays, notamment le Centre, le Sud et l'Est ont connu de fortes pluies pendant la première semaine, et suivies d'une chute à la deuxième et troisième semaine.

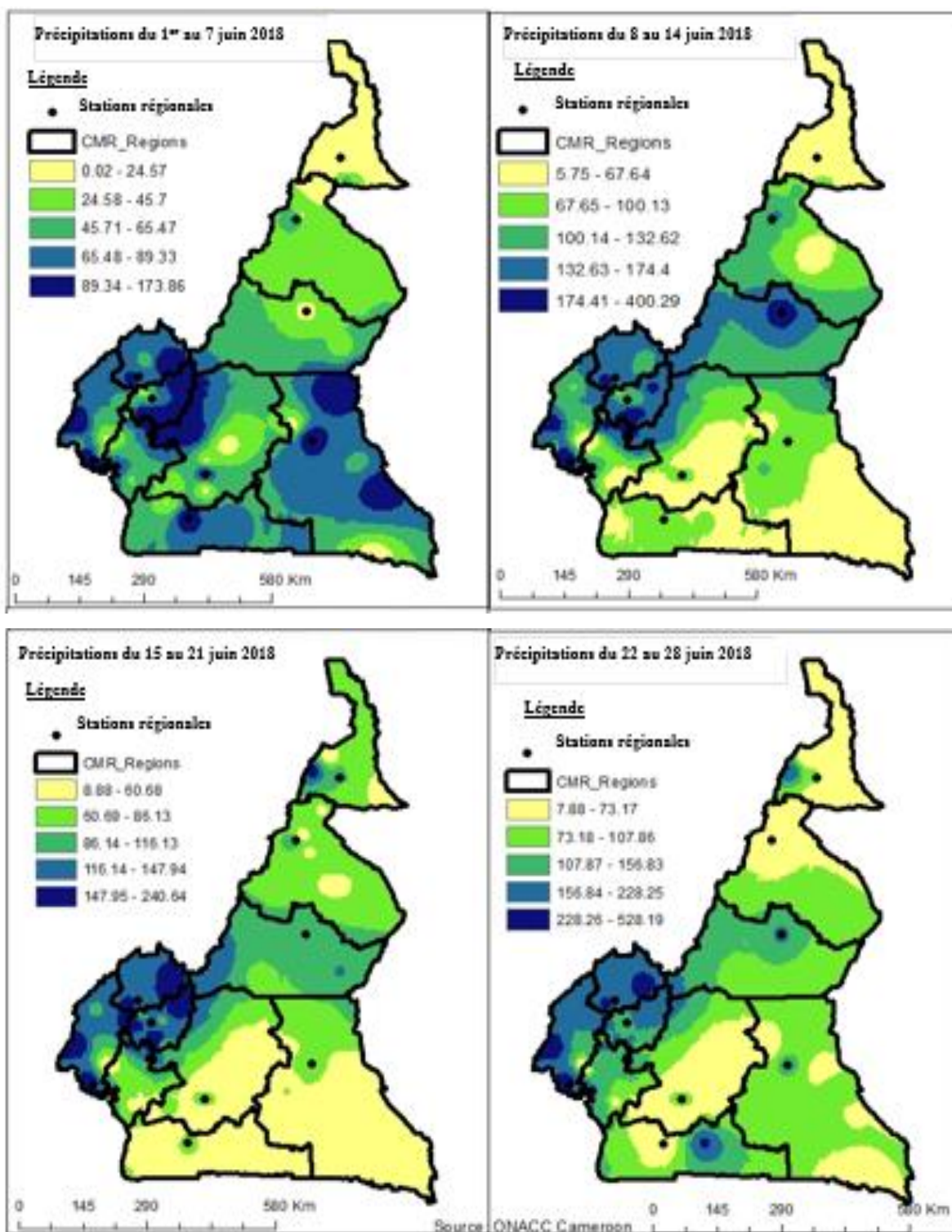


Figure 90: Distribution hebdomadaire spatiale des quantités de précipitations au Cameroun au mois de juin 2018

Réalisation : ONACC, 2018

🇨🇲 Au mois de juillet 2018

Le mois de juillet 2018 a été également l'un des plus arrosés des 70 dernières années, avec des records les très importants (figure 91). La troisième semaine de juillet a été très arrosée dans

les Régions du Sud-Ouest, du Nord-Ouest, de l'Ouest, du Littoral, de l'Adamaoua et de l'Est. Les régions de l'Extrême Nord et du Nord ont été les plus humides la deuxième semaine, tandis que les régions du sud et du Centre ont enregistré les records à la première semaine.

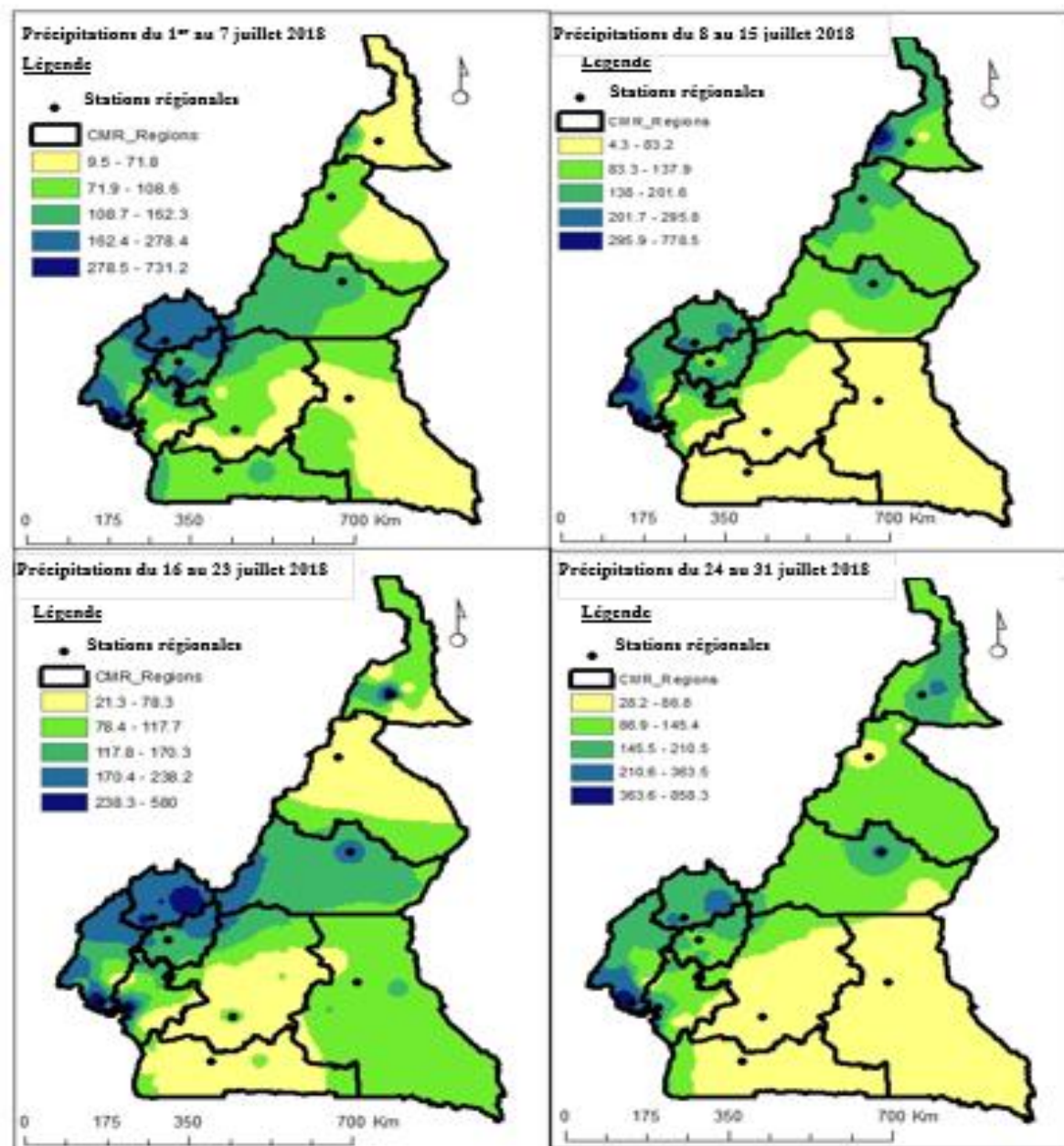


Figure 91: Distribution hebdomadaire spatiale des quantités de précipitations au Cameroun en juillet 2018

Réalisation : ONACC, 2018

Les dégâts causés par la pluviométrie de 2018

Les mois de juin et de juillet 2018 ont connu d'abondantes pluies qui sont tombées sur une période relativement longue (planche 3). Les conséquences ont été dramatiques, de nombreux cas d'inondations observés, entraînant des pertes en matériaux et en vies humaines. Les régions de l'Extrême-Nord, du Nord, du Nord-Ouest, du Centre, du Sud et de l'Est ont été

particulièrement touchées, les fortes pluies se sont accompagnées de vents violents. La plupart des lits de rivières et les cours d'eau ont été inondés, entraînant de redoutables érosions. Les photos ci-après présentent les faits observés au Cameroun entre le mois de mai et de juillet 2018.

Planche 3 : Fortes pluies enregistrées dans différentes localités du Cameroun de juin à août 2018

Photo (1) et (2) : Une vue de l'avenue Kennedy au mois de juin 2018. Le Centre-ville est inondé d'eau à la suite d'une longue pluie survenue pendant au mois de juin 2018 à Yaoundé.

Photo (3) : Une vue du Palais des sports de Yaoundé, encore appelé Warda. Cette zone a été inondée par les eaux à la suite d'une pluie survenue au mois d'août 2018.

Photo (4) : Toits d'une maison emportés par la force des vents à Bertoua dans la Région de l'Est, le 03 juillet 2018. Les pluies tombent avec une forte intensité, emportant au passage toitures et causant d'énormes dégâts matériels.

Photo (5) et (6) : Fortes pluies à l'origine des inondations à Douala au mois de juin et de juillet 2018 causant d'énormes dégâts matériels et de pertes en vies humaines.

Photo (7) : Fortes pluies accompagnées d'inondations à Bafang, dans la Région de l'Ouest, ont causées de nombreux dégâts matériels.

Photo (8) : Fortes pluies accompagnées de vents violents à Nkambe, le 06 juillet 2018, dans la région du Sud-Ouest. Des toitures ont été emportées et de nombreux dégâts matériels enregistrés.

Photo (9) : Fortes pluies accompagnées d'inondations à Limbe le 24 juillet 2018, dans la région du Sud-Ouest. D'énormes dégâts matériels et de pertes en vies humaines enregistrés.

Photo (10) : Forte pluie accompagnées de vents violents enregistrée la 27 juillet 2018 à Maroua dans la région de l'Extrême-Nord causant d'énormes dégâts matériels et de pertes en vies humaines.

Photo (11) : Fortes pluies accompagnées de vents violents le 20 juillet 2018 dans le Mayo Kani, Région de l'Extrême-Nord.





Le tableau 69 présente la pluviométrie aux mois de mai, juin, juillet et d'août 2020 dans les localités de Douala, Edéa et Kribi dans la région du Littoral. Il ressort dudit tableau que globalement la pluviométrie a connu trois phases distinctes dans ces différentes localités. Une première phase d'augmentation à partir du mois de juin, et qui se prolonge jusqu'au mois de juillet 2020, où les records pluviométriques sont atteints dans ces deux localités. La ville d'Edéa a été la plus arrosée au mois de juillet 2020, avec un record de 598 mm d'eau suivi de Douala (591 mm) pour le même mois. Une diminution générale des quantités de pluies sera observée au mois d'août dans ces différentes localités, mais la baisse la plus importante est observée à Douala (220 mm de pluies).

La variation des quantités de précipitations observées pendant cette période s'accompagne d'une variation de la distribution temporelle desdites pluies. Le même tableau 71 présente la variation du nombre de jours des pluies enregistrées pendant la même période à

Douala et à Edéa. Il ressort dudit tableau que la distribution des pluies enregistrées ces derniers mois a atteint son pic en juillet 2020 dans ces 02 localités, ou les records de 30 jours ont respectivement été atteints.

Le mois d'août 2020 enregistre moins de précipitations qu'en juillet. Le surplus d'eau accumulé, dans un contexte où les sols sont déjà saturés, n'est qu'un élément déclencheur des inondations observées dans ces deux localités.

Tableau 71 : Pluviométrie dans la Région du Littoral, aux mois de mai, juin, juillet et août 2020

Mois	Précipitations (mm)			Nombre de jours des pluies (jours)		
	Douala	Edéa	Kribi	Douala	Edéa	Kribi
Mai	273	392	266	29	26	27
Juin	431	434	435	28	30	29
Juillet	591	598	443	30	30	31
Août	220	324	296	22	25	25

La ville de Maroua a connu une augmentation des quantités de précipitations au mois d'août 2020, par rapport à celles enregistrées au mois de juillet de la même année. Le tableau 72 ci-dessous indique que le mois d'août a enregistré 122 mm de pluies de plus par rapport au mois de juillet. Cet excédent pluviométrique a été l'un des éléments qui a contribué à déclencher les inondations observées.

Tableau 72: Pluviométrie à Maroua dans la Région de l'Extrême-Nord aux mois de mai, juin, juillet et d'août 2020.

Mois	Précipitations (mm)	Nombre de jours des pluies (jours)
	Maroua	Maroua
Mai	50	8
Juin	102	13
Juillet	147	23
Août	269	25

e. Cartographie des zones potentiellement à risque d'inondation ou de glissement de terrain au Cameroun

Le Cameroun de par la forte diversité de son milieu physique caractérisé par une alternance de plateaux et de plaines est susceptible aux inondations et aux glissements de terrain. Les localités situées sur les flancs des collines et qui reçoivent d'importantes quantités de précipitations sont généralement le théâtre des phénomènes physiques particuliers tels que les glissements de terrain. A l'opposé, les zones de basse altitude et les plaines sont généralement

inondées lors des pluies prolongées, surtout lorsque le système de drainage des eaux de ruissellement n'est pas assez efficace.

Zones potentiellement à risque d'inondation

Le tableau 73 et la figure 92 ci-dessous présentent le niveau de risque d'inondation au Cameroun. Deux principaux niveaux de risque sont identifiés. Le risque potentiellement très élevé représenté par la couleur rouge et le risque potentiellement élevé représenté par la couleur jaune. Les résultats du même tableau indiquent un risque potentiellement élevé d'enregistrer des cas d'inondations dans les départements de :

- Noun dans la Région de l'Ouest ;
- Manyu (partie Sud-Ouest), Meme, dans la Région du Sud-Ouest ;
- Nkam dans la Région du Littoral ;
- Mvila (partie Sud), Vallée du Ntem (partie Est), Océan, Dja et Lobo, dans la Région du Sud ;
- Nyong et So'o, Nyong et Kéllé, Haute Sanaga, Mbam et Kim, Mfoundi, Mbam et Inoubou, Lékié, Nyong et Mfoumou, dans la Région du Centre ;
- Haut Nyong, Bomba et Ngoko, Kadéï (partie Nord du département), Lom et Djerem, dans la Région de l'Est.

Tableau 73: Niveaux de risques potentiels d'inondations par département pour les mois de septembre, octobre et novembre 2020 pour les cinq (05) zones agro écologiques du Cameroun

ZAE	Régions	Départements	Niveau de risque
Hauts plateaux	Nord-Ouest	Menchum, Donga-Mantung, Momo	●
	Ouest	Noun	●
Monomodale	Sud-Ouest	Kupé manenguba, Manyu (Nord)	●
		Manyu (Sud-Ouest), Meme	●
	Littoral	Moungo Nkam	● ●
Bimodale	Sud	vallée du Ntem (Ouest), Mvila (Nord et Sud)	●
		Mvila (Sud), vallée du Ntem (Est), Océan, Dja et Lobo	●
	Centre	Nyong et So'o, Nyong et Kéllé, Haute Sanaga, Mbam et Kim, Mfoundi, Mbam et Inoubou, Lékié, Nyong et Mfoumou	●
	Est	Kadéï (Sud)	●
		Haut-Nyong, Boumba et Ngoko, Kadéï (Nord), Lom et Djerem	●

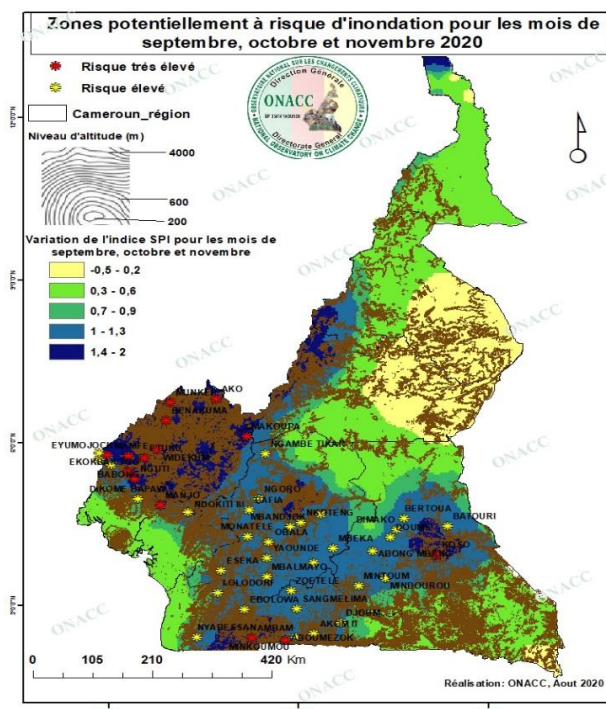


Figure 92 : Zones potentiellement à risques d'inondations pour les mois de septembre à novembre 2020.

Source : ONACC 2020

Zones potentiellement à risque de glissement de terrain

Le tableau 74 et la figure 94 ci-dessous présentent les niveaux potentiels de risque d'enregistrer des cas de glissements et/ou d'éboulements de terrain au Cameroun de septembre à novembre 2020. Ici, deux principaux niveaux de risque sont identifiés. Le risque potentiellement très élevé représenté par la couleur rouge et le risque potentiellement élevé représenté par la couleur jaune.

Il ressort des observations que le risque d'enregistrer des cas de glissement et/ou d'éboulement de terrain:

 est très élevés de terrain dans les départements ci-après :

- Lebialem (partie Nord), dans la **Région du Sud-Ouest** ;
- Bamboutos dans la **Région de l'Ouest** ;
- Momo, Ngo Ketundja, Mezam, Boyo, dans la **Région du Nord-Ouest** ;

 est élevé dans les Départements de :

- Mbam et Kim, Haute Sanaga, Mfoundi, Lékié, Nyong et Kéllé, Nyong et So'o, Nyong et Mfoumou, Mbam et Inoubou, dans la **Région du Centre** ;
- Vallée du Ntem, Dja et Lobo, Mvila, dans la **Région du Sud** ;
- Lom et Djerem, Kadéi, Haut Nyong, Boumba et Ngoko, dans la **Région de l'Est** ;
- Sanaga Maritime, Nkam, Mounjo, dans la **Région du Littoral** ;

- Manyu, Kupe Manenguba et Lebialem (partie Sud), dans la **Région du Sud-Ouest**;
- Noun, Hauts Plateaux, Ndé, Koung-Khi, Menoua, Haut-Nkam, Mifi, dans la **Région de l'Ouest**;
- Menchum, Donga-Mantung et Bui, dans la **Région du Nord-Ouest**.

Tableau 74: Niveau de risque de glissement de terrain par département pour les mois de septembre, octobre et novembre 2020 au Cameroun

Zones agro écologiques	Régions	Départements	Niveau de risque
Zone agro écologique à pluviométrie Bimodale	Centre	Mbam et Kim, Haute Sanaga, Mfoundi, Lekié, Nyong et Kellé, Nyong et so'o, Nyong et Mfoumou, Mbam et Inoubou	●
	Sud	Vallée du Ntem, Dja et Lobo, Mvila	●
	Est	Lom et Djerem, Kadei, Haut-Nyong, Boumba et Ngoko	●
Zone agro écologique à pluviométrie Monomodale	Littoral	Sanaga maritime, Nkam, Moungo	●
	Sud-ouest	Manyu, Kupe Manenguba, Lebialem (partie Sud), Lebialem (partie Nord)	●
Zone agro écologique des Hauts Plateaux	Ouest	Noun, Hauts-Plateaux, Ndé, Koung-Khi, Menoua, Haut-Nkam, Mifi	●
		Bamboutos	●
	Nord-ouest	Menchum, Donga-Mantung, Bui	●
		Momo, Ngo-Ketunja, Mezam, Boyo	●

La figure 93 présente les risques potentiels de glissement de terrain pour les mois de septembre, octobre et novembre 2020 au niveau national.

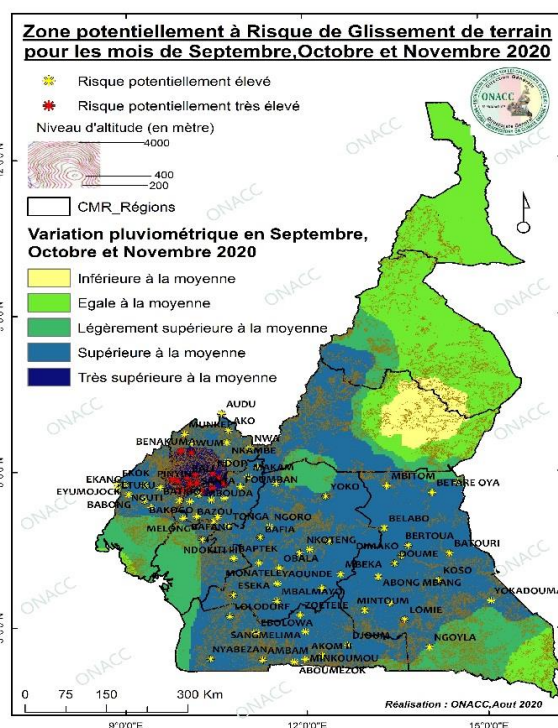


Figure 93 : Zones potentiellement à risques de glissement de terrain Pour les mois de septembre à novembre 2020.

Source : ONACC, 2020

DISCUSSION

En appliquant entre autres les critères d'évaluation de 07 indicateurs des changements climatiques (CDD, CWD, R96pTOT, R99pTOT, R10, R20 et RX5day) selon le GIEC (2013), le principe de Nicholson et l'indice SPI « Standardized Precipitation Index », il a été possible dans ce chapitre d'évaluer le niveau de sévérité de la pluviométrie au niveau national. Il ressort des résultats obtenus une évolution bien que différenciée au niveau régional et dans certaines localités, de certains indicateurs des changements climatiques. Les caractéristiques de ces indicateurs, leur évolution et leur occurrence indiquent qu'une perturbation du rythme pluviométrique s'opère sur le milieu physique du Cameroun depuis près d'un siècle.

Dans le même temps, les études de New et al. (2001), Christensen et al (2007), l'OMM (2013), le GIEC (2013), Nouarceur (2015) révélaient que le changement observé ces dernières décennies en Afrique tropicale s'est traduit par une intensification des pluies et une recrudescence des événements extrêmes très perceptibles à partir de 1970.

Dans la Seconde Communication Nationale sur les Changements Climatiques (2015), il est clairement indiqué que le Cameroun comme la plupart des pays de la zone tropicale est vulnérable aux effets néfastes du Changement Climatique, avec des manifestations qui se traduisent entre autres par : la récurrence des sécheresses extrêmes, des inondations, des vents violents, des mouvements de terrains auxquels on peut ajouter l'érosion, l'irrégularité et la mauvaise répartition des saisons, etc.

Les chercheurs tels que Suchel (1987), Tsalefac (2007) imputent la variabilité du climat actuelle à des processus naturels internes et aux facteurs externes issus du système climatique global. Selon eux, c'est le comportement de ces éléments du climat (température, vent, précipitations, etc.), qui varient effectivement à l'échelle spatiale et temporelle, ce qui confirme le caractère changeant du climat actuel.

D'autres auteurs tels que Morin (1986), Suchel (1988), Tchenga et al (2015) soulignent le fait que les études sur l'évolution du climat actuel en Afrique tropicale sont la conséquence d'une menace imputable au réchauffement climatique global de la planète. Selon ces auteurs, la cause première de ces bouleversements serait majoritairement liée à la modification de la circulation de l'atmosphère, probablement d'ordre cosmique ou planétaire. Dans le même ordre d'idée, pour lever l'énigme de cette situation, Amougou et al (2013, 2014, 2015 et 2016), Abossolo et al (2014, 2015, 2016 et 2017) ont pu à juste titre, identifier les centres d'actions atmosphériques des océans (Pacifiques, atlantiques, etc.) comme les principaux moteurs de la circulation atmosphérique, qui influencent le plus la dynamique du climat dans toute la zone du Golfe de Guinée et parfois au-delà. Il est important de préciser que bien avant cette dernière

vague de chercheur, les travaux de Nicholson, Hubert et Carbonel (2000), montraient déjà une tendance à une baisse généralisée de la pluviométrie interannuelle sur l'ensemble de l'Afrique de l'Ouest et Centrale non sahélienne. En s'attardant sur le terme « sécheresse au Sud », les résultats de leurs travaux indiquaient une diminution comprise entre 0,2% à 0,3% par décennie de la pluviométrie sur la plupart des régions intertropicales.

L'utilisation des méthodes de statistiques inférentielles, sur la base des corrélations réalisées sur de longues périodes (plus de 50 ans), a permis d'établir les inter-relations entre les différents facteurs du climat dans la zone du Golfe de Guinée et d'en tirer les plus pertinentes conclusions. Il est donc clair que les perturbations climatiques observées en Afrique tropicale ce dernier siècle prennent leurs sources dans des phénomènes qui vont au-delà des frontières climatiques régionales ou locales. Cette situation est selon Assani, (1999) à l'origine de la multiplication des situations météorologiques observées tels que les inondations, les ouragans, les sécheresses et incendies de forêt.

CONCLUSION

Le présent chapitre avait pour objectif de faire une analyse de la dynamique et de l'occurrence des événements pluviométriques extrêmes au Cameroun de 1950 à 2015. Pour cela, une analyse des séries temporelles de la pluviométrie issues de 10 stations météorologiques régionales, qui disposent des données fiables et ininterrompues de 1950 à 2015 a été faite. Pour analyser la dynamique des événements pluviométriques extrêmes, les méthodes d'évaluation des indicateurs des Changements Climatiques selon les critères du GIEC (2013), les méthodes de calcul de l'indice SPI « Standardized Precipitation Index » et le principe de Nicholson ont été utilisées. À l'issue des calculs effectués, une Matrice Graphique Chronologique de Traitement de l'Information (MGCTI), connue sur le nom de « Matrice de Bertin » a été élaborée.

À l'issue de l'analyse des indices pluviométriques élaborés selon les critères du GIEC, il ressort que Maroua connaît une diminution du nombre maximal de jours de très fortes précipitations (CDD) et du volume des précipitations supérieures au 95e percentile, ainsi que le volume des précipitations supérieures au 99e percentile entre 1950 et 2015. Par ailleurs, une baisse du volume maximal des précipitations tombées pendant cinq jours consécutifs est également observée. À Garoua, le nombre maximal de jours pluvieux consécutifs (CDD) est en augmentation, tandis qu'à l'indice du nombre maximal de jours secs consécutifs (CWD) est en diminution, au même titre que le nombre de jours très humides (R96pTOT), l'indice du nombre des jours extrêmement humides (R99pTOT), l'indice des jours humides (R10) et très humides (R20) et l'indice des jours consécutifs sans pluies (RX5day). À Ngaoundéré, le nombre maximal

de jours pluvieux consécutifs augmente au même titre que le nombre maximal de jours très humides et le cumul maximal des précipitations tombées en cinq jours consécutifs. À l’opposé, le nombre maximal de jours secs consécutifs affiche une évolution à la baisse, ainsi que le nombre maximal de jours de fortes précipitations, et le nombre maximal de jours extrêmement humides. Le nombre maximal de jours secs diminue au même titre que l’indice du nombre maximal de jours pluvieux et le nombre de jours de fortes et de très fortes précipitations à Yaoundé. De plus, le cumul maximal des précipitations supérieures aux 95^e et 99^e percentiles, et du cumul maximal des précipitations tombées durant cinq jours consécutifs diminuent à la même localité.

Il ressort des observations que le nombre maximal de jours pluvieux consécutifs, l’indice du nombre maximal de jours secs consécutifs enregistrés, le nombre de jours de fortes précipitations, ainsi que le nombre de jours de très fortes précipitations, le cumul maximal des précipitations tombées durant cinq jours consécutifs et le cumul maximal des précipitations supérieures au 99^e percentile sont à la baisse à Bertoua. Contrairement à cela, l’indice du cumul maximal des précipitations supérieures au 95^e percentile est à la hausse au même titre que l’indice du nombre de jours très humides.

Les résultats indiquent une diminution du nombre maximal de jours pluvieux consécutifs au même titre que le cumul maximal des précipitations supérieures au 95^e percentile, le nombre de jours de fortes précipitations, le nombre de jours de très fortes précipitations et le cumul pluviométrique maximal enregistré pendant cinq jours consécutifs à Ebolowa. Pour la même localité, le nombre maximal de jours secs consécutifs et le cumul maximal des précipitations supérieures au 99^e percentile sont en augmentation. Pour ce qui est de Bafoussam, le nombre maximal de jours pluvieux et de jours secs consécutifs, le nombre de jours de fortes précipitations, le nombre de jours de très fortes précipitations et le nombre de jours très humides sont en diminution.

En ce qui concerne Bamenda, le nombre de jours pluvieux consécutifs, le nombre de jours de très fortes précipitations, les indices du cumul maximal des précipitations supérieurs aux 95^e et 99^e percentiles présentent chacun une tendance à la baisse. Pour la même localité, le nombre de jours secs consécutifs augmente au même titre que l’indice du cumul maximal des précipitations tombées durant cinq jours consécutifs. Les résultats révèlent que l’indice du nombre de jours de fortes et de très fortes précipitations, le nombre maximal de jours pluvieux consécutifs et le cumul maximal des précipitations supérieures au 99^e percentile sont en diminution à Mamfe. Pour cette même localité, le nombre maximal de jours secs consécutifs, le cumul maximal des précipitations supérieures au 95^{ème} percentile et le cumul maximal des

précipitations tombées pendant cinq jours consécutifs sont en augmentation progressive. Les résultats révèlent une diminution de l'indice du nombre maximal de jours pluvieux, du nombre de jours de fortes précipitations, du nombre jours de très fortes précipitations, du cumul maximal des précipitations supérieures aux 95e et 99e percentiles et du cumul maximal des précipitations tombées durant cinq jours consécutifs à Douala.

Grâce au principe de Nicholson, le degré de sécheresse pluviométrique a été classifié afin de détecter les périodes de forte et de faible sévérité pluviométrique pour les différentes localités. L'étude révèle que la classe inférieure à 6 jours est en augmentation à Maroua, tandis que les 2 classes supérieures à 7 jours sont en régression. Pour Garoua, la classe inférieure à 6 jours est en augmentation au même titre que la classe supérieure à 14 jours, tandis la classe comprise entre 7 et 14 jours est en nette régression. Les résultats révèlent une augmentation des trois classes successives sans pluies à Ngaoundéré.

L'observation faite à Yaoundé montre que la classe inférieure à 6 jours et la classe supérieure à 14 jours sont en augmentation, tandis que la classe comprise entre 7 et 14 jours est en régression. Pour Bertoua, seule la classe comprise entre 7 et 14 jours est en diminution, tandis que les deux autres classes (inférieur à 6 jours et la classe supérieure à 14 jours) sont en augmentation. Il ressort que la classe inférieure à 6 jours et la classe comprise entre 7 et 14 jours sont en diminution à la station d'Ebolowa, et s'opposent à la classe supérieure à 14 jours en augmentation. L'étude révèle que les trois classes sont en régression à Bafoussam, tandis que la classe inférieure à 6 jours est en augmentation. La classe comprise entre 7 et 14 jours et celle supérieure à 14 jours sont en régression à Bamenda. Le nombre de jours successifs sans pluies inférieur à 6 jours est en régression, au même titre que le nombre de jours successifs sans pluies supérieur à 14 jours à Mamfe, tandis que le nombre de jours successifs sans pluies compris entre 7 et 14 jours est en augmentation. L'étude révèle que la classe comprise entre 7 et 14 jours et la classe supérieure à 14 jours sont en augmentation, et s'oppose à la classe inférieure à 6 jours en diminution à Douala.

Le principe de l'indice de Nicholson a également permis de déterminer l'occurrence de la sécheresse pluviométrique dans les différentes localités sur la période de l'étude. Il ressort que l'SPI est faible pendant la période humide et plus élevé pendant la période sèche. Par ailleurs à l'échelle annuelle, le SPI est très faible pour de nombreuses Régions surtout entre 1970 et 2000. Période qui correspond aux phases de sécheresse qu'à connue toute la zone tropicale africaine sur les 50 dernières années. En se fondant sur l'analyse des données pluviométriques enregistrées à Maroua, 05 années (représentant 7,57% sur les 66 années) sont modérément sèches (1971 ;

1973 ; 1990 ; 1993 ; 1998), 04 années sont très sèches (1964 ; 1985 ; 1986 ; 1997), et seule l'année 1983 est extrêmement sèche, avec une occurrence d'une fois tous les 66 ans.

L'étude révèle que 08 années (1950, 1953, 1954, 1956, 1970, 1983, 1984, 1987) sur les 66 connaissent une sécheresse de modérée à extrême, avec 03 années (1953, 1956, 1987) de grandes sécheresses et 03 autres années (1950, 1983 et 1984) d'extrême sécheresse. Ce type de sécheresse apparaît 02 fois tous les 22 ans à Garoua. A Ngaoundéré, 06 années (1950, 1970, 1979, 1983, 1984 et 1993) connaissent une sécheresse pluviométrique allant de modérée à l'extrême, dont deux d'entre elles (1979 et 1984) sont extrêmement sèches, avec une occurrence d'une fois tous les 33 ans, et des volumes pluviométriques qui ne dépassent pas 1200 mm de pluies. Pour ce qui est de Yaoundé, l'indice SPI est en nette régression sur la période de l'étude. L'analyse de l'évolution annuelle de cet indice révèle que l'année 1992 présente un indice SPI le plus faible (inférieur à -2,11), traduisant ainsi une année où la sécheresse a été la plus forte, avec le volume pluviométrique le plus bas, moins de 1300 mm de pluies. À Bertoua comme dans les autres localités de la zone forestière, on a observé une forte variabilité annuelle de l'SPI, marquée par trois différentes phases, dont la première humide qui a duré près de 27 ans (de 1951 à 1978), avec un record d'humidité en 1962. La seconde phase sèche a duré 23 ans également, de 1979 et 2004. Pour cette série, l'année 2002 enregistre le plus faible indice (-0,22), c'est par ailleurs l'année la moins arrosée, avec un cumul de 1201mm de pluies. La troisième phase est humide, et couvre la période comprise entre 2005 et 2015.

Ebolowa a connu une alternance d'une phase sèche et d'une phase humide à durées variables, dont la première, sèche a duré 08 ans (de 1950 à 1958), et la seconde phase humide s'est étalée sur 20 ans (de 1959 à 1979). Ainsi, Ebolowa comme les autres localités de la zone forestière à pluviométrie bimodale connaît des phases de sécheresse isolées, avec une récurrence d'une fois toutes les 66 années. Pour ce qui est de Bafoussam, l'indice SPI est en diminution de 1950 à 2015. Cette régression s'accompagne d'une alternance d'années sèches et pluvieuses. Les années 1983 et 2013 connaissent des sécheresses extrêmes, avec chacun un indice inférieur à -2. Ces types de sécheresse ont une occurrence d'une fois tous les 33 ans.

Pour ce qui est de Bamenda, à l'exception des deux périodes (1986 à 1991 et de 2003 à 2011) qui ont été très humides, avec un indice SPI, compris entre 0 et +0,6, l'indice a été en grande majorité autour de la moyenne. Ces résultats indiquent que seules les années 1950, 1972, 1973 et 1995 enregistrent un indice SPI compris entre la sécheresse modérée et la grande sécheresse. Celles-ci apparaissent une fois tous les 66 ans. De ces résultats, il ressort que les conditions pluviométriques ont été en général stables à Bamenda, avec un seuil d'humidité atteint en 1987, pour un indice SPI de 1,5.

L'observation faite à Mamfe montre qu'une phase humide alterne avec une phase sèche entre 1950 et 2015. Malgré cette alternance, l'observation du comportement de l'indice SPI montre un caractère climatique beaucoup plus humide que sec. Malgré cela, des poches de sécheresses ont alimenté la localité, avec 09 années qui ont présentent un indice SPI compris entre modérée et sécheresse extrême, ce qui représente 13,6% sur les 66 années. Pour ces 09 cas, l'année 2003 a connu la sécheresse la plus extrême, avec in indice SPI inférieur à -2. Pour le cas de Douala, seule l'année 1984 connaît une sécheresse extrême. L'humidité est permanente à Douala, avec des valeurs de l'indice à près de 80% des cas autour de la moyenne, comprise entre -0,99 à +0,99. Les cas de sécheresse extrême apparaissent une fois tous les 66 ans à Mamfe et à Douala.

DEUXIEME PARTIE :

**PRINCIPALES CAUSES DE LA DYNAMIQUE DE LA
PLUVIOMETRIE AU CAMEROUN ET PROPOSITION
D'UN MODELE DE PREVISION DES QUANTITES DE
PRECIPITATIONS**

CHAPITRE 3

DYNAMIQUE DES CENTRES D' ACTIONS DES AÇORES ET DE L'ILE SAINTE HELENE SUR LA PLUVIOMÉTRIE AU CAMEROUN DE 1950 A 2015

INTRODUCTION

L'océan joue un rôle primordial dans l'équilibre du système climatique global, à cause des interactions qui se déroulent entre l'atmosphère, l'océan lui-même et le soleil. En tant que principal moteur de la circulation atmosphérique, le soleil en traversant les couches de l'atmosphère agit par rayonnement électromagnétique sur les océans. L'énergie qu'il émet est simultanément absorbée à 30% par les surfaces continentales et à 70% par les surfaces océaniques, puis réémise dans l'atmosphère sous forme de flux de chaleur turbulents, sensibles ou latents (Diakhaté, 2015). Le chauffage des surfaces océaniques génère un gradient de pressions horizontales et met en action les vents atmosphériques (Nobre et al, 1996). Dans cette activité, les Températures de Surface Océanique (TSO) couplées à la pression atmosphérique jouent un rôle essentiel dans la stabilisation et la dynamique des alizés à l'origine de la formation des basses couches atmosphériques. La convergence des vents de surface (alizés) du Sud-Est et du Nord-Est forme selon Biasutti et al. (2004), une ceinture tropicale encore appelé Front Intertropicale (FIT), qui joue un rôle central dans l'équilibre de la circulation atmosphérique dans les tropiques, le transport de chaleur de la zone intertropicale vers les pôles et l'équilibre entre l'eau et l'énergie dans la troposphère. Selon Grist et al. (2001), la migration saisonnière du FIT joue un rôle important dans la régulation du climat dans la bande tropicale. Des auteurs tels que Tomas et al (1997); Stevens et al (2002) ; Small et al (2008) ; Back et al (2009) ; Takatama et al (2012) ; Coëtlogon et al. (2013) évoquent chacun les liens de causalité entre les facteurs déterminants du climat observés au niveau des centres d'action subtropicaux et la convergence des vents de surface, contrôlés par les gradients des TSO pour justifier l'origine et l'intensité des précipitations dans la zone intertropicale. Les études de Tsalefac et al. (1990) ; Servat (1999) ; M'Biandoum et al. (2006) ; El Ghachi et al. (2011) ; Camberlin et al. (2011) ; El Ghachi et al. (2015) signalent que les quatre dernières décennies ont connu une forte variabilité de la pluviométrie en Afrique tropicale humide. Les dates des démarrages et de fins des saisons des pluies ne correspondent plus aux standards habituels. Dans certaines localités, les pluies commencent plus précocement que d'habitude, et finissent précocement. Dans d'autres régions elles démarrent précocement et finissent tardivement, et vice versa. Cette instabilité des démarrages et des fins des saisons des pluies s'accompagne d'une mauvaise répartition dans le temps desdites précipitations. C'est pour cette raison que Mahaman (2011) évoque l'importance

des facteurs géographiques locaux, ainsi que le rôle des centres d'actions atmosphériques pour justifier la variation de la distribution spatiale et temporelle de la pluviométrie en Afrique tropicale. Le présent chapitre a pour objectif de mettre en évidence l'importance des facteurs déterminants du climat, notamment ceux observés au niveau des anticyclones des Açores, de l'île Sainte Hélène sur la dynamique de la pluviométrie, notamment les dates des démarrages et des fins des saisons de pluies, la longueur des saisons et l'intensité des précipitations au Cameroun de 1950 à 2015.

1. INFLUENCE DES ANTICYCLONES DES AÇORES ET DE L'ILE SAINTE HELENNE SUR LES DATES DE DÉMARRAGES ET DES FINS DES SAISONS DES PLUIES.

Les dates des démarrages des saisons des pluies sont des grandeurs d'une extrême importance pour le déroulement des activités à forte dépendance du climat telles que l'agriculture, l'élevage, la pêche, le tourisme, la sécurité alimentaire, l'eau et l'hydroélectricité, la flore et la faune, etc. Actuellement, plusieurs critères déterminent les dates les plus exactes des débuts et des fins des saisons des pluies, parmi lesquelles les critères de Lamb (1978) ; de Nicholson (1979 et 1980) ; de Stern et al. (1981) ; de Sivakumar (1987) ; d'Erpikum et al. (1988) ; de Balme (2005). Ces auteurs identifient deux principaux critères, notamment les critères « climatique » et « agronomique ». Le critère climatique prend comme date d'installation et des fins de saisons des pluies. Les dates des débuts et des fins des événements pluvieux indiquent selon Balme (2005), l'apparition et la disparition des champs de convection organisés sur une localité. Le second critère est « agronomique », il se fonde sur le postulat selon lequel le démarrage de la saison des pluies est postérieur au 1^{er} mai, avec au moins 20 mm de pluies sur 3 jours consécutifs, sans épisode sec excédent 7 jours dans les 30 jours qui suivent (pour éviter les faux départs). La date de fin de la saison des pluies, dans le cas de la bande soudano-sahélienne par exemple, se situe après le 1^{er} septembre, avec 20 jours consécutifs sans pluies.

La complexité du système climatique tient du fait que plusieurs facteurs terrestres, atmosphériques, océaniques et/ou interplanétaires interagissent (Florides, 2009 et Beniston, 2009). Certains de ces facteurs respectent les lois physiques, avec une forte variabilité dans le temps, tandis que d'autres restent encore aléatoires (Boubakar Karim, 2012). Compte tenu de l'importance que requiert la maîtrise des démarrages des saisons pour la planification des activités socio-économiques, les auteurs tels que Lamb (1978), Nicholson (1979 et 1980), Tsalefac (1990) insistent sur les mécanismes globaux à l'origine du déclenchement et des fins des saisons des pluies en Afrique tropicale.

Dans le contexte Camerounais, la méthode de Sivakumar sert dans le cadre de ce chapitre à identifier et à caractériser les dates des démarrages et des fins des saisons des pluies. Il est question par la suite question grâce aux méthodes de statistique inférentielle, d'établir les relations de causalité entre les facteurs déterminants du climat et les dates des débuts et des fins des saisons des pluies.

2.1. Influence des facteurs déterminants du climat sur les dates de démarrages et des fins des saisons des pluies à Maroua et à Garoua de 1950 à 2015.

a) Facteurs déterminants du climat et dates des débuts des saisons des pluies d'avril à juillet de 1950 à 2015.

Le tableau 75 présente les caractéristiques des facteurs déterminants du climat (positions en latitude et en longitude des anticyclones des Açores et de l'île Sainte Hélène, TSO et pression atmosphérique enregistrées au niveau desdits anticyclones), et celles des dates des démarrages des saisons des pluies à Maroua et à Garoua de 1950 à 2015. L'analyse des caractéristiques observées montre que pour les deux localités, la saison des pluies démarre en général entre la fin du mois d'avril et le début du mois de juillet. Ce tableau indique qu'au niveau de l'hémisphère nord, l'anticyclone des Açores migre entre 30-42,5°N de latitude, et entre 20-44°E de longitude. Pendant cette période, la TSO au niveau de l'anticyclone des Açores varie entre 25,6 et 27,5°C, pour une pression atmosphérique comprise entre 1014 et 1025hpa. Pour la même période au niveau de l'hémisphère sud, l'anticyclone de l'île Sainte Hélène migre entre 40-30°S de latitude, et entre 5-64°E de longitude, la TSO varie entre 22,5°C et 26°C, pour une pression atmosphérique comprise entre 1015 et 1025hpa.

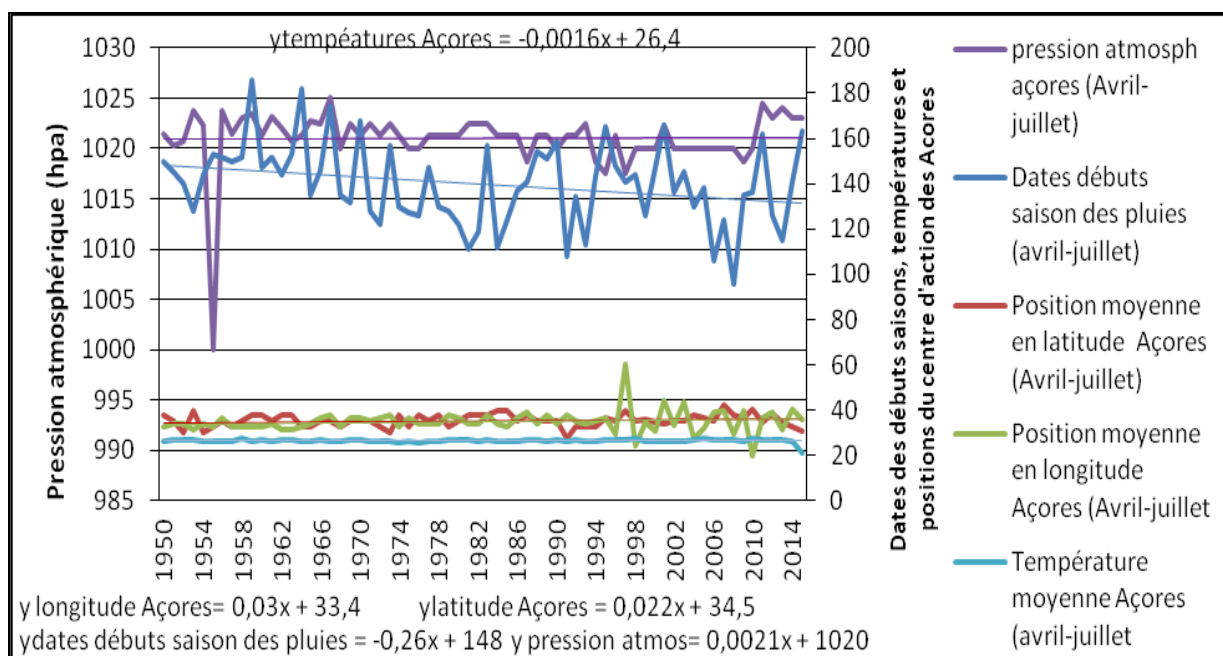
Tableau 75 : Caractéristiques des facteurs déterminants du climat et des dates de démarrage de la saison des pluies à Maroua et à Garoua d'avril à juillet de 1950 à 2015.

Variables	Effectif (années)	Max	Min	Moy	Probabilités d'enregistrer des années inférieures à la moyenne	Probabilités d'enregistrer des années supérieures à la moyenne	Ecart type
Dates débuts saison des pluies à Maroua (jour)	66	186	96	140	48,5%	51,5%	18,02
Dates débuts saison des pluies à Garoua (jour)		165	60	122	51,78%	48,2%	20,4
Positions en latitude anticyclone Açores (degré)		50	31,5	35,3	60%	40%	2,82
Positions en longitude anticyclone Açores (degré)		44	20	34,36	58,46%	41,5%	4,91
Pression atmosphérique anticyclone Açores (hpa)		1024,5	1014	1021	36,92%	63,07%	3,04
TSO Açores (°C)		27,5	25,6	26,42	53,84%	46,15%	0,78
Positions en latitude anticyclone Sainte Hélène (degré)		50	36,25	36	63,07%	36,92%	2,38
Positions en longitude anticyclone sainte Hélène (degré)		63,25	3,8	23,28	63,07%	36,92%	15,88
Pression atmosphérique sainte Hélène (hpa)		1024,5	1015	1021	58,46	41,53	1,5
TSO Sainte Hélène (°C)		26	22,5	25,25	46,15	53,8	0,53

Source des données : DMN, ASECNA, NOAA, 2015

Réalisation : Auteur

La figure 94 montre une tendance à la baisse des dates de démarrage des saisons des pluies à Maroua et à Garoua. Cette tendance à la baisse indique des débuts de plus en plus précoces des pluies dans ces deux localités. Pendant ce temps, au niveau de l'hémisphère Nord, la tendance à la l'augmentation de la latitude et de la longitude indique que l'anticyclone des Açores migre de plus en plus au-delà de ses moyennes habituelles (35,3°N de latitude et 34°E de longitude). Au niveau de l'hémisphère Sud, la TSO et la pression atmosphérique présentent une tendance à l'augmentation par rapport à leurs moyennes habituelles (25,25°C pour 1021 hpa). La figure 106(b) indique une tendance à l'augmentation de la latitude et de la longitude, ce qui indique que l'anticyclone de l'île Sainte Hélène migre au-delà de ses positions moyennes qui sont de 36°N de latitude et de 23°E de longitude.



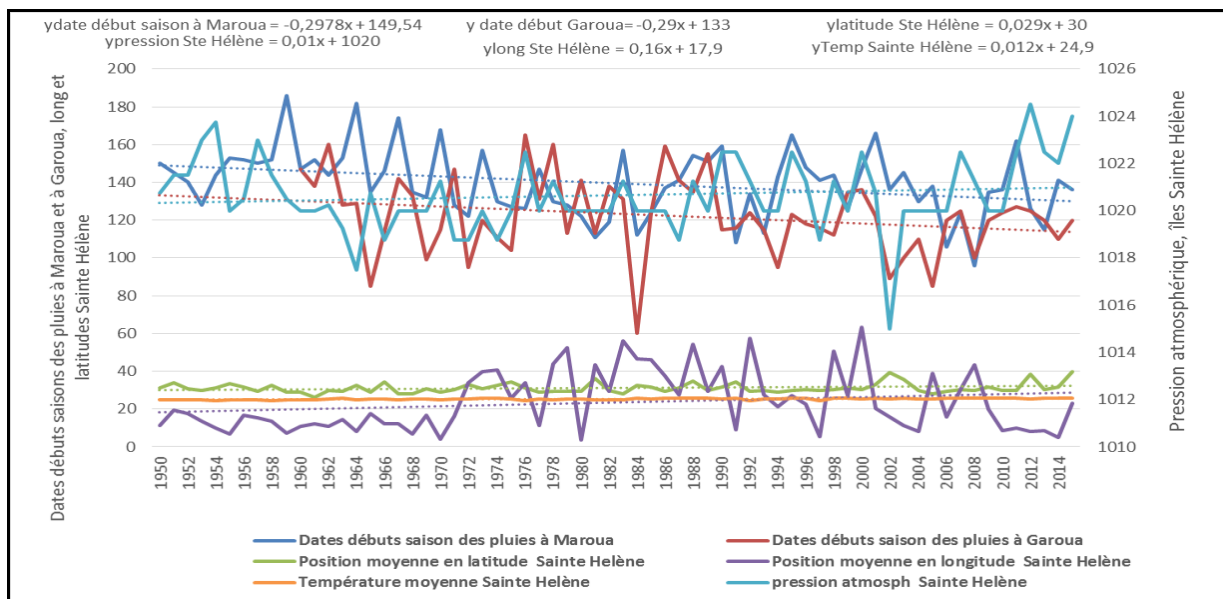


Figure 94 : Tendances évolutives des dates des débuts de la saison des pluies à Maroua et à Garoua et facteurs déterminants observés au niveau des anticyclones des Açores (a) et de l'île Sainte Hélène (b) d'avril à juillet de 1950 à 2015.

Source des données: DMN, ASECNA, NOAA, 2015

Réalisation : Auteur

Pour mieux exprimer la dynamique des dates des débuts des saisons des pluies, il est question à la figure 95a de faire une analyse de la dispersion par rapport à la moyenne des différentes variables (dates des démarrages de la saison des pluies à Maroua et à Garoua et facteurs déterminants des deux anticyclones subtropicaux) pour la période comprise entre le mois d'avril et de juillet de 1950 à 2015. Les pluies sont susceptibles de démarrer à partir du mois d'avril dans les deux localités. La même figure indique que les dates des démarrages de la saison des pluies s'écartent de la moyenne (entre 1960 et 1980), et se rapprochent progressivement de celle-ci de 1981 à 2015 dans les deux localités. Cette observation est valable pour les positions en latitude de l'anticyclone des Açores qui s'écarte de la moyenne entre 1960 et 1995, et se rapproche de celle-ci de 1996 à 2015. La figure 95b montre que les positions de l'anticyclone des Açores s'écartent progressivement de la moyenne à partir de 1950, pour atteindre leur seuil en 1970, et 1984, tandis que les TSO se rapprochent progressivement de celle-ci.

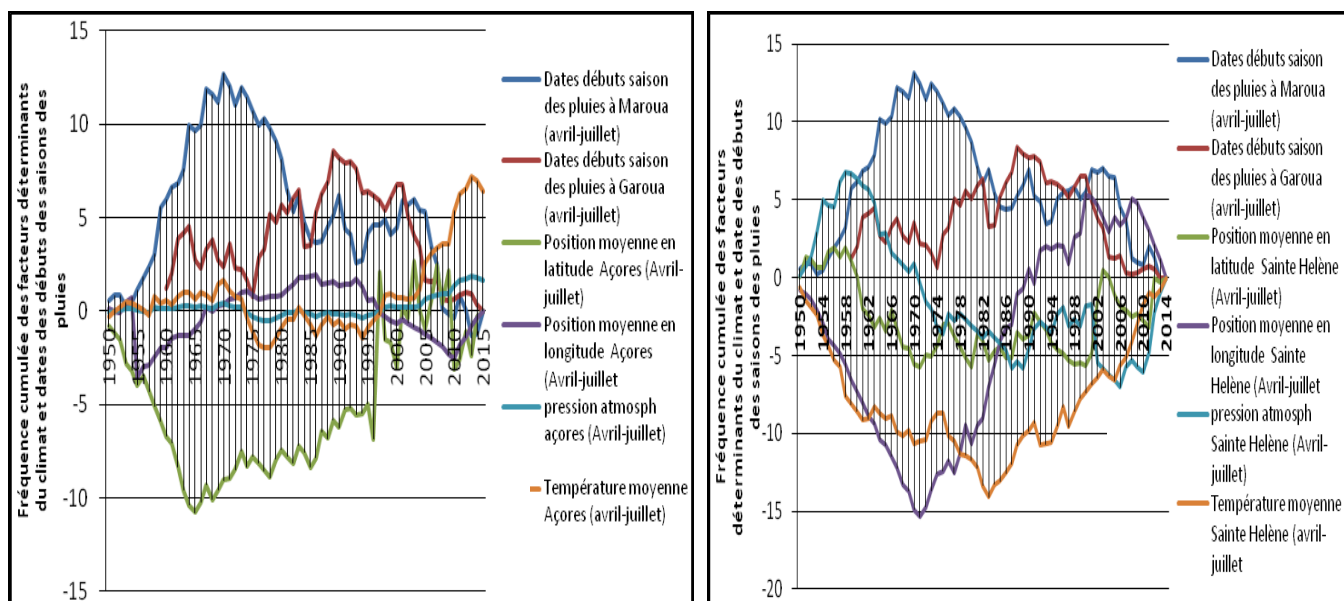


Figure 95 : Dispersion à la moyenne des dates des démarrages de la saison des pluies à Maroua et à Garoua et à Garoua et facteurs déterminants des anticyclones des Açores (a) et de l'île Sainte Hélène (b) d'avril à juillet de 1950 à 2015.

Source des données : DMN, ASECNA, NOAA, 2015

Réalisation : Auteur

b) Facteurs déterminants du climat et dates des fins des saisons des pluies entre le début du mois de septembre et la fin du mois d'octobre à Maroua et à Garoua de 1950 à 2015.

Entre septembre et octobre de 1950 à 2015, au niveau de l'hémisphère Nord, l'anticyclone des Açores migre à 55,4% des cas entre 30-43,3°N de latitude, et à 40% des cas entre 9-56,6°E de longitude (tableau 76). Pendant cette période, la TSO est inférieure à la moyenne (27,8°C), pour une pression atmosphérique supérieure à la moyenne (1020hpa).

Tableau 76 : Caractéristiques des facteurs déterminants du climat des anticyclones des Açores et de l'île Sainte Hélène et les dates des fins des saisons des pluies à Maroua et à Garoua de septembre à octobre de 1950 à 2015.

Variables	Effectif	Max	Min	Moy	Probabilité d'enregistrer un nbre d'années inférieur à la moyenne	Probabilité d'enregistrer un nbre d'années supérieur à la moyenne	Ecart type
Dates des fins des saisons des pluies à Maroua (jour)	66	299	220	269	50%	50%	13,8
Dates des fins des saisons des pluies à Garoua (jour)	56	301	235	275	41,07%	58,9%	16,8
Positions en latitude Açores (degré)	65	43,3	30	34,5	55,4%	44,6%	5,02
Positions en longitude Açores (degré)	65	56,66	9	33,3	40%	60%	9,132
Pression atmosphérique Açores (hpa)	65	1025	1014	1020	30,8%	70%	3,342
Température Açores (°C)	65	28,59	27,29	27,8	53,8%	46,15%	0,342
Positions en latitude sainte Hélène (degré)	65	46,6	30	32,2	58,4%	41,54%	3,26
Positions en longitude anticyclone sainte Hélène (degré)	65	63,3	0	15,8	70,76%	29,23%	14,2
Pression atmosphérique sainte Hélène (hpa)	65	1026,66	1016,6	1020,8	55,4%	44,6%	2,13
Température Sainte Hélène (°C)	65	23,69	22,23	22,9	47,69%	52,3%	0,32

Au niveau de l'hémisphère Sud, l'anticyclone de l'île Sainte Hélène migre entre 30-46,6°S de latitude et entre 0-63°E de longitude (figure 96). Dans le contexte de l'hémisphère Sud, la TSO et la pression atmosphérique sont supérieures à leurs moyennes historiques qui sont de 22,5°C pour une pression atmosphérique de 1020,8hpa respectivement. A 58,9% des cas, les pluies s'achèvent entre le 235^{ème} et le 301^{ème} jour de l'année à Maroua et entre le 220^{ème} et 299^{ème} jour de l'année à Garoua.

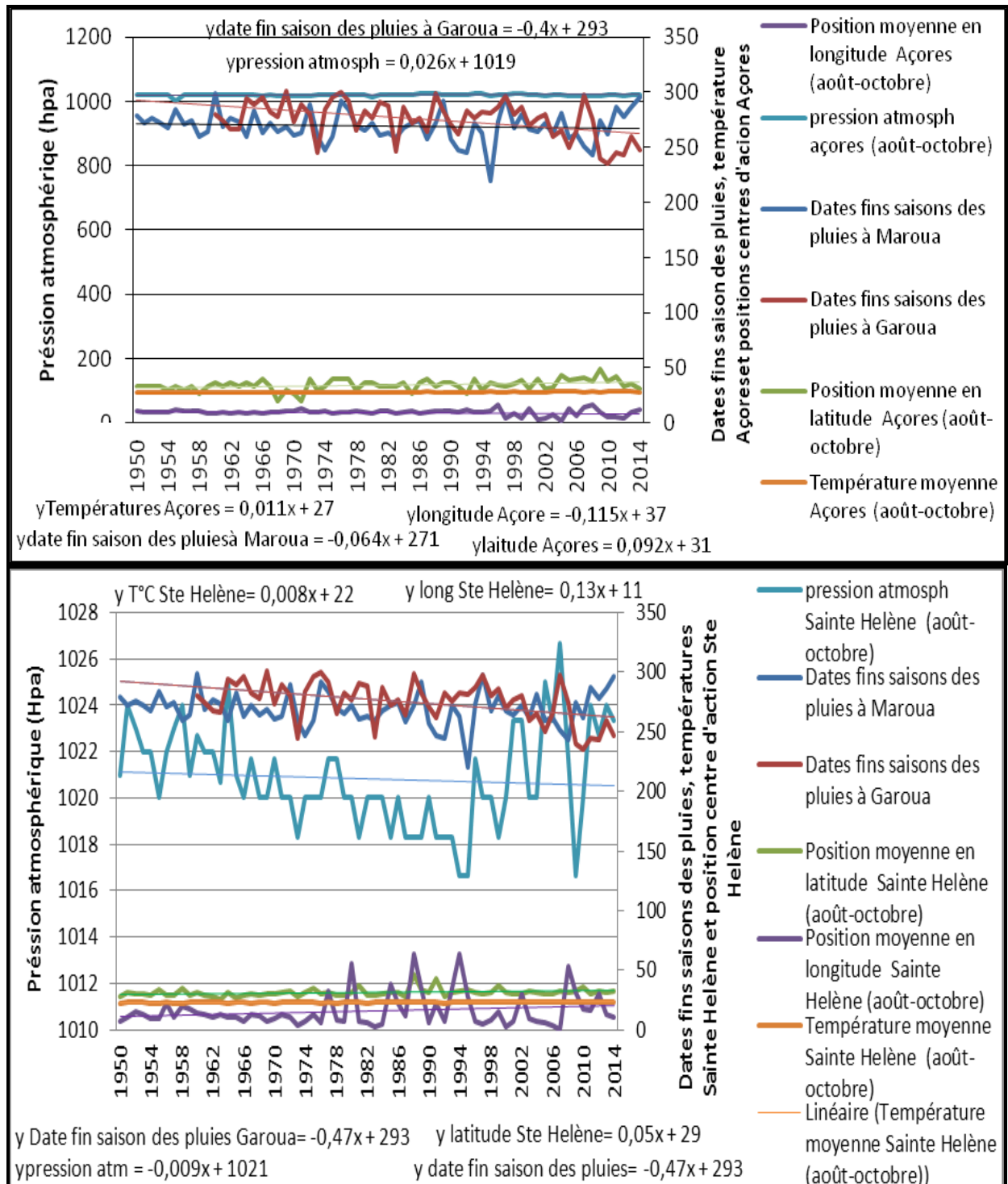


Figure 96 : Évolution des dates des fins des saisons des pluies à Maroua et à Garoua et des facteurs déterminants des anticyclones des Açores (a) et de l'île Sainte Hélène (b) de septembre à octobre de 1950 à 2015.

Une observation de l'évolution des fréquences cumulées permet de distinguer deux types de dispersions qui s'opposent les unes aux autres. Les fréquences à valeurs négatives concernent la TSO, les positions en latitude, en longitude et la pression atmosphérique enregistrées au niveau de l'anticyclone des Açores (figure 97). Les fréquences à valeurs positives concernent les dates des fins des saisons des pluies pour les 02 localités (Maroua et Garoua). En observant le comportement des différentes variables, il ressort que les dates des fins des saisons des pluies s'écartent progressivement de la moyenne à partir de 1965, pour atteindre un seuil en 2000, et se rapprochent de la moyenne de 2001 à 2015. La même observation est valable pour la TSO dont les fréquences s'écartent progressivement de la moyenne pour atteindre un seuil en 1996, elles se rapprochent de celle-ci entre 1997 et 2015.

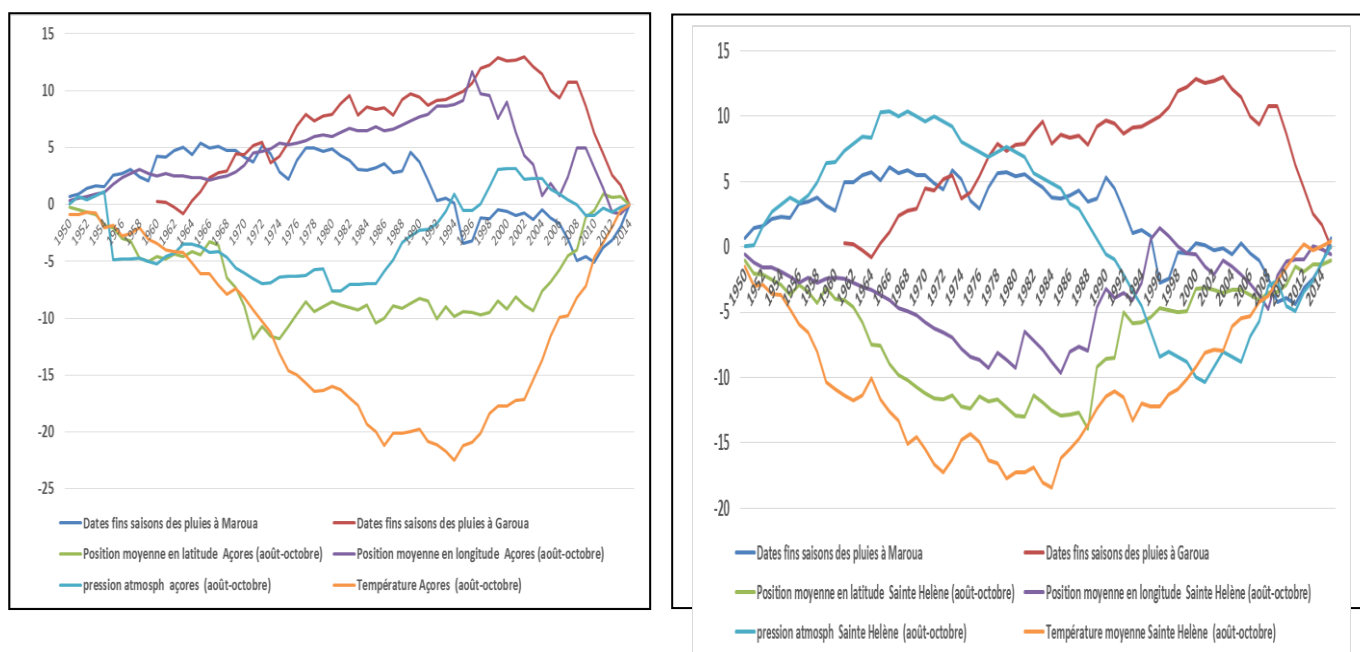


Figure 97: Dispersion à la moyenne des dates des fins des saisons des pluies à Maroua et à Garoua et facteurs déterminants des anticyclones des Açores (a) et de l'île Sainte Hélène (b) de septembre à octobre de 1950 à 2015.

Source des données : DMN, ASECNA, NOAA, 2015

Réalisation : Auteur

2.2. Facteurs déterminants du climat et les dates des débuts et des fins des saisons des pluies à Yaoundé, Bertoua et Ebolowa de 1950 à 2015.

Les facteurs déterminants du climat et les dates des débuts des saisons des pluies de février à avril de 1950 à 2015.

La plage des données disponibles indique que les pluies démarrent entre les mois de février et d'avril dans ces localités. Le tableau 77 relève les caractéristiques des dates des débuts des saisons des pluies et celles des facteurs déterminants des deux anticyclones subtropicaux. Sur

les 08 variables étudiées, 05 présentent une probabilité supérieure à la moyenne (80% pour la TSO et 61,53% pour la pression atmosphérique enregistrées au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène ; 74% pour la pression atmosphérique, 55,4% pour les positions en latitude et 53,84% pour les positions en longitude de l'anticyclone des Açores). Le même tableau révèle qu'à 51% des cas les pluies démarrent entre le début et la fin du mois de février à Bertoua ; à 62,5% des cas entre le début du mois de février et la fin du mois d'avril à Ebolowa et à 59% des cas au début du mois de mars à Yaoundé.

Tableau 77 : Caractéristiques des facteurs déterminants du climat et des dates des débuts des saisons des pluies de février à avril de 1950 à 2015 à Bertoua, Ebolowa et Yaoundé.

Variables	Effectif	Max	Min	Moy	Probabilité d'enregistrer un nombre d'années inférieur à la moyenne	Probabilité d'enregistrer un nombre d'années supérieur à la moyenne	Ecart type
Dates débuts saisons des pluies à Bertoua (entre	66	142	42	78	51%	49%	18,28
Dates débuts saisons des pluies à Ebolowa		87	19	59,16	37,50%	62,5	15,5
Dates débuts saisons des pluies à Yaoundé		117	42	74,12	59%	40,00%	13,09
Positions en latitude de l'anticyclone des Açores		52	16,67	32,7	44,60%	55,40%	5,1
Positions en longitude de l'anticyclone des Açores		43,3	20	34,62	46%	53,84%	4,57
Pression atmosphérique Açores		1028	1013	1020	26%	74%	3,7
TSO de l'anticyclone des Açores		26,83	24,93	25,67	59%	41,53%	0,39
Positions en en latitude de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène		36,67	26,67	31,72	55%	44,60%	2,38
Positions en en longitude de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène		71,67	1,67	22,8	58,46%	41,50%	15,5
TSO de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène		27,49	25,9	26,7	20%	80%	0,4
Pression atmosphérique de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène		1024	1015	1018	38,46%	61,53%	1,9

Source : DMN, ASECNA, NOAA, 2015

Réalisation : Auteur

La figure 98 montre les tendances évolutives des facteurs déterminants des deux anticyclones tropicaux et les tendances des dates des débuts des pluies à Yaoundé, Bertoua et Ebolowa de 1950 à 2015. Il ressort de cette figure que globalement les pluies démarrent de plus en plus tardivement dans ces trois localités. Pendant ce temps au niveau de l'hémisphère Nord, la température et la pression atmosphérique sont en augmentation progressive par rapport à leurs moyennes habituelles (25,67°C pour 1020hpa). Au niveau de l'hémisphère Sud, la TSO est en diminution par rapport à la moyenne (26,7°C), tandis que la pression atmosphérique est en augmentation par rapport à la moyenne (1018hpa).

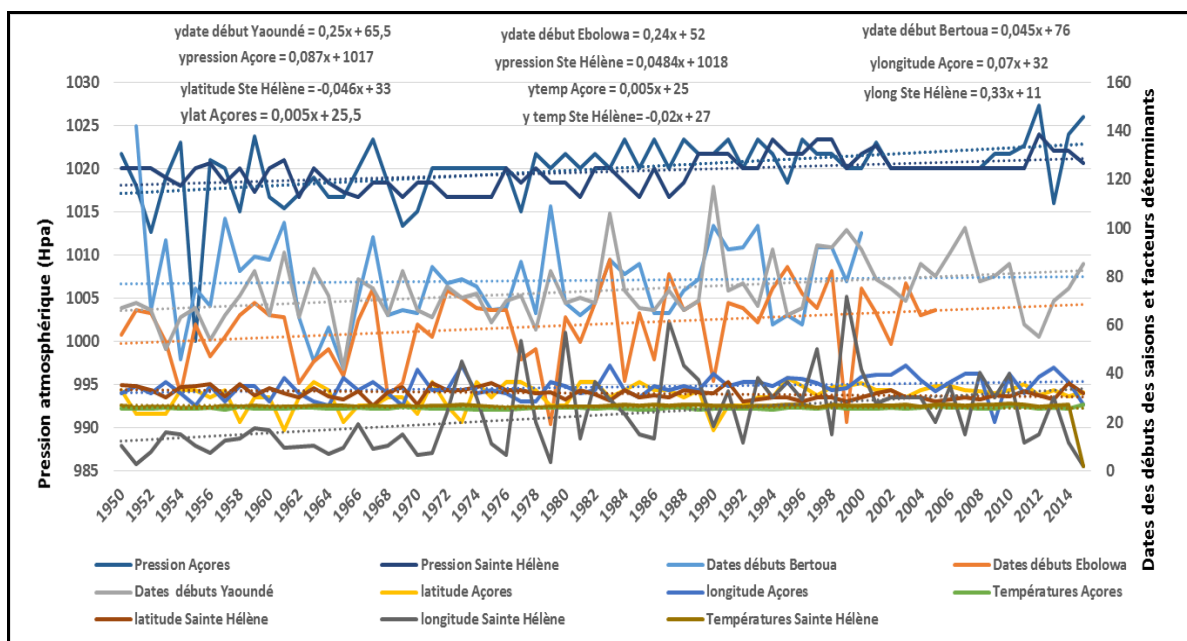


Figure 98 : Évolution des dates des débuts des saisons des pluies à Yaoundé, Bertoua et Ebolowa et facteurs déterminants des anticyclones des Açores et de l'île Sainte Héléne de 1950 à 2015.

Source : DMN, ASECNA, NOAA, 2015

Réalisation : Auteur

Les résultats du test de corrélation de Bravais Pearson (tableau 78) indiquent que les positions en longitude de l'anticyclone des Açores et en latitude de l'anticyclone de l'île Sainte Héléne présentent une significativité aux seuils de significativité de 5 et de 1% respectivement sur les dates des débuts de la saison des pluies à Yaoundé. Les mêmes tests révèlent que la position en latitude l'anticyclone de l'île Sainte Héléne et la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores présentent une influence au seuil de significativité de 5% sur les dates des débuts des saisons des pluies à Bertoua de 1950 à 2015. La liaison est linéaire, significative et positive entre la migration en longitude de l'anticyclone des Açores et la migration en latitude de l'anticyclone de l'île Sainte Héléne et les dates des débuts des saisons des pluies à Bertoua et à Ebolowa.

Tableau 78 : Test de corrélation de Pearson entre les facteurs déterminants du climat et les dates des démarrages des saisons des pluies à Yaoundé, Bertoua et Ebolowa.

Variables		Positions en longitude Açores	TSO Açores	Positions en latitude (Sainte Héléne)
Dates débuts de la saison des pluies à Bertoua	Corrélation Pearson	-0,148	-0,27	0,099
	Sig. (bilatérale)	0,30	0,052*	0,496
	N	50	50	50
Dates débuts de la saison des pluies à Ebolowa	Corrélation Pearson	0,133	0,333	-0,312
	Sig. (bilatérale)	0,329	0,012**	0,019**
	N	56	56	56
Dates débuts de la saison des pluies à Yaoundé	Corrélation Pearson	-0,254	-0,170	-0,215

pluies à Yaoundé	Sig. (bilatérale)	0,039**	0,173	0,082*
	N	56	56	56

* significativité au seuil de 10% (bilatéral)

** significativité au seuil de 5%(bilatéral)

- **Les facteurs déterminants du climat et les dates des fins des saisons des pluies d'octobre à novembre de 1950 à 2015.**

Les données observées à Yaoundé, Bertoua et Ebolowa indiquent que les pluies s'achèvent entre les mois d'octobre et de novembre de 1950 à 2015. La moyenne se situe entre le 300 et le 341^{ème} jour à Yaoundé, entre le 274^{ème} et 349^{ème} jour de l'année à Bertoua et entre le 300^{ème} et le 365^{ème} jour de l'année à Ebolowa (Tableau 79).

Tableau 79 : Caractéristiques des facteurs déterminants du climat des anticyclones des Açores et de l'île Sainte Hélène et des dates des fins des saisons des pluies à Yaoundé, Bertoua et Ebolowa d'octobre à novembre de 1950 à 2015.

Variables	Effectif	Max	Min	Moy	Probabilité d'enregistrer un nbre d'années inférieur à la moyenne	Probabilité d'enregistrer un nbre d'années supérieur à la moyenne	Ecart type
Dates fins saisons des pluies à Yaoundé	66	341	300	315	56%	44%	11,45
Dates fins saisons des pluies à Bertoua	61	349	274	299	44,3%	55,74%	13,29
Dates fins saisons des pluies à Ebolowa	51	365	300	330	64,7%	35,30%	14
Positions en latitude anticyclone des Açores	65	48,7	29	33,12	51%	49%	6,2
Positions en longitude anticyclone des Açores	65	80	12,50	34,85	41,5%	58,50%	8,88
Pression atmosphérique anticyclone des Açores	65	1025	1014	1020,11	53,8%	46,20%	2,57
TSO anticyclone des Açores	65	28,4	26,82	27,56	52%	48%	0,34
Positions en latitude anticyclone de l'île Sainte Hélène	65	40	30,5	32,72	49%	51%	2,5
Positions en longitude anticyclone de l'île Sainte Hélène	65	72,5	2	18,9	69%	31%	16,05
Pression atmosphérique anticyclone de l'île Sainte Hélène	65	1025	1015	1020	43%	57%	1,99
TSO anticyclone de l'île Sainte Hélène	65	24,25	22,86	23,59	51%	49%	0,33

À 56% des cas les pluies s'achèvent avant la mi-octobre à Yaoundé, à 55,74% des cas au mois de novembre à Bertoua et 64,7% des cas au mois d'octobre à Ebolowa. Pendant cette même période, à 58,5% des cas l'anticyclone des Açores est à une position au-dessus de la moyenne (34,85°E), à 51% des cas l'anticyclone de l'île sainte Hélène est à une position au-dessus de la moyenne (31,72°N).

Pour ces différentes positions, la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores est à 52% des cas inférieure à la moyenne (27,56°C), pour une pression atmosphérique à 53,8% des cas inférieure à la moyenne (1020,11hpa), tandis que la TSO au niveau d'anticyclone de l'île Sainte Hélène est à 51% des cas inférieure à la moyenne (23,59°C) pour une pression atmosphérique à 57% des cas supérieure à la moyenne (1020hpa). La figure 99 présente l'évolution des tendances des facteurs déterminants enregistrés au niveau des deux anticyclones et les tendances des dates des débuts des pluies à Yaoundé, Bertoua et Ebolowa de 1950 à 2015.

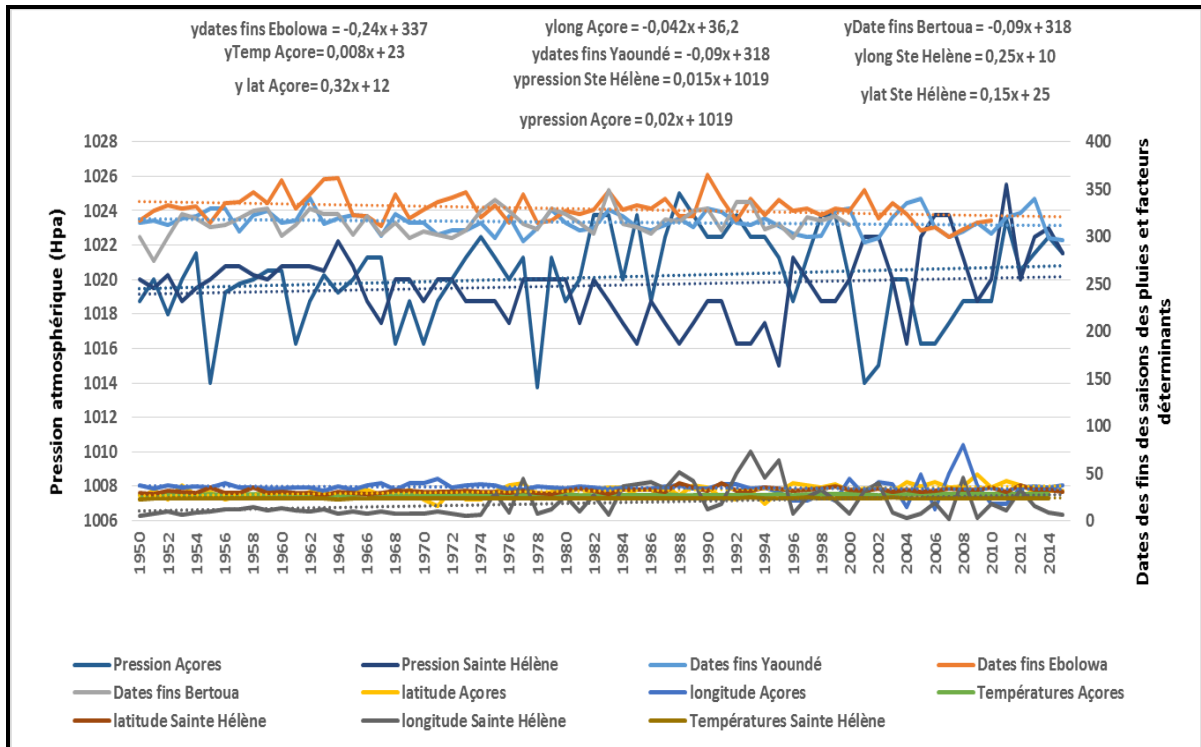


Figure 99 : Évolution des dates des fins des saisons des pluies à Yaoundé, Bertoua et Ebolowa et des facteurs déterminants des anticyclones des Açores et de l'île Sainte Hélène de 1950 à 2015.

Source : DMN, ASECNA, NOAA, 2015

Réalisation : Auteur

L'analyse de la dispersion autour de la moyenne ci-dessus révèle que 04 variables (migration en latitude de l'anticyclone des Açores, TSO, pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores et dates des fins des saisons des pluies à Bertoua) s'éloignent faiblement de leurs moyennes respectives (figure 100a). Les 03 autres variables (dates des fins des saisons des pluies à Ebolowa, à Yaoundé et la migration en longitude de l'anticyclone des Açores) présentent des écarts très relevés par rapport à leurs moyennes respectives. La figure 100b révèle que les 04 autres variables (position en latitude et en longitude de l'île Sainte Hélène, TSO de l'île Sainte Hélène et les dates des fins des saisons des pluies à Bertoua) s'éloignent faiblement de la moyenne.

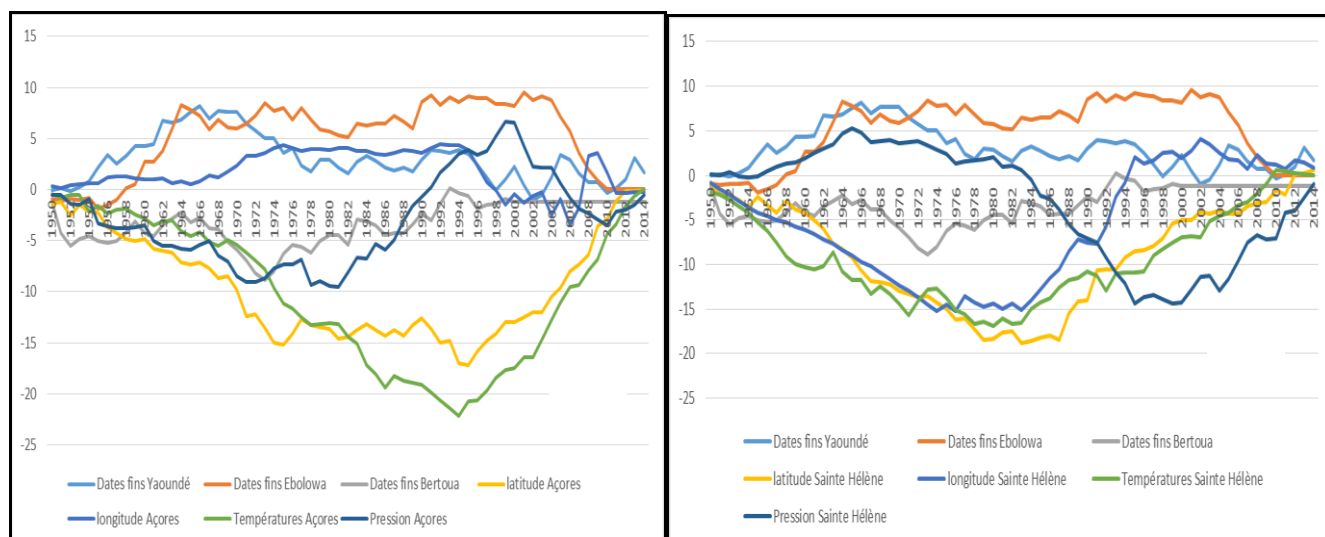


Figure 100 :Dispersion à la moyenne des dates des fins des saisons des pluies à Yaoundé, Bertoua et Ebolowa et facteurs déterminants des anticyclones des Açores (a) et de l'île Sainte Hélène (b) de 1950 à 2015.

Source : DMN, ASECNA, NOAA, 2015

Réalisation : Auteur

2.3. Influence des facteurs déterminants du climat sur les dates des débuts et des fins des saisons des pluies à Ngaoundéré, Bafoussam et Bamenda de 1950 à 2015.

- Facteurs déterminants du climat et dates des débuts des saisons des pluies

La saison des pluies démarre entre 68% et 70% des cas entre la première quinzaine du mois de février et la fin du mois d'avril respectivement à Ngaoundéré, Bafoussam et Bamenda. Le tableau 80 indique que pendant cette période, l'anticyclone des Açores migre à 64% des cas entre 30,77-45°N de latitude, et à 66% des cas entre 34,62-60°E de longitude.

Tableau 80 :Caractéristiques des facteurs déterminants du climat et dates des débuts des saisons des pluies à Bafoussam, Bamenda de Ngaoundéré de février à avril de 1950 à 2015.

Variables	Effectif	Max	Min	Moy	Probabilité d'enregistrer un nbre d'années inférieur à la moyenne	Probabilité d'enregistrer un nbre d'années supérieur à la moyenne	Ecart type
Dates débuts saisons des pluies à Bafoussam	60	112	44	79,5	32%	68%	13,8
Dates débuts saisons des pluies à Ngaoundéré	57	145	67	102	30%	70%	15,5
Dates débuts saisons des pluies à Bamenda	60	115	39	73,63	30%	70%	16,7
Positions en latitude de l'anticyclone des Açores (degré)	65	42,33	30	30,77	36%	64%	5,10
Positions en longitude de l'anticyclone des Açores (degré)	65	43,33	20,0	34,62	34%	66%	4,5
Pression atmosphérique de l'anticyclone des Açores (Hpa)	65	1028,33	1013	1020	27%	73%	3,75
Température anticyclone des Açores	65	28,4	26,95	27,56	48%	52%	0,39
Positions en latitude de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène (degré)	65	42,67	29,67	33,72	29%	71%	2,38
Positions en longitude de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène (degré)	65	71,67	1,67	22,86	27%	73%	15,5
Pression atmosphérique de l'anticyclone de l'île	65	1024	1016,	1020	31%	69%	1,9

Sainte Hélène (Hpa)			67				
TSO anticyclone de l'�le Sainte Hélène (�C)	65	24,24	22,86	23,59	40%	60%	0,41

Pour ces différentes positions, les valeurs de la TSO et de la pression atmosphérique au niveau de l'anticyclone des Açores sont au-dessus de la moyenne (27,56 C pour la TSO et 1020 hpa pour la pression atmosphérique). A l'hémisphère Sud, l'anticyclone de l' le Sainte Hélène migre à 71% des cas entre 31,72-45 N de latitude et à 73% des cas entre 10-22,86 E de longitude. Ledit tableau révèle que ces positions s'accompagnent à 69% d'une augmentation de la TSO par rapport à la moyenne historique (23,59 C), et de la pression atmosphérique par rapport à la moyenne (1020hpa).

La figure 101 présente les tendances évolutives des facteurs déterminants des deux anticyclones tropicaux et celles des dates des débuts des saisons des pluies à Bafoussam, Bamenda et Ngaoundéré de février à avril de 1950   2015. Il ressort de cette figure une tendance à l'augmentation des dates des débuts de saison des pluies à Bafoussam, ce qui indique que les pluies démarrant de plus en plus tardivement. La tendance à la baisse observée à Bamenda montre que les débuts de saison des pluies sont plus en plus précoces. Pour ce qui est des facteurs déterminants, il ressort de la figure qu'à l'hémisphère Nord, les TSO et la pression atmosphérique présentent tous deux une tendance à l'augmentation au même titre que les positions en latitude et en longitude de l'anticyclone des Açores. Au niveau de l'hémisphère Sud, également, les TSO et la pression atmosphérique augmentent simultanément, au même titre que les positions en latitude et en longitude.

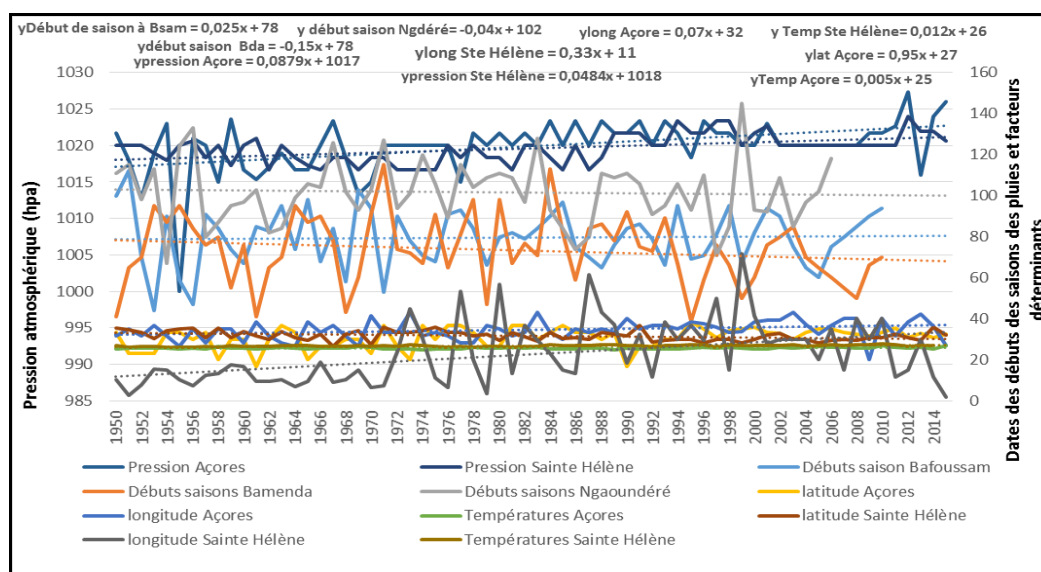


Figure 101 :  volution des dates des débuts des saisons des pluies à Ngaoundéré, Bafoussam et Bamenda et facteurs déterminants des anticyclones des Açores et l' le Sainte Hélène de 1950 à 2015.

La figure 102 ci-dessus révèle que les dates des débuts des saisons des pluies à Bamenda, à Ngaoundéré et la migration en latitude de l'anticyclone de l'île Sainte s'écartent fortement de la moyenne à la moyenne. A l'opposé, les autres variables (dates des débuts des saisons des pluies Bafoussam ; la position en latitude au niveau de l'anticyclone des Açores ; la position en longitude, les températures et la pression atmosphérique au niveau des 02 anticyclones subtropicaux) se rapprochent le plus de la moyenne.

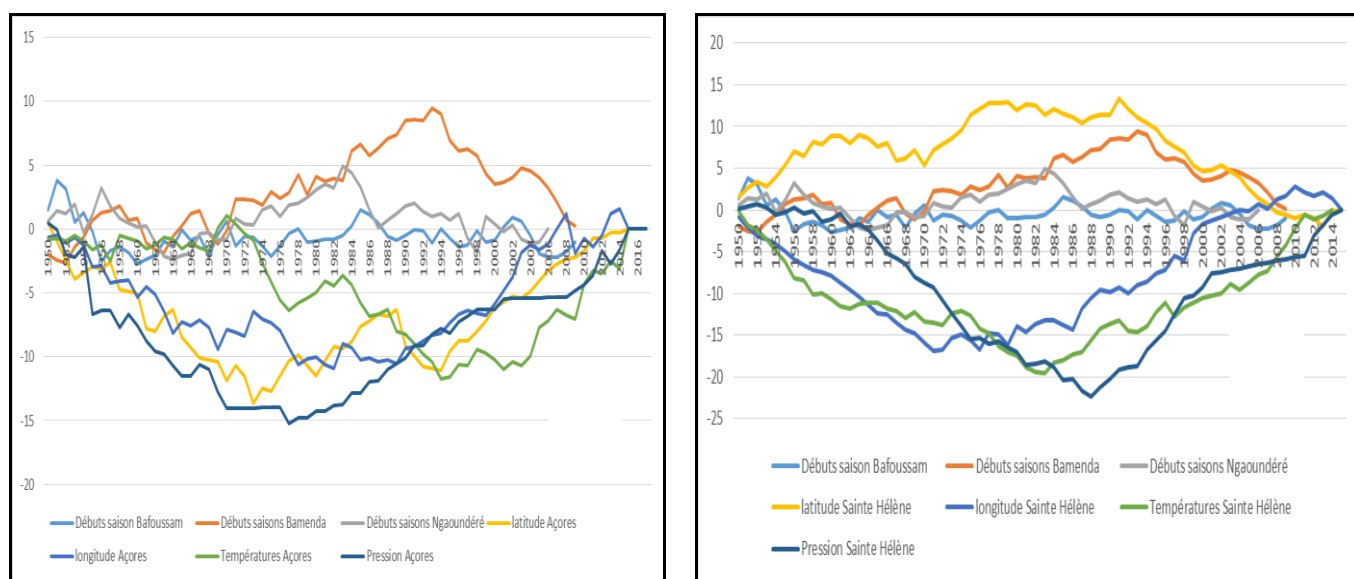


Figure 102 : Dispersion à la moyenne des dates des débuts des saisons des pluies à Ngaoundéré, Bafoussam et Bamenda et des facteurs déterminants des anticyclones des Açores (a) et l'île Sainte Hélène (b) de 1950 à 2015.

Source : DMN, ASECNA, NOAA, 2015
Réalisation : Auteur

Les pluies démarrent précocement à Ngaoundéré et à Bafoussam, entre la mi-février et le début du mois d'avril, et tardivement à Bamenda entre le 39^{ème} et le 115^{ème} jour de l'année. Pendant cette période, au niveau de l'hémisphère Nord, l'anticyclone des Açores se déplace entre 30-42,33°N de latitude et entre 20 et 43,33°E de longitude. Lors de son déplacement la TSO augmente par rapport à la moyenne (26,8°C) au même titre que la pression atmosphérique qui a une moyenne de 1020hpa. Au niveau de l'hémisphère Sud, l'anticyclone de l'île Sainte Hélène se déplace entre 30-45°S de latitude et de 1,67-71,67°E de longitude. Son déplacement s'accompagne d'une augmentation simultanée des tendances des TSO et de la pression atmosphérique par rapport à leurs moyennes qui sont de 23,59°C pour la TSO et de 1020hpa pour la pression atmosphérique.

Le tableau 81 révèle une liaison linéaire, significative au seuil 1% et positive entre les dates des débuts des saisons des pluies et la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores. Ainsi, les chances d'enregistrer des débuts des saisons des pluies tardifs à Bafoussam sont élevés lorsque la TSO augmente. Le même tableau montre que la relation est significative et négative au seuil 1% entre les dates des débuts des saisons des pluies à Bafoussam et la

migration en latitude de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène. En d'autres termes les chances d'enregistrer des démarrages tardifs des saisons des pluies sont élevées à Bafoussam lorsque l'anticyclone des Açores migre vers le Nord, inversement les chances d'enregistrer des démarrages précoces des pluies sont élevés lorsque l'anticyclone des Açores migre vers le Sud.

La liaison est significative et positive entre les dates débuts des saisons des pluies à Bamenda et la TSO au niveau de l'anticyclone des Açores. Il ressort ainsi que les chances d'enregistrer des démarrages tardifs de la saison des pluies à Bamenda sont élevés lorsque la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores augmente.

La liaison est significative et positive entre les dates des débuts des saisons des pluies à Ngaoundéré et les migrations en latitude et en longitude de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène au niveau de l'hémisphère Sud. De ce fait, les chances d'enregistrer des démarrages tardifs de la saison des pluies à Ngaoundéré sont élevées lorsqu'au niveau de l'hémisphère Sud, l'anticyclone de l'île Sainte Hélène migre vers le Nord.

Tableau 81 : Test de corrélation de Bravais Pearson entre facteurs déterminants du climat et les dates des démarrages des saisons des pluies de février à avril de 1950 à 2015 à Ngaoundéré, Bafoussam et Bamenda.

Variables		TSO Açores	Latitude Sie Hélène	Longitude Ste Hélène
Dates débuts saisons des pluies à Bafoussam	Corrélation Pearson	0,222*	0,084	-0,122*
	Sig. (bilatérale)	0,085	0,520	0,350
	N	61	61	61
Dates débuts saisons des pluies Bamenda	Corrélation de Pearson	0,221*	0,047	-0,012
	Sig. (bilatérale)	0,087	0,719	0,929
	N	61	61	61
Débuts saisons des pluies Ngaoundéré	Corrélation Pearson	0,013	0,229*	0,233**
	Sig. (bilatérale)	0,926	0,086	0,081
	N	57	57	57

* significativité au seuil de 10% (bilatéral)

** significativité au seuil de 5% (bilatéral)

Le test de corrélation de Bravais Pearson indique que les chances d'enregistrer des démarrages tardifs de la saison des pluies sont élevées à Bafoussam lorsque l'anticyclone des Açores migre vers le Nord, inversement les chances d'enregistrer des démarrages précoces des pluies sont élevés lorsque l'anticyclone des Açores migre vers le Sud. Aussi, les chances d'enregistrer des démarrages tardifs de la saison des pluies sont élevées à Bamenda lorsque la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores augmente. Les chances d'enregistrer des démarrages tardifs de la saison des pluies à Ngaoundéré sont élevées lorsqu'au niveau de l'hémisphère Sud, l'anticyclone de l'île Sainte Hélène migre vers le Nord.

Facteurs déterminants du climat et dates des fins des saisons des pluies à Ngaoundéré, Bafoussam et Bamenda.

Le tableau 82 présente les caractéristiques des facteurs déterminants du climat enregistrés au niveau des 02 anticyclones subtropicaux et les dates des fins des saisons des pluies à Ngaoundéré, Bafoussam et Bamenda de 1950 à 2015. Il ressort de ce tableau que la saison des pluies s'achève majoritairement tôt à Bafoussam et à Ngaoundéré, entre le 269^{ème} et le 302^{ème} jour de l'année (de septembre à novembre) et tardivement (entre le 274^{ème} jour et le 373^{ème} jour de l'année) à Bamenda. pendant cette période au niveau de l'hémisphère Nord, l'anticyclone des Açores se déplace entre 30-49°N de latitude et entre le 35-13°W de longitude, pour une température moyenne de 27,56°C, et une pression moyenne de 1021hpa.

Tableau 82 : Caractéristiques des facteurs déterminants du climat des Açores de l'île Sainte Hélène et dates des fins des saisons des pluies à Ngaoundéré, Bafoussam et Bamenda de 1950 à 2015.

Variables	Effectif	Max	Min	Moy	Probabilité d'enregistrer un nbre d'années inférieur à la moyenne	Probabilité d'enregistrer un nbre d'années supérieur à la moyenne	Ecart type
Dates fins saisons des pluies à Bafoussam (jour de l'année)	61	336	290	309	33%	67%	11,09
Dates fins saisons des pluies à Bamenda (jour de l'année)	61	373	274	302	30%	70%	15,2
Dates fins saisons des pluies à Ngaoundéré (jour de l'année)	57	327	234	269	30%	70%	12,5
Positions en latitude de l'anticyclone des Açores (degré)	65	55	30	31,1	36%	64%	6,25
Positions en longitude de l'anticyclone des Açores (degré)	65	80	12,5	34,8	34%	66%	8,9
Pression atmosphérique de l'anticyclone des Açores (Hpa)	65	1025	1014	1021	48%	52%	2,59
TSO de l'anticyclone des Açores (°C)	65	28,4	26,82	27,56	27%	73%	0,34
Positions en latitude de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène (degré)	65	50	29,5	35,72	29%	71%	2,5
Positions en longitude anticyclone de l'île Sainte Hélène (degré)	65	75	2	18,9	26%	74%	16
Pression atmosphérique anticyclone de l'île Sainte Hélène (Hpa)	65	1025	1015	1020	31%	69%	2
TSO anticyclone de l'île Sainte Hélène (°C)	65	24,25	22,8	23,59	40%	60%	0,33

Source : DMN, ASECNA, NOAA, 2015

Réalisation : Auteur

La figure 103 révèle une fin précoce de la saison des pluies entre le 290^{ème} et le 336^{ème} jour de l'année à Bafoussam, le 274^{ème} et le 373^{ème} jour de l'année à Bamenda et entre le 234^{ème} et le 327^{ème} jour de l'année à Ngaoundéré. La même figure 115 montre que pendant cette période, la TSO en augmentation par rapport à la moyenne (27,56°C), au même titre que la pression atmosphérique par rapport à la moyenne (1021 hpa). La même figure montre qu'à l'hémisphère Sud pour la même période, l'anticyclone de l'île Sainte Hélène migre entre 31-40°S et entre 13-60°E, avec une augmentation simultanée de la TSO et de la pression

atmosphérique par rapport à leurs moyennes qui sont respectivement de 23,59°C pour la TSO et de 1020hpa pour la pression atmosphérique.

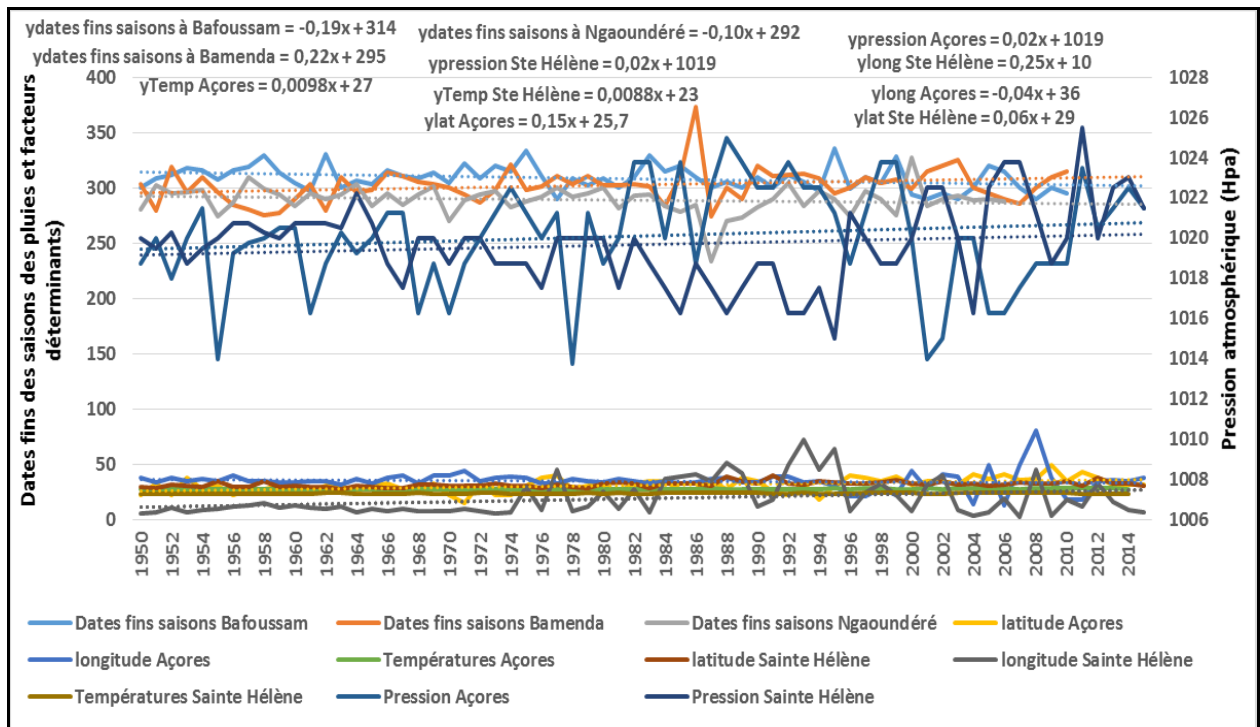


Figure 103 : Évolution des dates des fins des saisons des pluies à Bafoussam, Bamenda et de Ngaoundéré et des facteurs déterminants des anticyclones des Açores et de l'île Sainte Hélène de 1950 à 2015.

Source : DMN, ASECNA, NOAA, 2015

Réalisation : Auteur

La figure 104 signale une forte dispersion à la moyenne des dates des fins des saisons des pluies à Bamenda et à Ngaoundéré, de la migration en longitude au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène. La dispersion est faible par rapport à la moyenne entre les dates des débuts des saisons des pluies Bafoussam, la migration en latitude de l'anticyclone des Açores, la migration en longitude de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène, la TSO et la pression atmosphérique au niveau des 02 anticyclones subtropicaux.

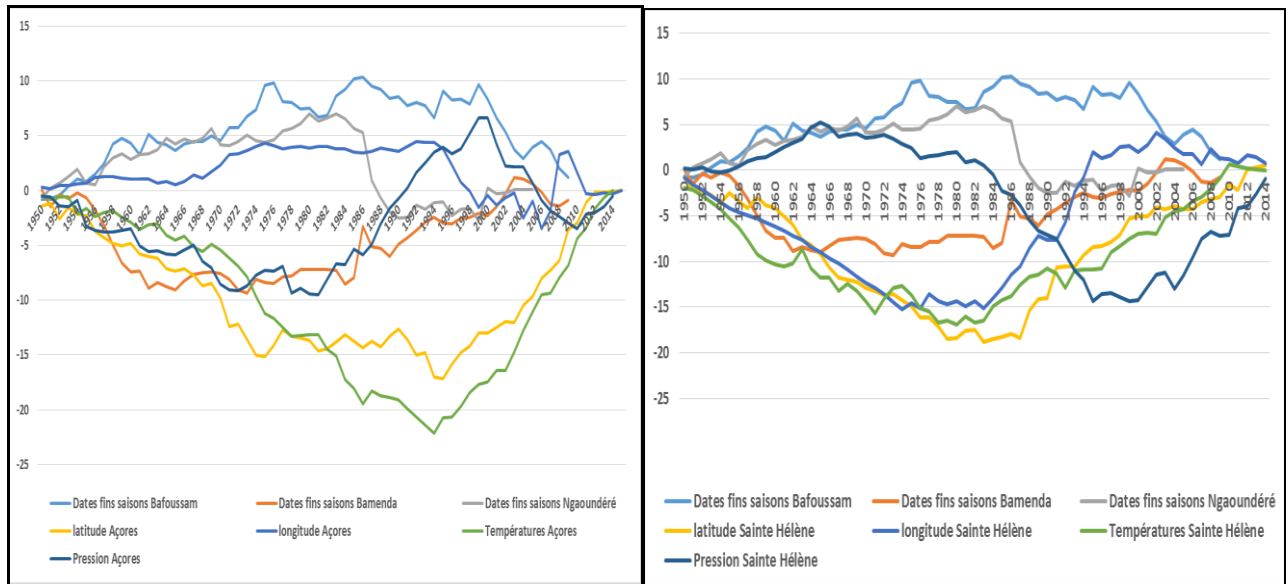


Figure 105 : Dispersion à la moyenne des dates des fins des saisons des pluies à Ngaoundéré, Bafoussam et Bamenda et des facteurs déterminants des anticyclones des Açores (a) et de l'île Sainte Hélène (b) de 1950 à 2015.

Source : DMN, ASECNA, NOAA, 2015

Réalisation : Auteur

Les pluies finissent précocement entre la fin du mois de septembre et le début du mois d'octobre à Ngaoundéré et à Bafoussam, et tardivement, vers la fin du mois d'octobre à Bamenda. Pendant cette période, à l'hémisphère Nord, la TSO et la pression atmosphérique augmentent par rapport à leurs moyennes (27,56°C pour la TSO et 1021 hpa pour la pression atmosphérique, au niveau de l'anticyclone des Açores. Dans l'hémisphère Sud cette période s'accompagne de la migration de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène entre 29-40°N de latitude et entre 13-70°E de longitude. A ce niveau, la TSO augmente par rapport à la moyenne (23,59°C) au même titre que la pression atmosphérique par rapport à la moyenne (1020hpa).

Le test de corrélation de Bravais Pearson révèle qu'un seuil de significativité de 5% est observé entre la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores et les dates des fins des saisons des pluies à Bafoussam et à Bamenda (tableau 83). Une significativité de 5% est observée entre la TSO au niveau de l'anticyclone des Açores et les dates des fins de saisons des pluies à Bafoussam et à Bamenda. La corrélation est également significative au seuil de 5% entre la migration en longitude de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène et les dates de fins des saisons des pluies à Bafoussam, tandis qu'elle est significative au seuil de 1% entre la migration en longitude dudit anticyclone et les dates des fins des saisons des pluies à Ngaoundéré.

Ledit tableau 83 révèle que la corrélation est significative et positive entre la date des fins des saisons des pluies à Bafoussam, la pression atmosphérique et la migration en longitude de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène. Ainsi, les chances d'enregistrer des fins des saisons des

pluies tardives sont élevées à Bafoussam lorsque la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores augmente. Par ailleurs, la corrélation est significative et négative entre les dates des fins des saisons des pluies à Bafoussam et la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène. En d'autres termes, les chances d'enregistrer des fins de saisons des pluies tardives sont élevées lorsque la TSO diminue, inversement les chances d'enregistrer des fins de saisons des pluies précoces sont élevées lorsque la TSO augmente.

Tableau 83: Test de corrélation de Bravais Pearson entre facteurs déterminants du climat et les dates des fins des saisons des pluies à Ngaoundéré, Bafoussam et Bamenda.

Variables		Pression Açores	Longitude Sainte Hélène	TSO Sainte Hélène
Dates fins saisons des pluies à Bafoussam	Corrélation Pearson	0,288*	0,280*	-0,244*
	Sig. (bilatérale)	0,024	0,029	0,059
	N	61	61	61
Dates fins saisons des pluies à Bamenda	Corrélation Pearson	0,125*	-0,023	0,273*
	Sig. (bilatérale)	0,33	0,85	0,033
	N	61	61	61
Dates fins saisons des pluies Ngaoundéré	Corrélation Pearson	0,081	-0,305**	-0,053
	Sig. (bilatérale)	0,548	0,021	0,694
	N	57	57	57

* significativité au seuil de 10% (bilatéral)

** significativité au seuil de 5% (bilatéral)

Source : DMN, ASECNA, NOAA, 2015

Réalisation : Auteur

Le test de corrélation de Bravais Pearson relève une corrélation significative au seuil de 1% entre la migration en longitude de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène et les dates des fins des saisons des pluies à Ngaoundéré. La significativité au seuil de 5% est également enregistrée entre la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores, les dates des fins des saisons des pluies à Bafoussam et à Bamenda d'une part, entre la TSO et les dates des fins des saisons des pluies à Bafoussam et à Bamenda d'autre part.

2.4. Facteurs déterminants du climat et dates des débuts et des fins des saisons des pluies à Douala et à Mamfe de 1950 à 2015.

- ***Facteurs déterminants du climat et les dates des débuts des saisons des pluies à Douala et à Mamfe.***

Les pluies démarrent précocement à Douala, et à l'opposé commencent tardivement à Mamfe entre 1950 et 2015. Les résultats du tableau 84 révèlent qu'à 52% des cas, on enregistre les premières pluies entre le 14^{ème} et le 62^{ème} jour de l'année, et qu'à 74% des cas elles commencent entre le 52^{ème} et le 117^{ème} jour de l'année à Mamfe.

Tableau 84 : Caractéristiques des facteurs déterminants du climat de l'anticyclone des Açores, de l'île Sainte Hélène et des dates des débuts des saisons des pluies de janvier à avril de 1950 à 2015 à Douala et à Mamfe.

Variables	Effectif	Max	Min	Moy	Probabilité d'enregistrer un nbre d'années inférieur à la moyenne	Probabilité d'enregistrer un nbre d'années supérieur à la moyenne	Ecart type
Dates débuts saisons des pluies à Douala (jour de l'année)	66	62	14	37,2	52%	48%	12,3
Dates débuts saisons des pluies à Mamfe (jour de l'année)	56	117	52	81,2	26%	74%	13,9
Migration en latitude anticyclone des Açores (degré)	66	44	29,5	36	41%	59%	5,46
Migration en longitude anticyclone des Açores (degré)	66	43,1 2	24,3	34,6	34%	66%	4,32
Pression atmosphérique de l'anticyclone des Açores	65	1014	1028	1019	26%	74%	4
TSO de l'anticyclone des Açores (°C)	65	26,7	25	25,7	41%	59%	0,36
Migration en latitude de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène Açores (degré)	65	40	31,25	34,6	52%	48%	2
Migration en longitude anticyclone de l'île Sainte Hélène (degré)	65	62	2,7	22,9	27%	73%	15,3
Pression atmosphérique anticyclone de l'île Sainte Hélène (Hpa)	65	1024	1016	1019	37%	63%	1,7
TSO anticyclone de l'île Sainte Hélène (°C)	65	27,1 8	25,5	26,3	31%	69%	0,39

Source : DMN, ASECNA, NOAA, 2015

Réalisation : Auteur

Ledit tableau 84 indique que les dates des démarrages de la saison des pluies à Douala et à Mamfe s'accompagnent de :

- la migration à 59% des cas entre 32-38°N de latitude, et à 66% des cas de la migration entre 20-50,6°E de longitude ; de la pression atmosphérique à 74% des cas supérieure à la moyenne (1019hpa); la TSO à 59% des cas supérieure à la moyenne (25,7°C), au niveau de l'anticyclone des Açores ;
- la migration à 73% des cas entre 10-40°E de longitude ; de la pression atmosphérique 63% des cas supérieure à la moyenne (1019hpa) ; la TSO à 69% des cas supérieure à la moyenne (26,3°C), au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène.

La figure 117 présente l'évolution des tendances des facteurs déterminants du climat au niveau des deux anticyclones subtropicaux et celle des dates des débuts des saisons des pluies à Bafoussam et à Bamenda de 1950 à 2015. Il ressort de ladite figure que la tendance des dates des débuts de saisons des pluies est à l'augmentation à Mamfe, traduisant un démarrage de plus

en plus tardif de la saison. La tendance est à la diminution à Douala, ce qui indique que les pluies démarrent de plus en plus précocement dans la localité. La même figure montre que les tendances de la TSO et celle de la pression atmosphérique sont à l'augmentation au niveau de l'anticyclone des Açores d'une part, au même titre que les tendances respectives de la migration en latitude et en longitude au niveau dudit anticyclone d'autre part. Il ressort également de cette figure 106 qu'au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène à l'hémisphère Sud, la TSO, la pression atmosphérique et la migration en longitude sont respectivement en augmentation, tandis que la migration en latitude présente une tendance à la baisse.

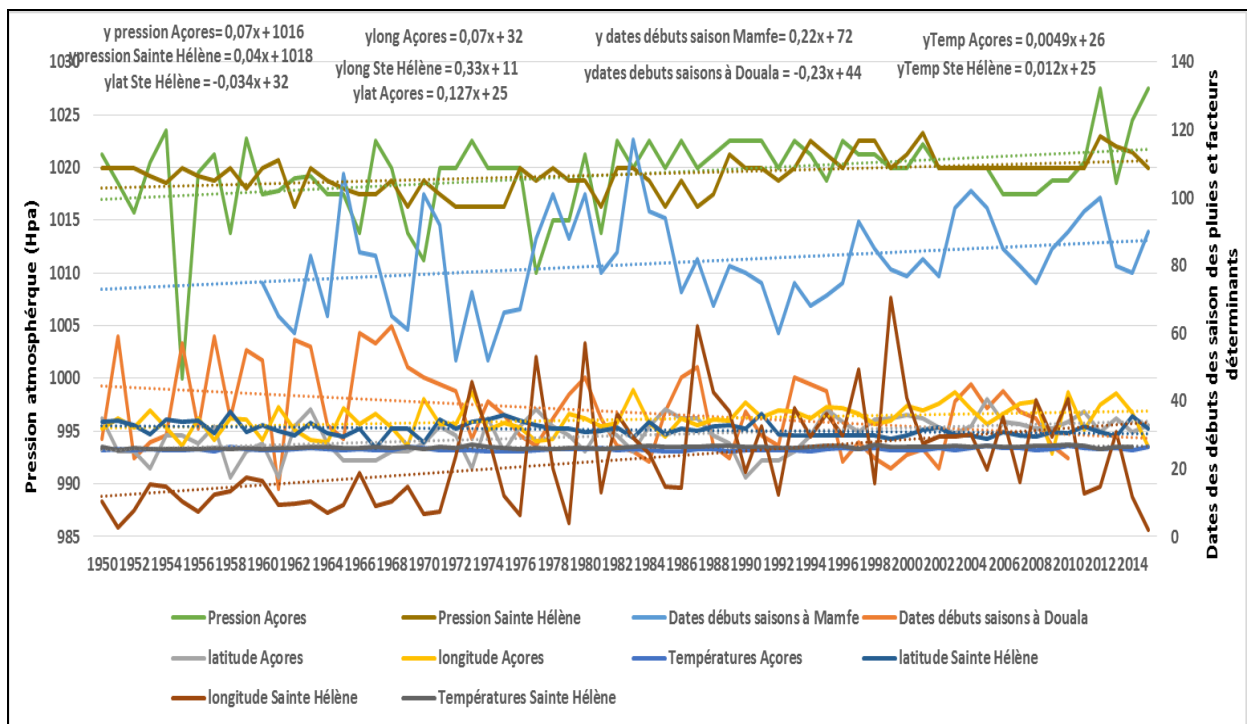


Figure 106 : Évolution des dates des débuts des saisons des pluies à Douala et à Mamfe et des facteurs déterminants des anticyclones des Açores et de l'île Sainte Hélène de 1950 à 2015.

Source : DMN, ASECNA, NOAA, 2015

Réalisation : Auteur

Les dates des débuts des saisons des pluies à Douala s'écartent positivement de la moyenne lorsque les autres variables enregistrées au niveau de l'hémisphère Nord (la migration en latitude et en longitude, la TSO et la pression atmosphérique enregistrées au niveau de l'anticyclone des Açores) se rapproche négativement de celle-ci (figure 107b). Il ressort ladite figure que les dates des débuts des saisons des pluies à Douala et à Mamfe s'éloignent positivement de la moyenne lorsque les quatre autres variables enregistrées au niveau de l'hémisphères Sud (migration en latitude, en longitude, TSO et pression atmosphérique enregistrées au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène) se rapprochent négativement de celles-ci.

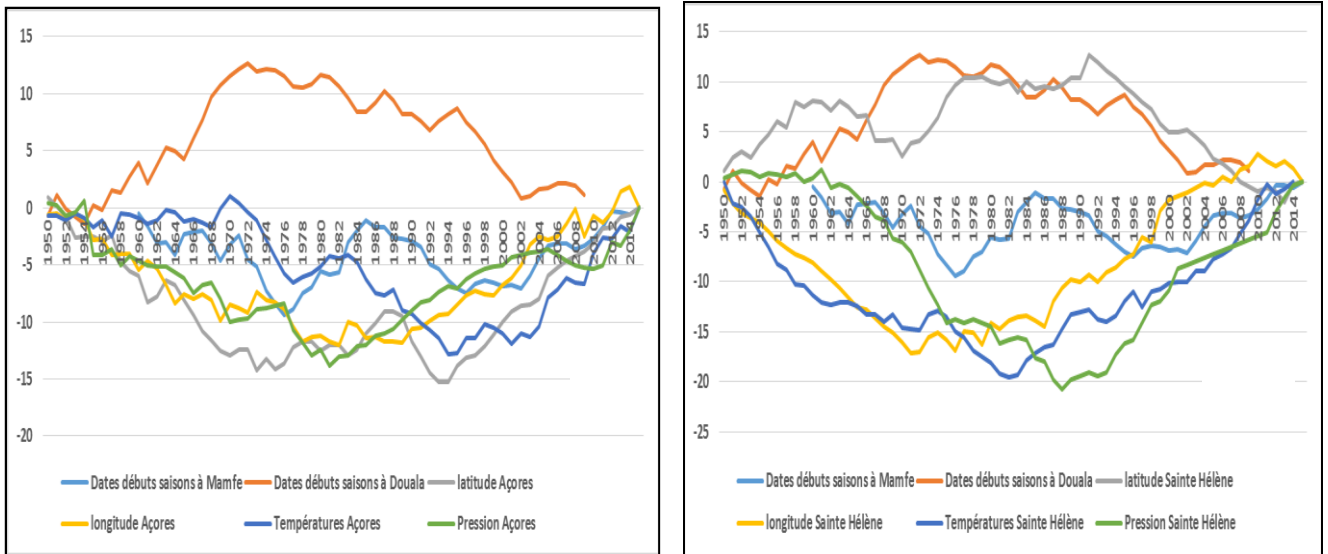


Figure 107 : Dispersion des dates des débuts des saisons des pluies à Douala et à Mamfe et des facteurs déterminants du climat enregistrés au niveau des anticyclones des Açores (a) et de l'île Sainte Hélène (b) de 1950 à 2015.

Source : DMN, ASECNA, NOAA, 2015

Réalisation : Auteur

En se référant aux données collectées sur la période de l'étude, les pluies démarrent pour la grande majorité des cas précocement à Douala, et à l'opposé tardivement à Mamfe, entre la fin du mois de janvier et le début du mois de février à Douala et entre la fin du mois de février et le début du mois de mars à Mamfe. Pendant cette période au niveau de l'hémisphère Nord, l'anticyclone des Açores se déplace entre 32-38°N de latitude et 20-50,6°E de longitude, sous une pression atmosphérique supérieure à la moyenne (1019hpa) et une TSO supérieure à la moyenne (25,7°C). Pendant cette période au niveau de l'hémisphère Sud, l'anticyclone de l'île sainte Hélène migre entre 31,25-40°Sud de latitude et entre 2,7-62°E de longitude, sous une pression atmosphérique supérieure à la moyenne (1019hpa), et une TSO supérieure à la moyenne (26,3°C).

Le tableau 85 permet d'identifier deux types de corrélations, respectivement au seuil de significativité de 5 et de 1% entre les différentes variables :

- une corrélation positive et significative au seuil de 5% entre les dates des débuts de saison des pluies à Douala et la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène. Cette corrélation est négative et significative au seuil de 5% entre les dates des débuts de saison des pluies à Douala et la migration en latitude de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène. Le caractère négatif de la liaison indique que lorsque l'anticyclone de l'île Sainte Hélène migre du Nord vers le Sud, les chances pour que pluies démarrent tardivement à Douala sont élevées, inversement lorsque l'anticyclone de l'île Sainte Hélène

migre du Sud vers le Nord, les chances pour que les pluies démarrent précocement à Douala sont élevées.

- une corrélation positive et significative au seuil de 1% entre la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores et les dates des débuts des saisons des pluies à Douala. En d'autres termes, les chances pour que les pluies démarrent précocement sont élevées à Douala lorsque la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores augmente ;
- une corrélation négative et significative au seuil de 1% entre la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène et les dates des débuts de saison des pluies à Mamfe. En d'autres termes, les chances d'enregistrer des démarrages précoces des pluies à Mamfe sont élevées lorsque la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène augmente, inversement les chances d'enregistrer des démarrages tardifs ds pluies à Mamfe sont élevés lorsque la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène diminue.

Tableau 85 : Corrélations entre les facteurs déterminants du climat des anticyclones des Açores et de l'île Sainte Hélène et les dates de démarrage de la saison des pluies à Douala et Mamfe.

Variables		Latitude (Açores)	Latitude (Ste Hélène)	Long (Açores)	Longitude (Ste Hélène)	TSO (Açores)	TSO (Ste Hélène)	Pression (Açores)	Pression (Hélène)
Débuts des précipitations Douala	Pearson Correlation	0,14	-0,291*	0,19	0,06	0,336**	-0,086	-0,012	0,269*
	Sig. (2-tailed)	0,27	0,03	0,15	0,66	0,011	0,52	0,92	0,045
	N	56	56	56	56	56	56	56	56
Débuts des précipitations Mamfe	Pearson Correlation	0,16	0,04	-0,064	-0,23	0,238	-0,46**	0,22	0,19
	Sig. (2-tailed)	0,175	0,723	0,609	0,059	0,054	0,00	0,071	0,127
	N	66	66	66	66	66	66	66	66

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

Source : DMN, ASECNA, NOAA, 2015

Réalisation : Auteur

Une corrélation au seuil de 5% est observée entre la migration en latitude, la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène et les dates des débuts de saison des pluies à Douala. La corrélation au seuil de 1% est observée entre la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores, elle est au seuil 1% entre la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène et les dates des débuts de saison des pluies à Douala.

- ***Facteurs déterminants du climat et dates des fins des saisons des pluies entre les mois d'octobre et de novembre à Douala et à Mamfe.***

Les pluies finissent de plus en plus tôt à Douala (59% des cas entre le 295^{ème} et le 335^{ème} jour de l'année), et tardivement à Mamfe (72% des cas entre le 296^{ème} et le 336^{ème} jour de l'année). Les dates des enregistrées des fins des saisons des pluies s'accompagnent d'une forte mobilité des facteurs déterminants du climat pendant cette période. D'une manière générale, lorsque les pluies commencent tôt, elles se terminent tôt, et lorsqu'elles commencent

tardivement, elles se terminent tardivement pour les deux localités. Le tableau 99 relève que les fins des saisons des pluies s'accompagnent à :

- 51% des cas, de la migration entre 30-49°N de latitude et à 58% des cas entre 49,5-12,5°E de longitude de l'anticyclone des Açores; 52% des cas d'une diminution de la pression atmosphérique par rapport à la moyenne (1020,11hpa) et à 51% des cas d'une augmentation de la TSO par rapport à la moyenne (27,56°C), au niveau de l'anticyclone des Açores;
- 51% des cas de la migration entre 42-29,5°S de latitude, à 69% des cas entre 2-64°E de longitude de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène ; 57% des cas d'une augmentation de la pression atmosphérique par rapport à la moyenne (1019,6 hpa) et à 51% des cas d'une augmentation de la TSO par rapport à la moyenne (23,59°C) au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène.

Tableau 85 : Caractéristiques des facteurs déterminants du climat de l'anticyclone des Açores et l'île Sainte Hélène et dates des fins des saisons des pluies à Douala et à Mamfe de 1950 à 2015

Variabes	Effectif	Max	Min	Moy	Probabilité d'enregistrer un nbre d'années inférieur à la moyenne	Probabilité d'enregistrer un nbre d'années supérieur à la moyenne	Ecart type
Dates fins saisons des pluies à Douala (jour de l'année)	61	335	295	317	41%	59%	11,88
Dates fins saisons des pluies à Mamfe (jour de l'année)	56	332	296	313	28%	72%	8,55
Migration en latitude de l'anticyclone des Açores (degré)	65	49	30	31,12	51%	49%	6,2
Migration en longitude de l'anticyclone des Açores (degré)	65	49,5	12,5	34,85	42%	58%	8,88
Pression atmosphérique de l'anticyclone des Açores	65	1024	1014	1020,11	52%	48%	2,5
TSO de l'anticyclone des Açores	65	28,2	26,8	27,56	49%	51%	0,34
Migration en latitude de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène (degré)	65	42	29,5	31,72	49%	51%	2,5
Migration en longitude de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène (degré)	65	64	2	18,9	69%	31%	16,05
Pression atmosphérique de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène	65	1024	1015	1019,6	43%	57%	1,9
TSO de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène	65	24,2	22,8	23,59	49%	51%	0,33

Source : DMN, ASECNA, NOAA, 2015

Réalisation : Auteur

La figure 108 relève une tendance à l'augmentation des dates des fins de saison des pluies à Mamfe, tandis qu'elle est à la diminution à Douala de 1950 à 2015. Ce résultat indique que les pluies finissent de plus en plus tardivement à Mamfe, tandis qu'au contraire, elles finissent de plus en plus tôt à Douala sur la même période. L'évolution des tendances des dates des fins des saisons des pluies dans les deux localités s'accompagne d'une tendance à l'augmentation de la migration en latitude et à l'opposé d'une tendance à la baisse de la

migration en longitude de l'anticyclone des Açores. Au niveau de l'hémisphère Sud, la TSO et la pression atmosphérique présentent tous deux une tendance à l'augmentation, au même titre que les migrations en latitude et en longitude.

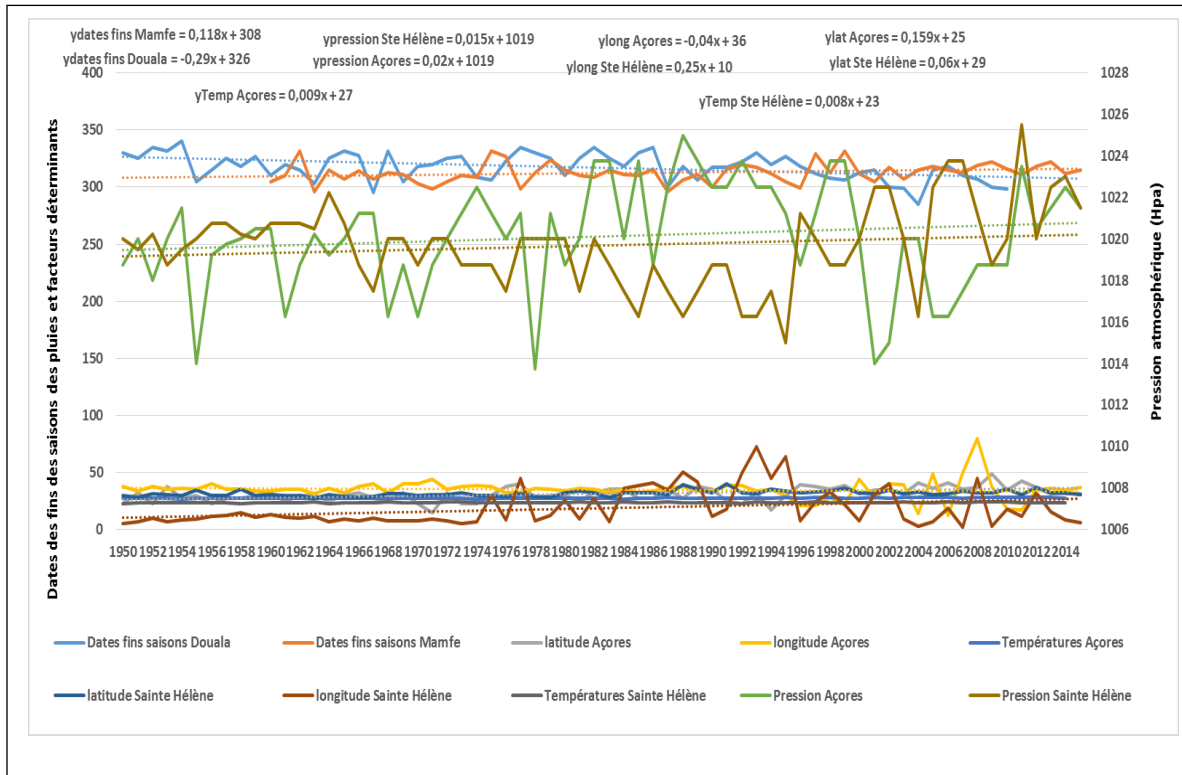


Figure 109 : Evolution simultanée des dates des fins des saisons des pluies à Douala et à Mamfe et des facteurs déterminants des anticyclones des Açores et l'île Sainte Hélène de 1950 à 2015

Source : DMN, ASECNA, NOAA, 2015

Réalisation : Auteur

De la figure 109a, il ressort que la pression atmosphérique au même titre que les déplacements en longitude de l'anticyclone des Açores se rapprochent positivement de leurs moyennes respectives. La même figure indique que la migration en latitude et la TSO enregistrées au niveau de l'anticyclone des Açores s'éloignent négativement de leurs moyennes respectives. La figure 110b montre que les dates des fins des saisons des pluies à Douala et à Mamfe s'éloignent positivement de la moyenne, tandis qu'à l'inverse, la migration en latitude, en longitude, la TSO et la pression atmosphérique enregistrées au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène s'éloignent négativement de leurs moyennes respectives.

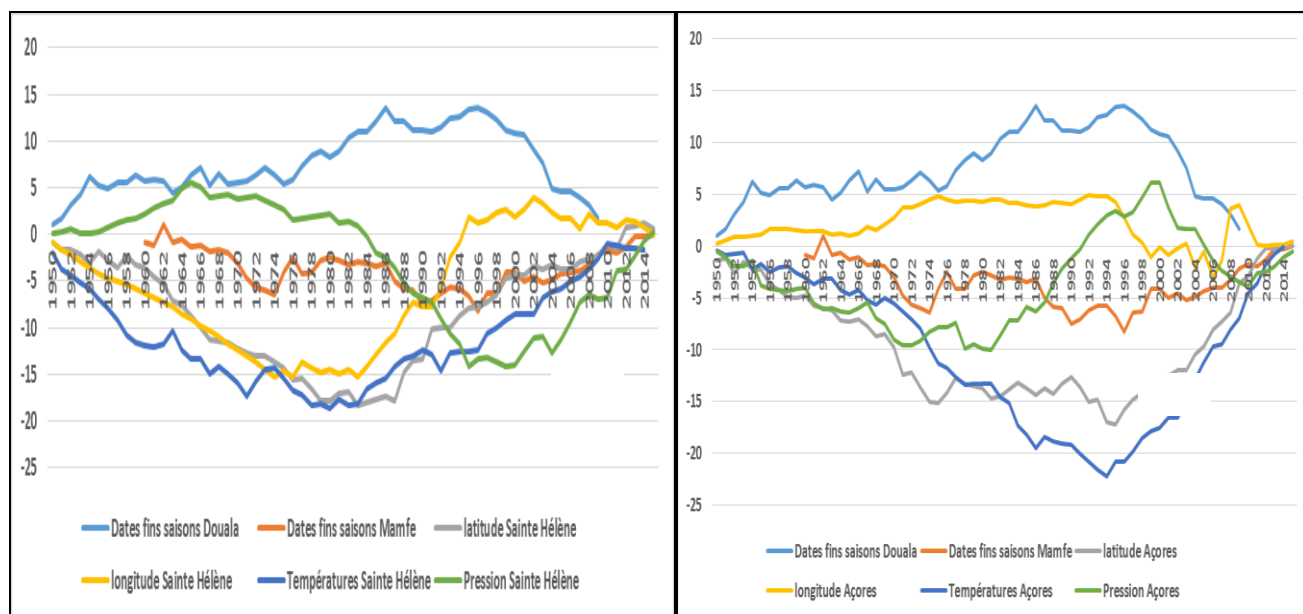


Figure 109 : Dispersion des dates des fins des saisons des pluies à Douala et à Mamfe et facteurs déterminants des anticyclones des Açores (a) et l'île Sainte Hélène (b) de 1950 à 2015

Le tableau 86 met en relation les dates des fins des saisons des pluies à Douala et à Mamfe et les facteurs déterminants du climat au niveau des deux anticyclones subtropicaux de 1950 à 2015. Il ressort de ce tableau qu'une corrélation est significative au seuil de 5% entre la migration en latitude de l'anticyclone des Açores et les dates des fins des saisons des pluies avec la pluviométrie de Douala d'une part, et entre la migration en latitude de l'anticyclone des Açores et les dates des fins des saisons des pluies à Mamfe d'autre part.

Tableau 86 : Corrélations entre les facteurs déterminants du climat des Açores et l'île Sainte Hélène et les dates des fins des saisons des pluies à Douala et Mamfe

Variables		Latitude Açores
Dates des fins des saisons des pluies à Douala	Coefficient de Pearson	-0,231*
	Sig. (bilatérale)	0,074
	N	61
Dates des fins des saisons des pluies à Mamfe	Correlation de Pearson	0,253*
	Sig. (bilatérale)	0,06
	N	61

* significativité au seuil de 10% (bilatéral)

Source : DMN, ASECNA, NOAA, 2015

Réalisation : Auteur

La corrélation est significative et négative entre la migration en latitude de l'anticyclone des Açores, tandis qu'elle est significative et positive entre la migration en latitude de l'anticyclone des Açores et les dates des fins des saisons des pluies à Mamfe. En d'autres termes lorsque l'anticyclone des Açores migre du Sud vers le Nord, les chances pour que les pluies se

terminent tôt sont élevées, inversement lorsque l'anticyclone des Açores migre du Nord vers le Sud, les chances pour que les pluies se terminent tard sont élevées.

Les pluies s'arrêtent de plus en plus tôt à Douala entre le 285^{ème} et le 335^{ème} jour de l'année, et de plus en plus tard à Mamfe entre le 295^{ème} et le 332^{ème} jour de l'année. Pendant cette période à l'hémisphère Nord, l'anticyclone des Açores migre entre 30-49°N, et entre 49,5-12,5°E, sous une TSO comprise entre 26,8°C et 28,2°C, et une pression atmosphérique entre 1014 et 1024hpa. Pendant ce temps au niveau de l'hémisphère Sud, l'anticyclone de l'île Sainte Hélène se déplace entre 29-40°S de latitude, et entre 2-64°E de longitude, sous une TSO et une pression atmosphérique au-dessus de leurs moyennes, qui sont respectivement de 23,59°C pour la TSO et de 1019,6hpa pour la pression atmosphérique.

3. ANALYSE DE L'INFLUENCE DES FACTEURS DÉTERMINANTS DU CLIMAT SUR LA PLUVIOMÉTRIE AU CAMEROUN PAR LA METHODE DE CLASSIFICATION HIÉRARCHIQUE ASCENDANTE (CHA)

3.1. Processus physiques d'interactions entre l'atmosphère, l'océan et le système climatique global

Les travaux de Deardorff, J. W, 1972 ; Opoku-Ankomah, Y, 1994 ; Mechoso, C. R. et al, 1995 ; Grist, J. P., 2001 ; Small, R. J, 2008 ; Chelton, D. B. et al, 2010 ; etc. établissent le rôle prépondérant des facteurs déterminants du climat sur l'équilibre du système climatique planétaire. Les interactions desdits facteurs avec l'atmosphère sont considérées comme la principale clef de la dynamique des climats locaux. Selon Moussa Diakhaté (2015), le chauffage du soleil en tant que principal moteur de la circulation atmosphérique, agit directement par rayonnement électromagnétique de très courtes longueurs d'ondes sur l'atmosphère. L'énergie émise par le soleil est absorbée soit directement (indirectement) par les surfaces océaniques et continentales, puis réémise dans les basses couches de l'atmosphère sous forme d'ondes plus longues ou de flux de chaleur turbulents (sensibles ou latents). En fonction de leur importance, les surfaces (atmosphérique et océanique) réchauffées génèrent ce que (Athié, G et al, 2009 ; Back, L. E, 2009 ; Chelton, D, 2010) qualifient de gradients de pressions horizontaux, qui mettent l'atmosphère en action. Compte tenu de l'importance des surfaces océaniques (70%) sur la surface terrestre, les TSO jouent un rôle majeur dans la stabilisation de la dynamique atmosphérique dans les basses couches (Hayes, S. P., 1989, Hermes, J. C, 2009 ; de Coëtlogon, G et al, 2010 ; de Coëtlogon, G et al, 2013 ; etc.). Par ailleurs, la forte inertie thermique de l'océan par rapport à celle de l'atmosphère, fait varier plus lentement la température océanique emmagasinée, et dont la redistribution au niveau des continents va se faire aux échelles de temps bien plus grandes que les échelles synoptiques atmosphériques (Gill, 1980 ; Waliser and Graham, 1993, Takatama, 2012).

3.2. La méthode de Classification Hiérarchique Ascendante (CHA) pour établir la relation entre les facteurs déterminants du climat et la pluviométrie au Cameroun.

La Classification Hiérarchique Ascendante (CHA) encore appelée « méthode des cinq gradations » est développée par Bouroche et al (1987), puis améliorée par Sanders (1989) et Pocard (2000). La méthode CHA permet d'hierarchiser les différentes variables en 05 classes distinctes, avant de procéder à une analyse d'échelle. Les classes étudiées sont identifiées par rapport à la norme. Il est possible par cette méthode de distinguer les deux classes supérieures à la norme et les deux classes inférieures à la norme. La norme étant définie en fonction du « pas » de mesure pour chaque unité de variable.

La CHA permet de suivre l'évolution successive des classes de variabilité homogène. Cette technique est dite ascendante dans la mesure où elle permet dans un premier temps de créer autant de classes que d'individus, et dans un deuxième temps de regrouper ces classes en unités d'individus les plus rapprochées, jusqu'à obtenir un groupe unique. La méthode CHA est par la suite utilisée pour déterminer les téléconnexions entre les facteurs déterminants du climat et la pluviométrie au niveau local, utiles à l'élaboration des prévisions climatiques aux différentes échelles de temps.

3.2.1. Analyse de l'influence des facteurs déterminants du climat sur les quantités de précipitations enregistrées au Cameroun pour les mois de décembre, janvier et février de 1950 à 2015 selon la méthode CHA

Les travaux de Janicot et al (1997), Todd et al (2004), établissent les liens entre les quantités de précipitations enregistrées dans le bassin du Congo sur la période allant du mois de décembre au mois de février, et l'Oscillation Nord-Atlantique (NAO). Il ressort des observations qu'une forte hétérogénéité pluviométrique est observée de la zone littorale à la zone forestière ou de montagne de l'Afrique Centrale. Cette période est dominée par la forte présence de l'harmattan, qui est un vent frais et sec d'origine saharienne, qui souffle de la zone sahélienne au Nord de l'Afrique vers les zones forestières, avec un taux d'humidité élevé. Pendant cette période, les vents d'ouest de moyenne troposphère soufflent au-dessus de l'Afrique Centrale (Camberlin, 2010). La figure 110 illustre la distribution spatiale moyenne des précipitations au Cameroun aux mois de décembre, janvier et février de 1950 à 2015.

Au Cameroun, la période qui va de décembre, janvier et février correspond à la saison sèche sur l'étendue du territoire national. Pendant cette période, F.I.T occupe une position méridionale, et l'harmattan balaie en grande partie le grand Nord. Toutefois, quelques épisodes pluvieux sont observés au mois de janvier à l'extrême-sud du Cameroun (parties Sud des régions du Sud-Ouest, du Centre, du Littoral et de l'Est et la région du Sud).

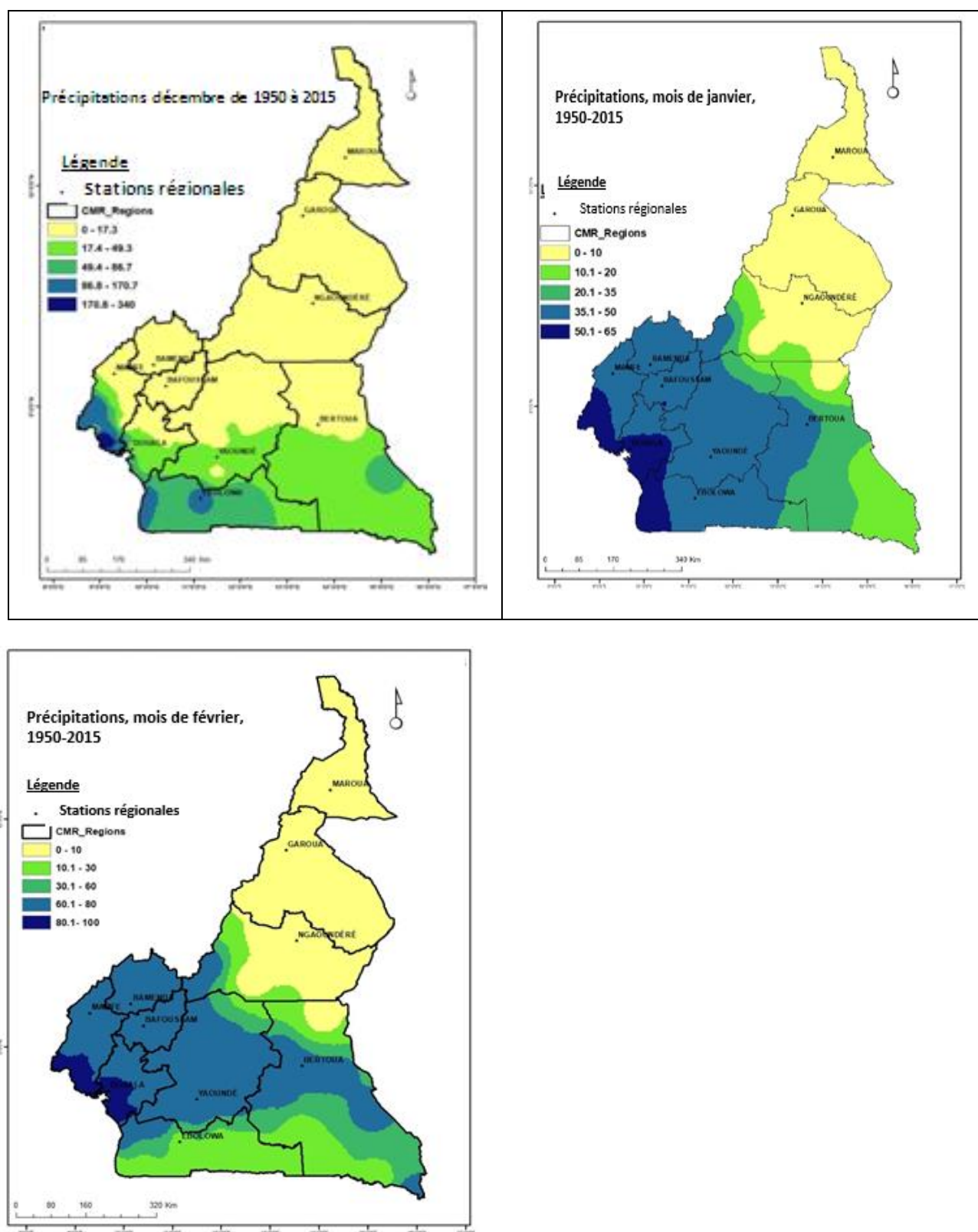


Figure 110 : Moyennes mensuelles des précipitations (mm/mois) au Cameroun aux mois de décembre, janvier et février de 1950 à 2015.

Source : Auteur, 2016

Les travaux d'Oetly (2008) montrent qu'entre les mois de **décembre, janvier et février**, le Front Intertropical se trouve dans sa position la plus méridionale de l'Afrique. Celui-ci balance

de direction NE jusqu'au 4^{ème} parallèle. Le tableau 87 montre que pendant que le FIT progresse dans la partie la plus au Sud du Cameroun, l'anticyclone des Açores au niveau de l'hémisphère Nord, oscille entre 20-34°N de latitude, et entre 18-54°E de longitude. Au niveau de l'hémisphère Sud, le flux des masses d'air de direction SW-NE s'accompagne du déplacement l'anticyclone de l'île Sainte Hélène du 29-42°S de latitude, et de 0-20°E de longitude.

Tableau 87 : Facteurs déterminants et précipitations au Cameroun aux mois de décembre de 1950 à 2015

Variables	Très supérieur à la norme		Supérieur à la norme		Norme		Inférieur à la norme		Très inférieur à la norme	
	Classes	Pourcentage	Classes	Pourcentage	Classes	Pourcentage	Classes	Pourcentage	Classes	Pourcentage
Températures Açores (°C)	[27,6-27,28]	12%	[27,28-26,9]	14%	[26,9-26,6]	37%	[26,6-26,29]	17%	[26,29-25,9]	20%
Pression atmosphérique Açores (Hpa)	[1030-1007,6]	93,93%	[1007,6-985,2]	4,56%	[985,2-962,8]	0%	[962,8-940,4]	0%	[940,4-918]	1,51%
Longitude Açores (°)	[90-72]	3,03%	[72-54]	3,03%	[54-36]	34,43%	[36-18]	52,84%	[18-0]	7,67%
Latitude Açores (°)	[50-45,8]	4,54%	[45,8-41,6]	24,24%	[41,6-37,4]	33,33%	[37,4-33,2]	25,77%	[33,2-29]	12,12%
Températures Sainte Hélène (°C)	[25,55-25,16]	6,16%	[25,16-24,7]	16,93%	[24,77-24,38]	30,76%	[24,38-23,99]	33,85%	[23,99-23,6]	12,30%
Pression atmosphérique Sainte Hélène (Hpa)	[1026 - 1023]	1,51%	[1023 - 1019]	1,51%	[1021 - 1019]	74,26%	[1019 - 1017]	1,51%	[1017 - 1015]	21,21%
Longitude Sainte Hélène (°)	[100-80]	7,57%	[80-60]	1,57%	[60-40]	6,06%	[40-20]	11%	[20- 0]	73,86%
Latitude Sainte Hélène (°)	[45-41,8]	1,51%	[41,8-38,6]	3,03%	[38,6-35,4]	24,25%	[35,4-32,2]	62,12%	[32,2 - 29]	9,09%
Ngaoundéré (mm)	[19,2 -15,36]	3%	[15,36-11,52]	0,0%	[11,52-7,68]	0,0%	[7,68-3,84]	3%	[3,84-0]	94%
Yaoundé (mm)	[19,2-15,36]	3%	[15,36-11,52]	0,0%	[11,52-7,68]	13%	[7,68-3,84]	27%	[3,84-0]	57%
Bertoua (mm)	[130,6-106,1]	1,51%	[106,1-81,6]	4,54%	[81,6-57,0]	13,63%	[57,0-32,5]	31,54%	[32,5-8,0]	48,78%
Ebolowa (mm)	[156,4-125,18]	4%	[125,18-93,9]	1,51%	[93,96-62,74]	15,5%	[62,74-31,52]	27%	[31,52-0,3]	52%
Bafoussam (mm)	[79,7-63,8]	3,03%	[63,8-47,8]	1,5%	[47,8-31,9]	4,54%	[31,9-15,9]	7,56%	[15,9-0,0]	83,36%
Bamenda (mm)	[98,7 - 78,9]	6,06%	[78,9-59,2]	1,51%	[59,2-39,4]	6,06%	[39,4-19,17]	18,31%	[19,7-0]	68,06%
Mamfé (mm)	[141,7-113,3]	6,06%	[113,3-85,0]	4,54%	[85,0 - 56,68]	9,09%	[56,6-28,3]	71,22%	[28,3-0]	9,09%
Douala (mm)	[130,6-140,4]	6,06%	[104,4-78,3]	7,57%	[78,3-52,52]	7,57%	[52,2-26,1]	21,21%	[26,1-0]	57,59%

Source : DMN, ASECNA, NOAA, 2015

Réalisation : Auteur

Les travaux de Bigot (1998) montrent que l'activité de l'harmattan qui souffle sur son versant méridional, contrôlent en grande partie la pluviométrie de l'Afrique Centrale. Pendant cette période, à l'exception de Debunsha qui enregistre en moyenne 388 mm de pluies (avec un record de 785 mm en 1952), le mois de décembre est en générale sec sur tout le territoire national. Pour expliquer ce mécanisme, Suraud (1983) évoque le rôle très actif de transporteur de chaleur joué par l'harmattan des côtes de la Mauritanie jusqu'au Sénégal. Selon lui, les quantités de précipitations enregistrées varient de la classe très inférieure à la moyenne à la classe inférieure à la moyenne.

Au mois de **janvier**, l'harmattan est centré en hivers sur l'Afrique du Nord, et reste en été sur la Méditerranée selon Suraud (1954). Mpounza et al (2003) indiquent que lors de sa remontée vers le Nord, le climat de l'Afrique centrale occidentale est sous l'étroite dépendance des basses pressions intertropicales, des dépressions thermiques continentales du Sahara, et des hautes pressions subtropicales respectivement des anticyclones des Açores, Egypto-libyen, de Sainte Hélène, Sud-Africain et Indien.

Pendant cette période au niveau de l'hémisphère Nord, l'anticyclone des Açores migre de direction NNE entre le 48-58°N, et entre le 52-70°E (tableau 88). Ces positions s'accompagnent d'une oscillation de la TSO et de la pression atmosphérique, dont les valeurs sont comprises entre 25,4-26,2°C et entre 1015-1021hpa. Au niveau de l'hémisphère Sud, l'anticyclone de l'île Sainte Hélène migre de direction SNE, accompagné d'une oscillation des TSO entre 24,8-25,25°C, et de la pression atmosphérique entre 1023-1025hpa. L'absence des pluies aux mois de janvier à Maroua, Garoua et Ngaoundéré s'explique par de la dominance de l'harmattan qui couvre toute la bande saharienne de l'Afrique du Nord jusqu'au nord de l'Adamaoua, incluant les localités de. Selon Tsalefac (2014), les migrations à différentes positions de la ZCIT sont d'une très grande importance sur le rythme convectif des pluies en Afrique Centrale. Ces variations sont conditionnées par la rotation de la Terre autour d'elle-même et autour du soleil et surtout par la variation des TSO au niveau des océans (Pacifique et atlantique).

*Tableau 88 : Facteurs déterminants du climat et précipitations au Cameroun
aux mois de janvier de 1950 à 2015*

Variables	Très supérieur à la norme		Supérieur à la norme		Norme		Inférieur à la norme		Très inférieur à la norme	
	Classes	Pourcentage	Classes	Pourcentage	Classes	Pourcentage	Classes	Pourcentage	Classes	Pourcentage
Températures Açores (°C)	[26,8-26,5[	10,76%	[26,5-26,2[	10,7%	[26,2-25,9[	20%	[25,9-25,7[	29,24%	[25,7-25,4[	29,24%
Pression atmosphérique Açores (Hpa)	[1032-1024,6[	22,7%	[1023-1021[	51,5%	[1021-1019[	15,2%	[1019-1017[	00%	[1017-1015[	10,6%
Longitude Açores (°)	[90-72[	3,03%	[72-54[	00%	[54-36[	34,84%	[36-18[	60,6%	[18-0[	1,51%
Latitude Açores (°)	[58-52[	1,5%	[52-46[	19,7%	[46-40[	39,4%	[40-34[	16,6%	[34-28[	22,7%
Températures Sainte Hélène (°C)	[27,03-25,99[	12,3%	[25,9-25,62[	23%	[25,6-25,25[	26,15%	[25,25-24,8[	32,3%	[24,8-24,5[	6,15%
Pression atmosphérique Sainte Hélène (Hpa)	[1025 - 1023[	1,51%	[1022 - 1021[	1,51%	[1021 - 1019[	68,2%	[1019 - 1017[	1,5%	[1017- 1015[	34,8%
Longitude Sainte Hélène (°)	[90-72[	1,5%	[72-54[	22,7%	[54-36[	15,1%	[36-18[	54,5%	[18-0[	6%
Latitude Sainte Hélène (°)	[40-37,8[	1,51%	[37,8-35,6[	22,7%	[35,6-33,4[	15,1%	[33,4-31,2[	54,5%	[31,2-29[	6%
Ngaoundéré (mm)	[25,1 -20,8[	3%	[20,8-15,06[	0,0%	[15,06-10,04[	0,0%	[10,04-5,02[	1,51%	[5,02-0[	94%
Yaoundé (mm)	[25,1 -20,8[	4%	[20,8-15,06[	0%	[15,06-10,04[	7%	[10,04-5,02[	24%	[5,02-0[	64%
Bertoua (mm)	[95,3-76,2[	3,03%	[76,2-57,2[	4,54%	[57,2-38,1[	9,09%	[38,1-19,1[	21,21%	[19,1-0,0[	57,5%
Ebolowa (mm)	[146,7-17,36[	3%	[117,36-88,02[	1,54%	[88,02-58,68[	8%	[58,68-29,34[	46%	[29,34-0[	41,5%
Bafoussam (mm)	[95,3-76,24[	3,03%	[76,24-57,18[	4,54%	[57,18-38,12[	10,6%	[38,12-19,06[	21,21%	[19,06-0,0[	60,06%
Bamenda (mm)	[134,8 - 107,8[	3,03%	[107,8 - 80,8[	1,51%	[80,8-53,9[	3,03%	[53,9-26,9[	10,6%	[26,09-0[	74,24%
Mamfe (mm)	[93,5-74,8[	1,51%	[74,8-56,1[	4,54%	[56,1 - 37,4[	10,60%	[37,4 - 18,7[	13,63%	[18,7 - 0[	69,69%
Douala (mm)	[240,9-192,7[	1,51%	[192,7-144,5[	4,54%	[144,5-96,3[	6,06%	[96,3-48,1[	0,0%	[48,1-0[	69,69%

Il est à noter que les pluies observées sur le triangle national au mois de janvier sont en général épisodiques et d'intensités qui varient de la convection des masses d'air, du relief et même de la continentalité. Elles sont souvent localisées, avec plus de 80% des précipitations comprises entre la classe inférieures et très inférieures à la norme pour les localités de Yaoundé, Bertoua, Ebolowa, Bafoussam, Bamenda, Mamfe et Douala. Il est également important de signaler que les années où les quantités de précipitations sont de très supérieures à supérieures à la norme représentent entre 3 et 14% des cas pour les 08 localités (Ngaoundéré Yaoundé, Bertoua, Ebolowa, Bafoussam, Bamenda, Mamfe et Douala) sur les 66 années de l'étude. Les proportions considérées pour les classes de très supérieures à supérieures à la norme au niveau de l'hémisphère Nord sont respectivement de 30% pour la migration en latitude, 6% pour la migration en longitude, 98% pour la pression atmosphérique et 26% pour la TSO, au niveau de l'anticyclone des Açores ; à l'hémisphère Sud, les proportions enregistrées sont respectivement de 23% pour la TSO, 3,2% pour la pression atmosphérique, 9% pour la migration en longitude et

4,5% pour la migration en latitude. Pour les classes normales, les proportions varient de 0 à 15,5%.

Ainsi, au niveau de l'hémisphère Nord, les proportions marquées sont de l'ordre de 37% pour la TSO, entre 33 et 34% pour les migrations en latitude et en longitude, tandis qu'au niveau de l'hémisphère Sud, les proportions respectivement de 30,76% pour la TSO, 74,26% pour la pression atmosphérique, 6% pour la migration en longitude et 24,25% pour la migration en latitude au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène. Les classes comprises entre inférieure et très inférieure à la norme représentent entre 78 et 95% des cas pour les 08 localités. Pour cette classe, les proportions enregistrées au niveau de l'hémisphère Nord sont respectivement de 37% pour la TSO, 1,5% pour la pression atmosphérique, 60% pour la migration en longitude et 38% pour la migration en latitude au niveau de l'anticyclone des Açores. Elles sont respectivement de 45% pour la TSO, 22,7% pour la pression atmosphérique, 85% pour la migration en longitude et 71% pour la migration en latitude au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène.

Durant le mois de **février**, la position du Front Inter Tropical reste au-dessus de l'équateur (Boyard et al, 1993). Au niveau du Cameroun, le mois de février comme celui de janvier est caractérisée par l'installation du Front Inter tropical (FIT) en dessous de la partie Sud du pays. Pendant cette période, l'Harmattan, installé sur le territoire national apporte une brume sèche et poussiéreuse qui, couplés à la dynamique des facteurs déterminants des anticyclones des Açores et de l'île Sainte Hélène rythment la pluviométrie sur le triangle national.

Le tableau 89 indique que le mois de février s'accompagne d'une faible pluviométrie sur tout le territoire national. Plus de 80% des pluies enregistrées sont sporadiques et localisées sur les 08 localités (Ngaoundéré, Yaoundé, Bertoua, Ebolowa, Bafoussam, Bamenda, Mamfe et Douala) et comprises entre les classes inférieures et très inférieures à la norme. Pendant ce temps au niveau de l'hémisphère Nord, l'anticyclone des Açores migre à 9% des cas entre 28-33°N de latitude, et à 9% entre 10-17°E de longitude. Ces différentes positions s'accompagnent à 77% des cas d'une oscillation de la TSO entre 25-25,6°C et à 12% des cas une pression atmosphérique comprise entre 1000-1012hpa. Pour la même période, au niveau de l'hémisphère Sud, l'anticyclone de l'île Sainte Hélène migre 9% des cas entre 30-36°S de latitude, et à 71% des cas entre 10-38W de longitude. Pendant son parcours, à 28% des cas la TSO varie entre 25,45-26,08°C, pour une pression atmosphérique comprise à 71% des cas entre 1015 et 1019hpa.

Tableau 89 : Facteurs déterminants du climat et précipitations au Cameroun aux mois de février de 1950 à 2015.

Variables	Très supérieur à la norme		Supérieur à la norme		Norme		Inférieur à la norme		Très inférieur à la norme	
	Classes	Pourcentage	Classes	Pourcentage	Classes	Pourcentage	Classes	Pourcentage	Classes	Pourcentage
Températures Açores (°C)	[26,52-26,2[	4,62%	[262,2-25,9[	12,30%	[25,92-25,6[	16,92%	[25,6-25,3[	36,92%	[25,3-25]	29,25%
Pression atmosphérique Açores (Hpa)	[1030-1024[	16,66%	[1024-1018[	68,19%	[1018-1012[	3,03%	[1012-1006[	6,06%	[1006-1000]	6,06%
Longitude Açores (°)	[45-38]	33,3%	[38-31]	17,69%	[31-24]	39,9%	[24-17]	7,57%	[17-10]	1,51%
Latitude Açores (°)	[40-37,6[	6,06%	[37,6-35,2[	22,72%	[35,2-32,8[	62,12%	[32,8-30,4[	7,57%	[30,4-28]	1,51%
Températures Sainte Hélène (°C)	[27-26,7[	30,06%	[26,7-26,4[	15,4%	[26,39-26,08[	26%	[26,08-25,45[	23%	[25,77-25,45]	5%
Pression atmosphérique Sainte Hélène (Hpa)	[1025-1023[	3,03%	[1023-1021[	1,51%	[1021-1019[	71,23%	[1019-1017[	1,51%	[1017-1015]	22,72%
Longitude Sainte Hélène (°)	[80-66[	6,06%	[66-52[	4,54%	[52-38[	9,09%	[38-24[	12,12%	[24-10]	68,19%
Latitude Sainte Hélène (°)	[45-42[	6,06%	[42-39[	22,72%	[39-36[	62,13%	[36-33[	7,58%	[33-30]	1,51%
Ngaoundéré (mm)	[20,1-16,08[	3%	[16,08-12,06[	1,51%	[12,06-8,04[	1,51%	[8,04-4,02[	6,98%	[4,02-0[	87%
Yaoundé (mm)	[20,1-16,08[	1,51%	[16,08-12,06[	6%	[12,06-8,04[	11%	[8,04-4,02[	32,49%	[33,1-0,0[	49%
Bertoua (mm)	[165,8-132,6[	3,03%	[132,06-99,4[	4,54%	[99,4-66,3[	1,51%	[66,3-33,1[	36,3%	[64,16-11,2]	50%
Ebolowa (mm)	[276-223,04[	3%	[223,0-170[	3%	[170-117,12[	15%	[117,1-64,16[	33%	[30,9-0[	46%
Bafoussam (mm)	[154,7-123,7[	3,03%	[123,7-95,8[	1,51%	[92,8-61,8[	6,06%	[61,8-30,9[	13,13%	[31,9-0[	74,78%
Bamenda (mm)	[159,7-127,7[	3,03%	[127,7-95,8[	4,54%	[95,8-63,8[	9,09%	[63,8-31,9[	26,8%	[47,2-0,0[	56,54%
Mamfe (mm)	[236,1-188,9[	3,03%	[188,9-141,7[	1,51%	[141,7-94,4[	7,57%	[94,4-47,2[	27,47%	[56,3-2,3[	60,42%
Douala (mm)	[272,6-218,5[	1,51%	[218,5-164,4[	3,03%	[164,4-110,04[	10,60%	[110,4-56,3[	37,89%	[90-72[	46,97%

Entre les mois de **décembre** et de **février**, le Front Intertropical se trouve dans sa position la plus méridionale du Cameroun. Pendant que FIT progresse dans la partie Sud du pays, au mois de décembre, l'anticyclone des Açores oscille entre 20-34°N de latitude, et entre 18-54°E de longitude. Au niveau de l'hémisphère Sud, le flux des masses d'air de direction SW-NE s'accompagne du déplacement l'anticyclone de l'île Sainte Hélène du 29-42°S de latitude, et de 0-20°E de longitude. Au mois de janvier, l'anticyclone des Açores se déplace entre 20-34°N de latitude, et entre 18-54°E de longitude. Pendant cette période au niveau de l'hémisphère Sud, le flux des masses d'air de direction SW-NE s'accompagne du déplacement l'anticyclone de l'île Sainte Hélène du 29-40°S de latitude et de 0-90°E de longitude. Les pluies observées au mois de janvier sur le triangle national sont en général épisodiques et d'intensités qui varient en fonction de la convection des masses d'air, de la forme du relief et de la continentalité. Au mois de février, plus de 80% des pluies enregistrées sont sporadiques et localisées sur les 08 localités (Ngaoundéré, Yaoundé, Bertoua, Ebolowa, Bafoussam, Bamenda, Mamfe et Douala) et comprises plus de 75% entre les classes inférieures à très inférieures à la norme. Pendant ce temps au niveau de l'hémisphère Nord, l'anticyclone des Açores migre à 9% des cas entre 28-33°N de latitude, et à 9% entre 10-17°E de longitude. à 77% des cas pour une TSO comprise entre 25-25,6°C et à 12% des cas pour une pression atmosphérique comprise entre 1000-1012hpa. Au niveau de l'hémisphère Sud pendant cette période, l'anticyclone de l'île Sainte Hélène migre 9% des cas entre 30-36°S de latitude, et à 71% des cas entre 10-38W de longitude. Pendant son parcours, à 28% des cas la TSO varie entre 25,45-26,08°C, pour une pression atmosphérique comprise à 71% des cas entre 1015 et 1019hpa.

3.2.2. Analyse de l'influence des facteurs déterminants du climat sur les quantités de précipitations des mois de mars, d'avril et de mai par la méthode CHA

Les travaux de Saji et al (2003) indiquent que la sensibilité des précipitations d'Afrique centrale à la variabilité des TSM de l'océan Indien bien que mal connue requiert un intérêt qui devrait susciter l'attention de nombreux chercheurs. Les téléconnexions établies jusqu'à présent semblent être le résultat des relations d'échelle de temps plus larges, compte tenu de l'ouverture de cette Région à l'océan atlantique, et la tendance au réchauffement observée depuis les années 70, modulée par les migrations de la ZCIT et/ou l'intensité de la mousson.

Les mois de mars, avril et mai correspondent à la petite saison des pluies dans la zone forestière bimodale du Cameroun. Pendant cette période, la présence de la pluie est due aux apports constants et abondants de la vapeur d'eau issue de la mousson de direction SW (Eldin, 1971). Selon cet auteur, la mousson qui apporte un air humide, se traduit par la forte présence de nuages, des coups de vents et le passage de grains formés de cumulonimbus qui traversent une dizaine de kilomètres. Ces nuages soudés sont à l'origine des orages et de fortes averses. L'International Research Institute of Climate and Society (IRI) évoque une diminution des températures de surface océanique, légèrement inférieures à la moyenne pendant cette période dans la partie Nord de l'océan atlantique, pendant que l'Atlantique Sud, des perturbations marquées par des pluies orageuses supérieures à la normale sont très souvent observées. La figure 111 montre une forte différence pluviométrique entre la partie de l'Afrique Centrale et les parties les moins arrosées situées au Nord et au Sud de l'Afrique. On observe néanmoins une diminution progressive des précipitations du mois mars au mois de mai.

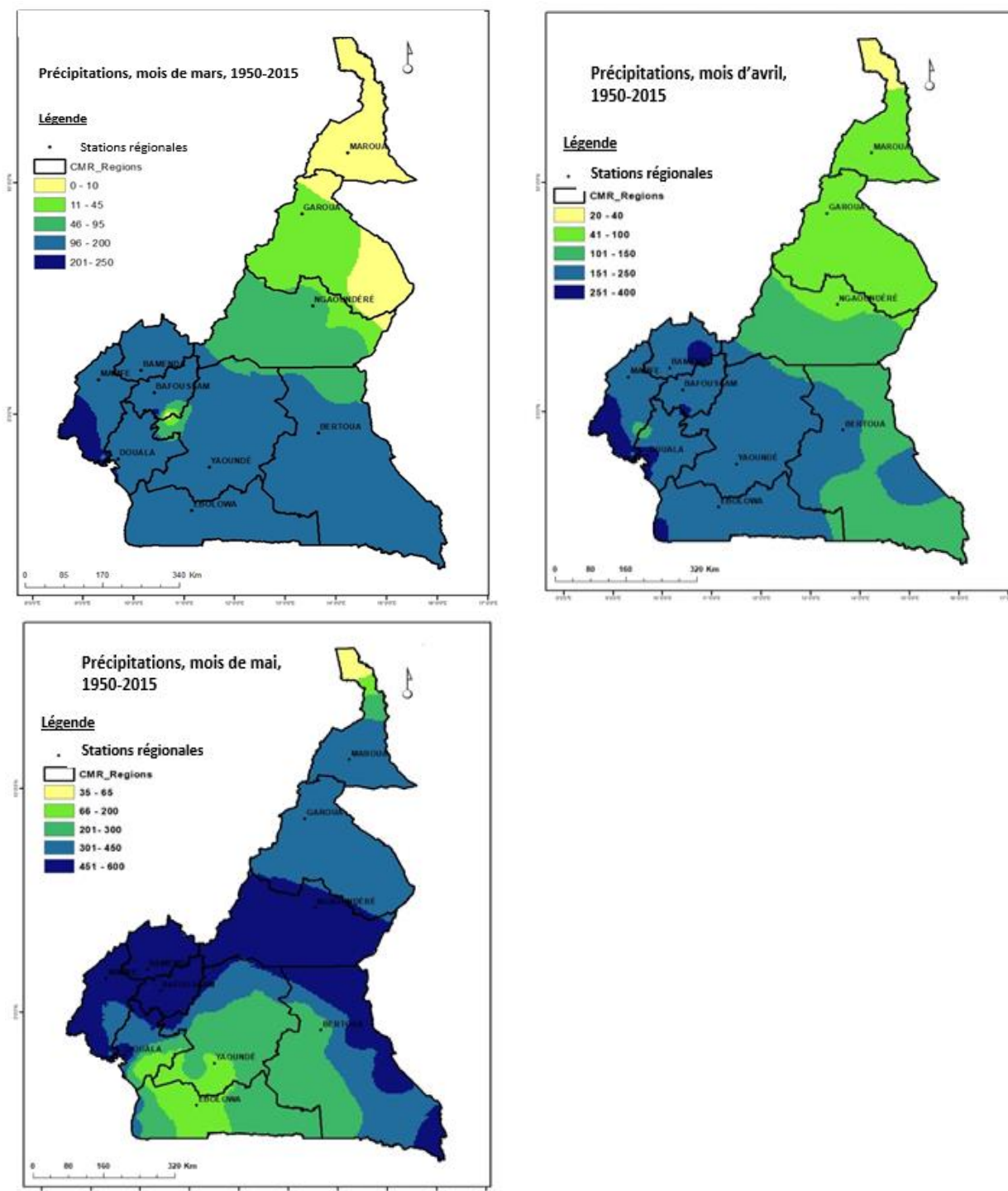


Figure 111 : Moyennes mensuelles des précipitations (mm/mois) au Cameroun aux mois de mars, avril et mai de 1950 à 2015.

Source : Auteur, 2016

Les organismes internationaux de prévision climatiques tels que Météo agricole (France), et la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (Etats Unis) relèvent qu'entre mars et mai, l'harmattan qui a séjourné pendant près de trois mois (décembre-mars) sur l'étendue du territoire, diminue progressivement en puissance, pendant que F.I.T. recule de sa position vers

le Sud de l'Adamaoua. Ce repli graduel du F.I.T se justifie par la mise en place progressive de la mousson en début de printemps. La mousson, vent humide de direction Sud-Ouest-Nord-Est, s'installe en marquant le début de la saison des pluies en Afrique Centrale et de l'Ouest. Pendant cette période, les précipitations prennent de l'importance surtout dans la partie non sahélienne du Cameroun, du Sud de l'Adamaoua jusque dans la partie Sud du pays. Le tableau 90 présente la répartition par classes des variables climatiques enregistrées au niveau des deux anticyclones subtropicaux entre mars et mai de 1950 à 2015 d'une part, et les quantités de précipitations enregistrées de Ngaoundéré jusqu'à Ebolowa sur la même période d'autre part.

Tableau 90 : Facteurs déterminants et précipitations au Cameroun aux mois de mars de 1950 à 2015

Variables	Très supérieur à la norme		Supérieur à la norme		Norme		Inférieur à la norme		Très inférieur à la norme	
	Classes	Pourcentages	Classes	Pourcentages	Classes	Pourcentages	Classes	Pourcentages	Classes	Pourcentages
Températures Açores (°C)	[26,7-26,3]	6,15%	[26,3-25,9]	9,23%	[25,9-25,5]	28,2%	[25,5 ; 25,2]	44,12%	[25,16-24,8]	12,3%
Pression atmosphérique Açores (hpa)	[1026-1023,8]	33,33%	[1023,8-1021,6]	53,04%	[1021,6-1019,4]	4,54%	[1019,4-1017,2]	6,06%	[1017,2-1015]	3,03%
Longitude îles Açores (degré, minute et seconde)	[50-44]	10,6%	[44-38]	22,74%	[38-32]	18,18%	[32-26]	30,3%	[26-20]	18,18%
Latitude îles Açores (degré, minute et seconde)	[40-37,4]	39,39%	[37,4-34,8]	45,47%	[34,8-32,2]	00%	[32,2-29,6]	7,57%	[29,6-27]	7,57%
Températures Sainte Héléne (°C)	[27,8 ; 27,4]	20%	[27,48 ; 27,1]	14%	[27,1 ; 26,71]	35%	[26,7 ; 26,33]	19%	[26,33 ; 25,9]	12%
Pression atmosphérique Sainte Héléne (hpa)	[1026-1023,8]	16,68%	[1023,8-1021,6]	1,51%	[1021,6-1019,4]	59,09%	[1019,4-1017,2]	1,51%	[1026-1023,8]	21,21%
Longitude îles Sainte Héléne (degré, minute et seconde)	[80-64]	4,54%	[64-48]	3,03%	[48-32]	12,12%	[32-16]	24,24%	[16-0]	56,07%
Latitude îles Sainte Héléne (degré, minute et seconde)	[40-37,4]	9,09%	[37,4-34,8]	24,24%	[34,8-32,2]	4,54%	[32,2-29,6]	53,04%	[29,6-27]	9,09%
Ngaoundéré	[171,9-137,5]	6%	[137,5-103,1]	0,0%	[103,1-68,78]	9%	[68,78-34,38]	25%	[34,38-0]	60%
Yaoundé	[171,9-137,5]	1,61%	[137,5-103,1]	9%	[103,1-68,76]	18%	[68,76-34,38]	57,49%	[34,38-0]	14%
Bertoua	[278,9-227,3]	1,51%	[227,3-175,8]	14,63%	[175,8-124,2]	18,66%	[124,2-72,7]	36,9%	[72,7-21,1]	28,3%
Ebolowa	[382,7-319,48]	3%	[319,48-256,26]	9%	[256,26-193,04]	16%	[193,04-129,82]	57%	[129,82-66,6]	15%
Bafoussam	[295,3-236,24]	3,03%	[236,24-177,18]	3,03%	[177,18-118,12]	41,8%	[118,12-59,06]	35,34%	[59,06-0]	16,8%
Bamenda	[330,6-265,8]	11,39%	[265,8-201,1]	12,60%	[201,1-136,4]	36,87%	[136,4-71,7]	29,47%	[71,7-7]	9,67%
Mamfe	[368,4-295,6]	9,09%	[295,6-222,7]	6,06%	[222,7-149,9]	30,3%	[149,9-77,0]	45,46%	[77,0-4,2]	9,09%
Douala	[312,9-254,5]	3,03%	[254,5-196,2]	35,8%	[196,2-137,8]	27,7%	[137,8-79,5]	22,8%	[79,5-21,12]	10,6%

Source : DMN, ASECNA, NOAA, 2015

Réalisation : Auteur

Le tableau 91 révèle que les quantités de précipitations les plus représentatives pour les 08 stations correspondent aux classes comprises entre la normale et très inférieure à la normale. Pour cela, 80% des précipitations enregistrées à Ngaoundéré, Yaoundé et Bertoua correspondent aux classes comprises entre inférieure à la norme et très inférieure à la normale, tandis qu'entre 50 et 80% des précipitations enregistrées à Ebolowa, Bafoussam, Bamenda, Mamfe et Douala

correspondent aux classes comprises entre la normale et inférieure à la normale. A l'hémisphère Nord au mois de mars, l'anticyclone des Açores migre à 44% des cas entre à 27-32,3°N de latitude, et à 16% des cas entre 20-32°E de longitude. Pendant cette période, la pression atmosphérique est à 9% des cas comprise entre 1015-1019hpa, pour une tempéré à 56% des cas comprise entre 24,8 et 25,5°C. Au niveau de l'hémisphère Sud, l'anticyclone de l'île Sainte Hélène migre à 60% des cas entre 27-32,2°N de latitude et à 80% des cas entre 0-32°E de longitude. Pour ces différentes positions, à 22,7% des cas la pression atmosphérique est comprise entre 1019,4-1023,8hpa pour une TSO à 33% des cas comprise entre 25,9-26,7°C.

Au mois **d'avril**, Front Inter Tropicale continue sa remontée du vers le Nord et l'anticyclone des Açores au niveau de l'hémisphère Nord est à 77% des cas entre la classe normale et la classe très inférieure à la normale, comprise entre 20-32°N, et à 95% des cas entre 32-46°E (tableau 91). Dans ses positions, les TSO et la pression atmosphérique connaissent une forte variation. Les valeurs de la pression atmosphérique ont été à 80% des cas supérieures à la norme (comprise entre 1023,2-1017,4hpa), tandis que la TSO a été à 63% des cas inférieure à la norme, comprise entre 25,7°C et 26,2°C.

Dans l'hémisphère Sud entre 1950 et 2015, la remontée du Front Inter Tropical vers le Nord s'est accompagnée de la migration de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène de direction SN. A 80% des cas sa position a varié entre la classe normale et la classe supérieure à la normale, comprise entre 29,2-36,4°S, et à 73% des cas entre la classe inférieure et la norme et très inférieure à la normale, comprise entre 0-32°SW. Lors de cette migration, dans 70% des cas la TSO a varié de la valeur inférieure à la norme à la classe supérieure à la norme, et à 67% des cas la pression atmosphérique s'est stabilisée à la classe normale, comprise entre 1021,6-1023,8hpa.

*Tableau 91 : Facteurs déterminants et précipitations au Cameroun
aux mois d'avril de 1950 à 2015*

Variables	Très supérieur à la norme		Supérieur à la norme		Norme		Inférieur à la norme		Très inférieur à la norme	
	Classes	Pourcentages	Classes	Pourcentages	Classes	Pourcentages	Classes	Pourcentages	Classes	Pourcentages
Températures Açores (°C)	[27,2-26,7[	4,63%	[27,2-26,7[	18,46%	[26,7-26,2[	35,38%	[26,2-25,7[	27,69%	[25,7-25,27[	13,84%
Pression atmosphérique Açores (hpa)	[1029-1023,2[	15,15%	[1023,2-1017,4[	78,8%	[1017,4-1011,6[	4,54%	[1011,6-1005,8[	00%	[1005,8-1000[	1,51%
Longitude îles Açores (degré, minute et seconde)	[60-53[	1,51%	[53-46[	3,03%	[46-39[	37,89%	[40-36[	18,18%	[39-32[	39,39%
Latitude îles Açores (degré, minute et seconde)	[40-36[	26,81%	[36-32[	9,03%	[32-28[	25,86%	[28-24[	12,18%	[24-20[	26,12%
Températures Sainte Héline (°C)	[27,6;27,3[	13,86%	[27,3;26,9[	29,23%	[26,9;26,6[	21,53%	[26,6;26,3[	20%	[26,3 ; 25,9[	15,38%
Pression atmosphérique Sainte Héline (hpa)	[1026-1023,8[	9,09%	[1023,8-1021,6[	67%	[1021,6-1019,4[	1,51%	[1019,4-1017,2[	13,31%	[1017,2-1015[	9,09%
Longitude îles Sainte Héline (degré, minute et seconde)	[80-64[	12,12%	[64-48[	10,60%	[48-32[	4,56%	[32-16[	18,18%	[16-0[	54,54%
Latitude îles Sainte Héline (degré, minute et seconde)	[40-36,4[	1,51%	[36,4-32,8[	28,8%	[32,8-29,2[	51,51%	[29,2-25,6[	13,64%	[25,6-22[	4,54%
Ngoundéré	[301,1-246,5[	6%	[246,5-192[	14%	[192-137,4[	32%	[137,4-82,86[	37%	[82,86-28,3[	11%
Yaoundé	[311,1-256,5[	3%	[256,5-202[	11,0%	[202-147,4[	26%	[147,4-92,86[	46%	[92,86-38,3[	14%
Bertoua	[230,4-197,1[	3%	[197,1-163,9[	20,2%	163,9-130,6[	26,2%	[130,6-97,4[	38,0%	[97,4-64,1[	12,6%
Ebolowa	[429,2-360,3[	4%	[360,3-291,4[	1,51%	[291,4-153,6[	34,49%	[222,5-153,6[	51%	[153,6-84,7[	9%
Bafoussam	[342,3-273,8[	3,03%	[273,8-205,4[	10,6%	[205,4-136,9[	57,57%	[136,9-68,5[	25,77%	[68,5-0,0[	3,03%
Bamenda	[346,4-293,5[	4,54%	[293,5-240,6[	10,70%	[240,6-187,7[	30,3%	[187,7-134,8[	25,75%	[134,8-82[	28,41%
Mamfé	[470,1-392,1[	3,03%	[392,1-314,0[	6,06%	[314,0-236,0[	28,78%	[236,0-157,9[	45,45%	[157,9-79,9[	16,68%
Douala	[534,6-452,2[	1,51%	[452,2-369,8[	00%	[369,8-287,4[	15,2%	[287,4-205,0[	50,48%	[205,0-122,6[	32,81%

Source : DMN, ASECNA, NOAA, 2015

Réalisation : Auteur

Par ailleurs, le même tableau 92 présente en plus de la classification des facteurs déterminants du climat, les différentes classes de la répartition des quantités de précipitations enregistrées au mois d'avril dans huit stations météorologiques du Cameroun (Ngoundéré, Yaoundé, Bertoua, Ebolowa, Bafoussam, Bamenda, Mamfé et Douala). Il ressort des résultats de ce tableau qu'il n'y a pas une correspondance directe entre les classes des facteurs déterminants du climat et les quantités de pluies enregistrées dans les différentes stations météorologiques observées. De même tableau indique une forte concentration des précipitations (plus de 50%) sur des 08 stations étudiées entre la classe normale et la classe inférieur à la normale, chose qui permet de conclure que chaque facteur exerce une influence indépendamment des autres facteurs sur la pluviométrie au Cameroun.

Le mois de **mai** est caractérisé par la remontée des vents de Mousson du Sud-Ouest vers le Nord du pays, ainsi que la migration continue du Front intertropical (FIT) dans la partie Septentrionale du pays, accompagnée de l'installation progressive de la saison des pluies sur l'étendue du territoire national. Lors de son cheminement, l'anticyclone des Açores converge à 85% des cas entre le 20-42°N, et entre le 44°E-38°W, sous une pression à 62% des cas comprise entre 1015,6-1020,8hpa (tableau 106). Dans ses différentes positions, la TSO est comprise entre 25,7°C et 26,2°C, et la pression atmosphérique 1015-1026hpa. Au niveau de l'hémisphère Sud, l'anticyclone de l'île Sainte Hélène se déplace entre 20-38°S, et entre 18-36°E. Ces positions lui confèrent une TSO comprises entre la classe de températures de normale à très supérieure à la normale, comprise entre 25,6°C et 27°C, pour une pression atmosphérique comprise entre 1019-1022 hpa.

Tableau 92 : Facteurs déterminants et précipitations au Cameroun aux mois de mai de 1950 à 2015

Variables	Très supérieur à la norme		Supérieur à la norme		Norme		Inférieur à la norme		Très inférieur à la norme	
	Classes	Pourcentages	Classes	Pourcentages	Classes	Pourcentages	Classes	Pourcentages	Classes	Pourcentages
Températures Açores (°C)	[27,6-27,16[	3,03%	[27,16-26,6[	20%	[26,1-25,6[	33,3%	[26,18-25,69[	34,8%	[25,69-25,2[	9,1%
Pression atmosphérique Açores (hpa)	[1026-1020,8[	35%	[1020,8-1015,6[	62,0%	[52,4-41,8[	1,51%	[1011,6-1005,8[	00%	[1005,8-1000[	1,51%
Longitude îles Açores (degré, minute et seconde)	[63-52,4[	3,03%	[52,4-41,8[	3,03%	[41,8-31,2[	40,9%	[31,2-20,6[	43,04%	[20,6-10[	10%
Latitude îles Açores (degré, minute et seconde)	[50-44[	4,53%	[44-38[	47%	[38-32[	7,57%	[32-26[	39,39%	[26-20[	1,51%
Températures Sainte Hélène (°C)	[27-26,57[	23,10%	[26,57-26,1[	21,53%	[26,1-25,6[	38,47%	[25,6-25,19[	15,39%	[25,19-24,7[	1,51%
Pression atmosphérique Sainte Hélène (hpa)	[1025-1022[	13,65%	[1022-1019[	77,27%	[1019-1016[	3,03%	[1016-1013[	4,54%	[1013-1010[	1,51%
Longitude îles Sainte Hélène (°degré, minute et seconde)	[90-72[	12,12%	[72-54[	9,09%	[54-36[	1,51%	[36-18[	19,7%	[18-0[	57,58%
Latitude îles Sainte Hélène (degré, minute et seconde)	[50-44[	4,54%	[44-38[	47%	[38-32[	7,57%	[32-26[	39,39%	[26-20[	1,51%
Maroua	[36,5-29,2[	1,51%	[29,2-21,9[	1,51%	[21,9-14,6[	7,57%	[14,6-7,3[	6,06%	[7,3-0[	83,35%
Garoua	[239,5-192[	9,09%	[192-143[	19,7%	[143-98,3[	24,21%	[98,3-51,2[	30,3%	[51,2-4,1[	16,7%
Ngaoundéré	[315,8-269,8[	10%	[269,8-223,9[	18%	[223,9-177,9[	45%	[177,9-132[	14%	[132-86[	13%
Yaoundé	[315,8-269,8[	9%	[269,8-223,9[	30%	[223,9-177,9[	41,5%	[177,9-132[	18%	[132-86[	1,51%
Bertoua	[317-265,2[	7,57%	[265,2-213,3[	14%	[213,3-161,5[	36,3%	[161,5-109,6[	30%	[109,6-57,8[	12,12%
Ebolowa	[402,4-340,7[	4%	[340,7-279[	4%	[279-217,3[	26%	[217,3-155,6[	48%	[155,6-93,9[	18%
Bafoussam	[324,1-276,1[	1,51%	[276,1-228,1[	9,09%	[228,1-180,1[	25,77%	[180,1-132,1[	36,36%	[132,1-84,1[	27,27%
Bamenda	[441-370,6[	3,03%	[370,6-300,2[	00%	[300,2-229,8[	11%	[229,8-159,4[	46,97	[159,4-89[	39%
Mamfe	[717,1-611,9[	4,54%	[611,9-506,7[	7,57%	[506,7-401,6[	28,8%	[401,6-296,4[	50%	[296,4-191,2[	9,09%
Douala	[433,1-372,7[	20%	[372,7-312,2[	19%	[312,2-251,8[	28%	[251,8-191,3[	17%	[191,3-130,9[	16%

Source : DMN, ASECNA, NOAA, 2015

En se fondant sur le fait qu'au mois de mai, les localités situées dans partie Septentrionale (Régions de l'Extrême-Nord et du Nord) et la partie au Nord de l'Adamaoua (localités de Mbé, Tignère, Ngaou Mbol Kognoli) n'enregistrent que des pluies localisées et souvent de faible intensité, cette période correspond au prolongement de la saison des pluies dans la presque

totalité des localités situées dans les autres Régions du Cameroun. Les proportions enregistrées pour valeurs comprises entre la classe normale et la classe très supérieure à la normale qui concentre les plus fortes proportions des pluies varient à 85% des cas, entre 0 et 68,7mm de pluies à Ngaoundéré ; à 68,8% des cas entre 0 et 68,7mm de pluies à Yaoundé ; à 69% des cas entre 66,6 mm et 193,04mm de pluies à Ebolowa ; à 68,3% des cas entre 21,1 et 124,2mm de pluies à Bertoua; à 52,14% entre 0 et 118,12mm à Bafoussam; à 39,6% entre 7 et 136,4mm à Bamenda; à 54% entre 2 et 149,9mm à Mamfe et à 33% des cas entre 21,12 et 137,8mm à Douala.

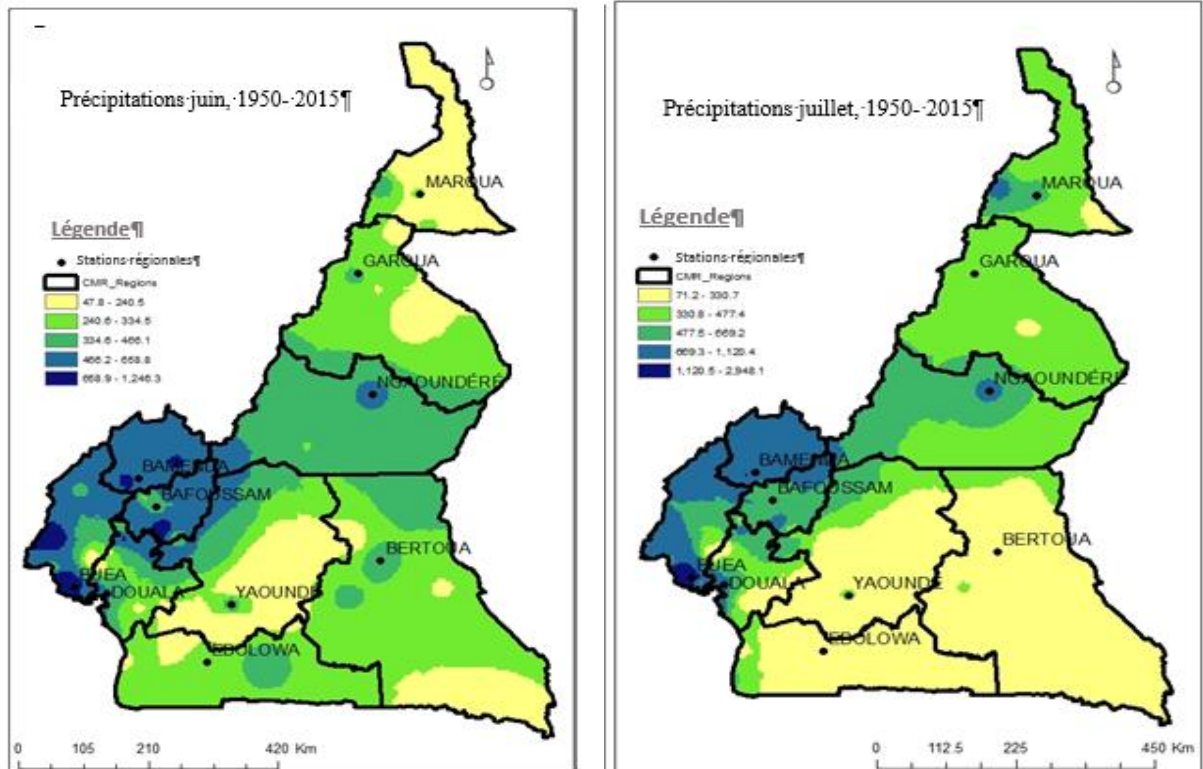
Du mois de mars au mois de mai, l'harmattan diminue progressivement en puissance au profit de la mousson, vent humide de direction SW-NE. Cette période correspond à l'installation progressive de la saison des pluies à Ngaoundéré, Bafoussam, Bamenda, Mamfe et Douala. Dans la zone forestière à pluviométrie bimodale, cette période correspond à l'installation de la petite saison des pluies. Globalement pendant cette période, les années ou les quantités de précipitations ont été de supérieur à très supérieures à la norme (représentent entre 18 et 86% des cas) pour les localités de Ngaoundéré, Yaoundé, Bertoua, Ebolowa, Bafoussam, Bamenda, Mamfe et Douala. Pendant cette période, au niveau de l'hémisphère Nord, l'anticyclone des Açores converge à environ 70% des cas entre le 20-50°N, et entre le 20°E-70°W, sous une pression à environ 60% des cas comprise entre 1000-1026hpa. Au niveau de l'hémisphère Sud, l'anticyclone de l'île Sainte Hélène se déplace à environ 50% des cas entre 20-32°S de latitude et entre 18 et 70% des cas entre 20 et 36°S de longitude, pour une TSO comprise entre 24 et 26,7°C, pour une pression atmosphérique comprise entre 1010 et 1020 hpa.

3.2.3. Analyse de l'influence des facteurs déterminants du climat sur les quantités de précipitations des mois de juin, juillet et août par la méthode CHA

Mahé (1993) évoque un temps orageux qui prend les commandes du ciel africain entre le mois de juin et d'août. Dans ce contexte, les précipitations sont en général inégalement réparties sur le territoire national. Elles sont excédentaires par endroit et déficitaires à d'autres, en fonction de la répartition géographique des orages.

Camberlin et al (2001) souligne que pendant cette période, les précipitations d'Afrique centrale semblent avoir une réponse un peu plus significative aux TSO de l'océan Atlantique, mais nettement atténuée par rapport à l'Afrique de l'ouest, et pratiquement limitée à la partie occidentale, la plus proche de l'Atlantique. Selon cet auteur, la réponse à cette observation serait liée à la modulation saisonnière latitudinale avec le mouvement de la ZCIT. Cette observation permet à Janicot et al (1997) de conclure qu'en limite Nord de la ZCIT, les années où l'atlantique Sud est anormalement chaud s'accompagnent de déficits pluvieux entre les mois de juillet et les mois d'août, du Sud du Cameroun au Sud du Gabon.

Hirst et al (1983), Nicholson et Entekhabi (1986) évoquent plutôt la tendance d'excédents pluvieux au niveau de l'atlantique Sud chaud, du moins sur les Régions bordières de l'atlantique. Entre les mois de juillet et d'août, un changement important dans la physionomie de la convection est observé, celui-ci liée à la migration de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène dans sa partie la plus septentrionale. Ce changement est reconnaissable par la disparition des nuages convectifs sur le Golfe de Guinée. La figure 112 présente la variation des précipitations au Cameroun aux mois de juillet et d'août de 1950 à 2015.



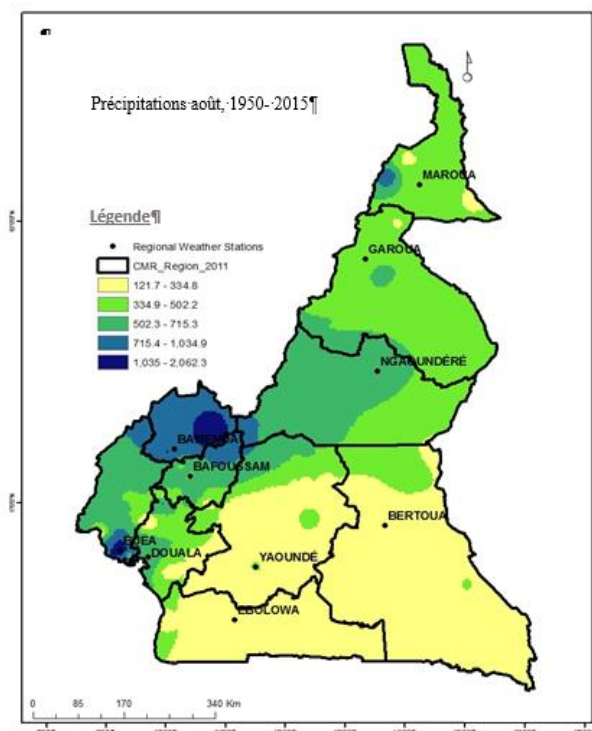


Figure 112 : Moyennes mensuelles des précipitations (mm/mois) au Cameroun aux mois de juin, juillet et août de 1950 à 2015.

Source : Auteur, 2016

De **juin à août**, le FIT continue sa course vers la partie Septentrionale du Lac Tchad, entraine des perturbations climatiques de l'Afrique Orientale jusqu'en Afrique Centrale. Au niveau de l'hémisphère Nord, l'anticyclone des Açores chemine sa course entre 34-48°N de latitude et entre 22-44°E de longitude. Durant son parcours, la TSO est comprise entre 25,86° 26,71°C, pour une pression comprise entre 1010,4-1015,6hpa (tableau 93). Au niveau de l'hémisphère Sud, l'anticyclone de l'île Sainte Hélène chemine de direction NE, à une position comprise entre 25-42°N de latitude, et entre 0-36°E de longitude. Pour ces différentes positions, la pression au centre de l'anticyclone oscille à 97% des cas entre la classe supérieure à la normale et la classe très supérieure à la normale, soit comprise entre 24,7°C à 25,5°C.

*Tableau 93 : Facteurs déterminants et quantités de précipitations
au Cameroun aux mois de juin de 1950 à 2015*

Variables	Très supérieur à la norme		Supérieur à la norme		Norme		Inférieur à la norme		Très inférieur à la norme	
	Classes	Pourcentages	Classes	Pourcentages	Classes	Pourcentages	Classes	Pourcentages	Classes	Pourcentages
Températures Açores (°C)	[27,97-27,65[	4,62%	[27,65-27,34[	4,62%	[27,34-27,02[	6,15%	[27,02-26,71[	6,15%	[26,71-25,86[	78,46%
Pression atmosphérique Açores (hpa)	[1026-1020,8[	39,41%	[1020,8-1015,6[	54,54%	[1015,6-1010,4[	4,54%	[1010,4-1005,2[	00%	[1005,2-1000[	1,51%
Longitude îles Açores (degré, minute et seconde)	[100-88[	1,51%	[88-66[	00%	[66-44[	3,03%	[44-22[	89,4%	[22-0[	6,06%
Latitude îles Açores (degré, minute et seconde)	[55-48[	6,06	[48-41[	58,07	[41-34[	28,3	[34-27[	1,51	[27-20[	6,06
Températures Sainte Hélène (°C)	[25,5-25,13[	20%	[25,13-24,73[	29,24%	[24,73-24,33[	27,7%	[24,33-23,93[	20%	[23,93-23,53[	3,06%
Pression atmosphérique Sainte Hélène (hpa)	[1026-1022,8[	24,24%	[1022,8-1019,6[	72,74%	[1019,6-1016,4[	00%	[1016,4-1013,2[	1,51%	[1013,2-1010[	1,51%
Longitude îles Sainte Hélène (degré, minute et seconde)	[90-72[	7,57%	[72-54[	9,09%	[54-36[	7,57%	[36-18[	10,62%	[18-0[	65,15%
Latitude îles Sainte Hélène (degré, minute et seconde)	[60-53[	1,51%	[53-46[	00%	[46-39[	6,06%	[39-32[	13,65%	[32-25[	78,78%
Maroua	[265,8-221,2[	1,51%	[221,2-176,7[	15,15%	[176,7-132,1[	21,21%	[132,1-87,56[	28,8%	[87,56-4[	33,33%
Garoua	[337,4-275[	3,03%	[275-213[	6,06%	[213-152[	25,75%	[152-89,6[	53,04%	[89,6-27,6[	12,12%
Ngaoundéré	[369,1-312,3[	4%	[312,3-255,5[	23%	[255,5-198,6[	35%	[198,6-141,8[	34%	[141,8-85[	4%
Yaoundé	[369,1-312,3[	7%	[312,3-255,5[	9%	[255,5-198,6[	28%	[198,6-141,8[	41%	[141,8-85[	15%
Bertoua	[326,2-271,7[	1,51%	[271,7-217,2[	11,65%	[217,2-162,8[	25,25%	[162,8-108,3[	35,85%	[108,3-53,9[	25,72
Ebolowa	[398,4-324,38[	3%	[324,38-250,3[	6%	[250,36-176,34[	22%	[176,34-102,32[	53%	[102,32-28,3[	16%
Bafoussam	[326,1-271,6[	9,09%	[271,6-217[	33,33%	[217,0-162,5[	28,8%	[162,5-107,9[	25,75%	[107,9-53,4[	3,03%
Bamenda	[456,4-385,9[	12,12%	[385,9-315,4[	17,23%	[315,4-245,0[	39,87	[245,0-174,5[	24,72	[174,5-104,1[	6,06%
Mamfi	[667,9-573,3[	9,09%	[573,3-478,7[	25,75%	[478,7-384,0[	45,47	[384,0-289,4[	15,15%	[289,4-194,8[	4,54%
Douala	[868-729,36[	6,06%	[729,3-590,6[	12,12%	[590,6-451,9[	16,65%	[451,9-313,2[	50,02%	[313,2-174,5[	15,15%

Source : DMN, ASECNA, NOAA, 2015

Réalisation : Auteur

Au mois de juin, les positions des centres d'action atmosphériques, associées à la position septentrionale du FIT confèrent une configuration pluviométrique particulière à la zone forestière à pluviométrie bimodale (Yaoundé, Bertoua et Ebolowa). C'est la petite saison sèche avec une baisse significative des quantités de précipitations. Pendant ce temps, dans les autres zones (Haute Savane Guinéenne, Hauts Plateaux, Soudano-Sahélienne et forestière à pluviométrie monomodale), c'est la saison des pluies qui se prolonge. Les résultats du tableau 94 relèvent que malgré la faiblesse des quantités de précipitations observées, le mois de juin reste le plus arrosé pendant la petite saison sèche dans la zone forestière à pluviométrie bimodale, avec des volumes pluviométriques moyens qui varient entre 270 et 400 mm de pluies sur les 03 localités.

Au mois de **juillet**, la mousson porteuse d'abondantes précipitations balaie le Cameroun, à l'exception des localités situées dans la forestière à pluviométrie bimodale (Yaoundé, Bertoua et Ebolowa), c'est de saison pluvieuse sur les localités des 07 autres Régions du Cameroun.

Pendant cette période, la progression du FIT vers la partie Septentrionale est sous l'impulsion des forces des 02 anticyclones subtropicaux. L'anticyclone des Açores sous l'impulsion des mêmes forces oscille de direction NW. Sur les 66 années observées, à 56% des cas il oscille entre 35,6-40,8°N, et 60,62% des cas entre et 38-24°W (tableau 94). Durant son trajet, les températures au centre de l'anticyclone varient à 68% des cas de la classe normale à inférieure à la normale, et la pression atmosphérique a varié à 94% des cas entre la classe supérieure à la normale et très supérieure à la normale, comprise entre 1016,8-1022,4hpa.

Tableau 94 : Facteurs déterminants et précipitations au Cameroun aux mois de juillet de 1950 à 2015

Variables	Très supérieur à la norme		Supérieur à la norme		Norme		Inférieur à la norme		Très inférieur à la norme	
	Classes	Pourcentages	Classes	Pourcentages	Classes	Pourcentages	Classes	Pourcentages	Classes	Pourcentages
Températures Açores (°C)	[28,29-27,91[	3,09%	[27,91-27,53[	6,15%	[27,53-27,15[	38,46%	[27,15-26,77[	29,23%	[26,77-26,4[	23,07%
Pression atmosphérique Açores (hpa)	[1028-1022,4[	34,84%	[1022,4-1016,8[	59,11%	[1016,8-1011,2[	4,54%	[1011,2-1005,6[	00%	[1005,6-1000[	1,51%
Longitude îles Açores (degré, minute et seconde)	[80-66[	1,51%	[66-52[	1,51%	[52-38[	27,27%	[38-24[	60,62%	[24-10[	9,09%
Latitude îles Açores (degré, minute et seconde)	[46-40,8[	4,54%	[40,8-35,6[	56,06%	[35,6-30,4[	6,07%	[30,4-25,2[	30,3%	[25,2-20[	3,03%
Températures Sainte Hélène (°C)	[24,26-23,86[	26,15%	[23,86-23,46[	38,46%	[23,46-23,06[	26,18%	[23,06-22,66[	7,70%	[22,66-22,26[	1,51%
Pression atmosphérique Sainte Hélène (hpa)	[1026-1023[	24,25%	[1023-1021[	12,12%	[1021-1019[	62,12%	[1019-1017[	00%	[1017-1015[	1,51%
Longitude îles Sainte Hélène (degré, minute et seconde)	[90-72[	4,54%	[72-54[	4,54%	[54-36[	7,57%	[36-18[	12,12%	[18-0[	71,23%
Latitude îles Sainte Hélène (degré, minute et seconde)	[43-39,4[	4,54%	[39,4-35,8[	1,51%	[35,8-32,2[	9,03%	[32,2-28,6[	66,74%	[28,6-25[	18,18%
Maroua	[409-345,2[	1,51%	[345,2-281,4[	10,63%	[281,4-217,6[	24,24%	[217,6-153,8[	37,87%	[153,8-90[	25,75%
Garoua	[377,1-316[	6,08%	[316-25[	7,57%	[256-195[	27,27%	[195-134[	27,27	[134-73,5[	31,81
Ngaoundéré	[466,2-393[	6%	[393-319,8[	10%	[319,8-246,6[	32%	[246,6-173,4[	37%	[173,4-100,2[	12%
Yaoundé	[466,2-393[	3,03%	[393-319,8[	1,51%	[319,8-246,6[	14%	[246,6-173,4[	35%	[173,4-100,2[	46,96%
Bertoua	[245,5-198,3[	16,66%	[198,3-151,1[	12,12%	[151,1-103,9[	12,12%	[103,9-56,7[	42,42%	[56,7-0[	16,66%
Ebolowa	[265,5-212,6[	1,51%	[212,6-159,7[	1,51%	[159,7-106,8[	13,89%	[106,8-53,9[	37%	[53,9-1[	46%
Bafoussam	[456,7-382,3[	6,06%	[382,3-307,9[	15,15%	[307,9-233,5[	36,36%	[233,5-159,1[	22,74%	[159,1-84,7[	19,69%
Bamenda	[676,4-582,4[	4,54%	[582,4-488,4[	15,43%	[488,4-394,5[	37,35%	[394,5-300,5[	24,42%	[300,5-206,6[	18,26%
Mamfé	[726,5-601,9[	9,09%	[601,9-477,4[	34,85%	[477,4-352,8[	43,95%	[352,8-228,3[	10,60	[228,3-103,7[	1,51%
Douala	[1207,9-999,6[	6,06%	[999,6-791,3[	18,18%	[791,3-583,0[	39,39%	[583,0-374,7[	16%	[374,7-166,4[	15,94%

Dans sa course aux mois de juillet, la progression du FIT vers le Nord s'accompagne d'une oscillation de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène à 95% des cas entre 25-32,2°S, et à 83% des cas entre 0-36°W. Lors de son parcours, on observe une forte variation de la TSO à 65% des cas comprises entre 23,46° et 24,26°C, et la pression enregistrée au niveau de l'anticyclone est à 62,12% des cas comprise entre 1019-1021hpa.

Dans la zone forestière, le mois de juillet est moins arrosé à la station de Yaoundé qui enregistre environ 100 mm de pluies de plus par rapport au mois de juin. A l'opposé, Bertoua et Ebolowa enregistrent moins de pluies. Les valeurs enregistrées varient entre 198 et 266 mm de pluies pour les deux localités. Par contre, le mois de juillet marque une phase croissante des cumuls de précipitations dans les zones Soudano-Sahélienne (Maroua et Garoua), des Hautes

Savanes Guinéennes (Adamaoua), des Hauts Plateaux (Bafoussam et Bamenda) et la zone forestière à pluviométrie monomodale (Douala et Mamfe).

Les travaux de Dhonneur (1971) indiquent qu'au mois **d'août**, le champ de vent est pratiquement similaire à celui observé au mois de juillet. Pendant cette période, le FIT se maintient à 20°N, et amorce progressivement son retrait en direction du domaine littoral. Sur la période de l'étude, le FIT oscille en prenant la direction Nord, et ses positions les plus extrêmes sont situées aux limites du Sahara, rendant toute la partie Sud du Front majoritairement pluvieuse. Son séjour dans cette partie est favorable à la migration de l'anticyclone des Açores vers le secteur NNW (tableau 95).

Tableau 95 : Facteurs déterminants et précipitations au Cameroun aux mois d'août de 1950 à 2015

Variables	Très supérieur à la norme		Supérieur à la norme		Norme		Inférieur à la norme		Très inférieur à la norme	
	Classes	Pourcentages	Classes	Pourcentages	Classes	Pourcentages	Classes	Pourcentages	Classes	Pourcentages
Températures Açores (°C)	[28,6-28,22[	7,69%	[28,22-27,84[	23,07%	[27,84-27,46[	38,46%	[27,46-27,08[	27,69%	[27,08-27[	3,09%
Pression atmosphérique Açores (hpa)	[1026-1020,8[	34,24%	[1020,8-1015,6[	58,67%	[1015,6-1010,4[	6,06%	[1010,4-1005,2[	00%	[1005,2-1000[	3,03%
Longitude îles Açores (degré, minute et seconde)	[90-72[	1,51%	[72-54[	00%	[54-36[	16,66%	[36-18[	69,71%	[18-0[	12,12%
Latitude îles Açores (degré, minute et seconde)	[50-44,6[	6,06%	[44,6-39,2[	63,12%	[39,2-33,8[	4,54%	[33,8-28,4[	23,25%	[28,4-23[	3,03%
Températures Sainte Hélène (°C)	[23,6-23,3[	6,15%	[23,3-22,9[	33,85%	[22,9-22,67[	33,84%	[22,7-22,3[	15,38%	[22,3-22,02[	10,78%
Pression atmosphérique Sainte Hélène (hpa)	[1029-1026,2[	1,51%	[1026,2-1023,4[	19,71%	[1023,4-1020,6[	15,15%	[1020,6-1017,8[	62,12%	[1017,8-1015[	1,51%
Longitude îles Sainte Hélène (degré, minute et seconde)	[90-72[	4,54%	[72-54[	1,51%	[54-36[	3,03%	[36-18[	13,63%	[18-0[	77,27%
Latitude îles Sainte Hélène (degré, minute et seconde)	[50-45[	1,51%	[45-40[	1,51%	[40-35[	1,51%	[35-30[	21,21%	[30-25[	74,26%
Maroua	[448-368,7[	3,04%	[368,7-289,3[	24,24%	[289,3-210[	39,39%	[210-130,6[	24,24%	[130,6-51,3[	9,09%
Garoua	[495,2-412[	6,06%	[412-328[	9,09%	[328-245[	12,12%	[245-161[	54,55%	[161-77,5[	18,18%
Ngaoundéré	[521,8-420[	1,51%	[420-318,3[	28%	[318,3-216,5[	47%	[216,5-114,8[	15%	[114,8-13[	8%
Yaoundé	[521,8-420[	6%	[420-313,3[	6%	[313,3-216,5[	30%	[216,5-114,8[	28%	[114,8-13[	30%
Bertoua	[380,4-314,6[	3,51%	[314,6-248,8[	6,06%	[248,8-182,9[	21,29%	[182,9-117,1[	35,33%	[117,1-51,3[	33,81%
Ebolowa	[293,4-235,06[	3%	[235,06-176,72[	3%	[176,72-118,38[	28%	[118,38-60,04[	23%	[60,04-1,7[	43%
Bafoussam	[453,2-382,8[	6,06%	[382,8-312,3[	7,57%	[312,3-241,9[	42,47%	[241,9-171,4[	28,27%	[241,9-171,4[	15,63%
Bamenda	[639,2-547,6[	13,63%	[547,6-456,1[	15,15%	[456,1-364,6[	35,85%	[364,6-273,1[	27,28%	[273,1-181,6[	7,57%
Mamfe	[752,9-649,6[	7,57%	[649,6-546,4[	26,79%	[546,4-443,2[	35,34%	[443,2-340,0[	21,21%	[340-236,8[	9,09%
Douala	[1240,4-1047,2[	6,06%	[1047,2-854,1[	26,69%	[854,1-660,9[	24,28%	[660,9-467,8[	33,88%	[467,8-274,7[	9,09%

Source : DMN, ASECNA, NOAA, 2015

Réalisation : Auteur

A 63,12% des cas (sur les 66 années observées), ses positions sont supérieures à la normale, comprises respectivement entre 39,2-44,6°N, et à 23,25% des cas inférieures à la norme, comprises entre 28,4-33,8°N. Sa migration dans le sens de la longitude correspond à 80% des cas à des positions comprises entre la classe normale et très inférieures à la normale (comprise entre 18-54°W). Ces différentes positions se sont accompagnées d'une variation

simultanée de la température et de la pression atmosphérique au niveau dudit anticyclone. Environ à 68% des cas les températures enregistrées lors de sa migration sont comprises entre 27°C et 28,22°C, pour une pression atmosphérique comprise à 93% des cas entre 1015-1026hpa.

Lors du cheminement du FIT vers l'hémisphère Sud, l'anticyclone de l'île Sainte Hélène chemine à 95% des cas entre la classe inférieure à la norme et très inférieure à la norme, entre 25-35°S de latitude, et à 91% des cas entre la classe inférieure à la norme et très inférieure à la norme (entre 0-36°E). Les températures enregistrées pour ces différentes positions correspondent à 68% des cas à la classe comprise entre la normale et supérieure ou égale à la normale, avec une pression atmosphérique qui à 77% des cas est comprise entre la classe normale et inférieure à la normale, comprise entre 1023,4-1017,8hpa.

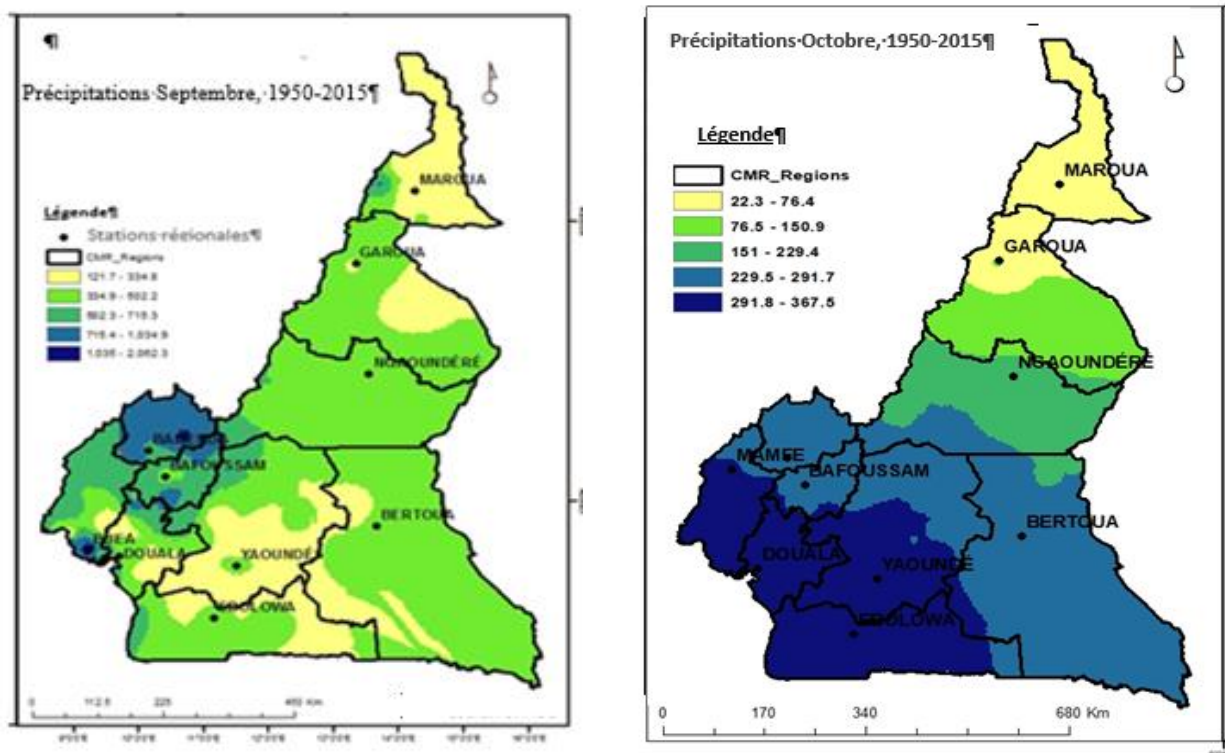
L'évolution du FIT aux mois d'août associé à la dynamique des facteurs déterminants favorisent une forte concentration des quantités de précipitations dans les classes comprises entre la normale et supérieure à la normale (en majorité supérieures à la normale). Les valeurs enregistrées pour ces deux classes se situent au tour de 75% des cas à Bafoussam, et près de 64% des cas à Bamenda. Pour les stations situées dans la zone forestière à pluviométrie bimodale (Yaoundé, Bertoua et Ebolowa), entre 30 et 45% des cas, les précipitations enregistrées sont comprises dans la classe très inférieure à la norme comprise entre 1,5 et 115mm de pluies. Les classes supérieures à la norme concentrent près de 27% des quantités de précipitations enregistrées, à Douala et à Mamfe, avec des cumuls de précipitations comprises entre 649,6 et 546,4mm de pluies à Mamfe et entre et 854,1 et 1047,2 mm de pluies à Douala.

*Entre les mois de **juin et d'août**, le FIT continue sa course vers la partie Septentrionale du Lac Tchad, entraînant ainsi des perturbations climatiques dans tout le Golfe de Guinée. Au niveau de l'hémisphère Nord pendant cette période, les positions de l'anticyclone des Açores varient entre la classe entre 34° et 48°N, et entre 22-44°E. Au même moment, la TSO est comprise entre 25,86°C 26,71°C, pour une pression comprise entre 1010,4-1015,6 hpa. La période comprise entre les mois de juin et d'août correspond à la petite saison sèche à Yaoundé, Bertoua et Ebolowa. Ladite période correspond au prolongement de la saison des pluies à Maroua, Garoua, Ngaoundéré, Bafoussam, Bamenda, Mamfe et Douala. La mousson porteuse d'abondantes précipitations de saison pluvieuse balaie le Cameroun, sous l'impulsion des forces de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène en provenance de l'hémisphère Sud entre 25-50°S de latitude et entre 50E-90W de longitude et porté par l'occurrence des TSO comprise entre 26 et 27,83°C et pour une pression atmosphérique comprise entre 1016,8-1022,4hpa.*

3.2.4. Analyse de l'influence des facteurs déterminants du climat sur les quantités de précipitations des mois de septembre, octobre et novembre par la méthode CHA

- *Distribution mensuelle des quantités de précipitations en Afrique centrale pour les mois de septembre, octobre et novembre*

Entre les mois de septembre et d'octobre, le Front Inter Tropical progresse vers la partie Septentrionale du Lac Tchad, entraînant des perturbations climatiques en Afrique Orientale et Centrale. Pendant cette période, les précipitations en Afrique Centrale réagissent saisonnièrement aux TSO, en particulier de l'océan Atlantique (Tsalefac M et al, 2014). La saison des pluies se répand de la zone centrale forestière à la zone littorale et les Hauts Plateaux. La bande Soudano-sahélienne semble caractérisée par une occurrence de nuage qui alterne avec un effondrement du taux de convection en Octobre. Dans cette sous-Région africaine, le régime pluviométrique est lié à l'intensité de la convection (Mohamed Hamatan et al, 2004). La figure 113 illustre la dégradation progressive des pluies du mois de septembre au mois de novembre.



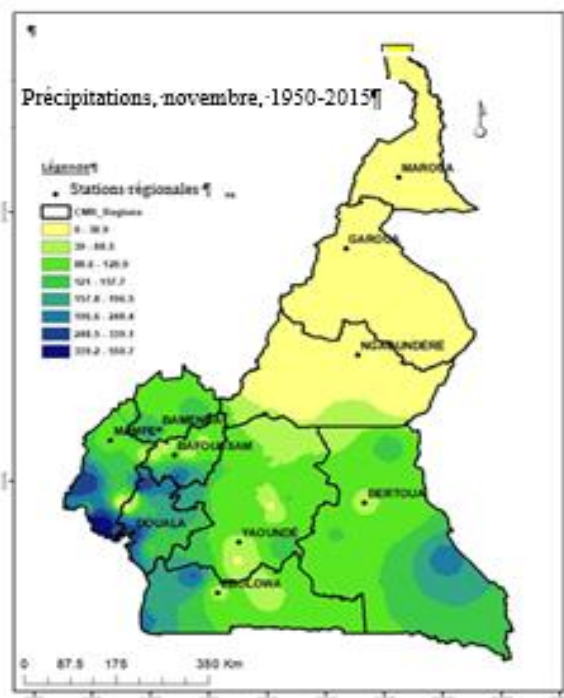


Figure 113 : Moyennes mensuelles des précipitations (mm/mois) au Cameroun aux mois de septembre, octobre et novembre de 1950 à 2015.

Source : Auteur, 2016

Les travaux de Vizy et Cook (2002) signalent un positionnement du FIT autour de 16°N au mois de **septembre**, à cause d'un forçage continental exercé par les Températures de Surface Océanique, couplé à un fort gradient Nord-Sud dans l'Atlantique tropical, qui sont tributaires d'un fort gradient thermique méridien dans la moyenne troposphère. Ce forçage thermique limite l'extension latitudinale de la ceinture des précipitations des Régions situées dans la bande Soudano-Sahélienne, souvent soumises selon Camberlin (1995) à l'action combinée de la subsidence et d'un confinement de l'extension méridienne du flux de mousson, ce qui accentue davantage l'aridité Régionale.

Durant son parcours au mois de septembre, le Front Inter Tropical se retire progressivement de ses positions au Nord, où il a séjourné pendant près de 09 mois. Son retrait est lié à la faiblesse progressive des alizés océaniques connus sous le nom de mousson, au profit des alizés continentaux, de l'harmattan, qui se renforcent progressivement. Lors de ce retrait, au niveau de l'hémisphère Nord, à 61,51% des cas les positions de l'anticyclone des Açores sont comprises entre les positions normale et supérieure à la normale (entre $19-37^{\circ}\text{N}$), et à environ 80% des cas entre la position normale et inférieure à la normale (entre $5-35^{\circ}\text{E}$) (tableau 96). Pour ses différentes positions, la TSO et la pression atmosphérique oscillent à 64,63% des cas entre les valeurs normales et inférieures à la norme (entre $27,6^{\circ}\text{C}$ et $28,29^{\circ}\text{C}$), et à 9,9% des cas la

pression atmosphérique oscille entre les valeurs normales et supérieures à la normale (entre 1005-1018hpa).

Tableau 96 : Facteurs déterminants et précipitations au Cameroun aux mois de septembre de 1950 à 2015

Variables	Très supérieur à la norme		Supérieur à la norme		Norme		Inférieur à la norme		Très inférieur à la norme	
	Classes	Pourcentages	Classes	Pourcentages	Classes	Pourcentages	Classes	Pourcentages	Classes	Pourcentages
Températures Açores (°C)	[28,92-28,60[	10,76%	[28,6-28,29[	9,23%	[28,29-27,98[	26,15%	[27,984-27,67[	38,48%	[27,67-27,3[	15,38%
Pression atmosphérique Açores (hpa)	[1025-1020[	16,66%	[1020-1015[	72,74%	[1015-1010[	9,09%	[1010-1005[	00%	[1005-1000[	1,51%
Longitude îles Açores (degré, minute et seconde)	[80-65[	3,03%	[65-50[	1,51%	[50-35[	19,69%	[35-20[	60,11%	[20-5[	15,66%
Latitude îles Açores (degré, minute et seconde)	[55-46[	1,51%	[46-37[	45,47%	[37-28[	39,39%	[28-19[	12,12%	[19-10[	1,51%
Températures Sainte Hélène (°C)	[23,6; 23,3[	6,15%	[23,3; 22,9[	33,85%	[22,9; 22,67[	33,84%	[22,7; 22,3[	15,38%	[22,3; 22,02[	10,78%
Pression atmosphérique Sainte Hélène (hpa)	[1030-1027[	3,03%	[1027-1024[	9,09%	[1024-1021[	18,66%	[1021-1018[	60,13%	[1018-1015[	9,09%
Longitude îles Sainte Hélène (degré, minute et seconde)	[90-72[	6,06%	[72-54[	1,51%	[54-36[	4,54%	[36-18[	4,54%	[18-0[	83,35%
Latitude îles Sainte Hélène (degré, minute et seconde)	[43-41[	4,54%	[41-37[	00%	[37-33[	13,65%	[33-29[	66,66%	[29-25[	15,15%
Maroua	[324,4-268,8[	4,54%	[268,6-212,2[	6,06%	[212,2-155,8[	1,51%	[155,8-99,4[	28,8%	[99,4-43[	59,09%
Garoua	[459,2-379[	1,51%	[379-298[	4,56%	[298-218[	36,36%	[218-137[	40,9%	[137-564[	16,67%
Ngaoundéré	[389,1-328,5[	3%	[328,5-267,2[	25%	[267,3-207,2[	31,5%	[207,2-146,6[	31,5%	[146,6-86[	9%
Yaoundé	[389,1-328,5[	6%	[328,5-276,9[	9%	[276,9-207,2[	39%	[207,2-146,6[	35%	[146,6-86[	11%
Bertoua	[486,7-413,8[	4,54%	[413,8-341,0[	7,57%	[268,1-195,3[	19,75%	[268,1-195,3[	36,84%	[195,3-122,4[	30,3%
Ebolowa	[381-328,88[	6%	[328,88-276,76[	6%	[276,76-224,6[	36%	[224,64-172,52[	38%	[172,52-120,4[	13%
Bafoussam	[386,2-346,3[	16,15%	[346,3-306,5[	12,72%	[306,5-266,6[	35,8%	[306,5-266,6[	26,24%	[266,6-226,8[	9,09%
Bamenda	[725,8-617,2[	3,03%	[617,2-508,6[	22,72%	[508,6-400,1[	27,27%	[400,1-291,5[	42,45%	[291,5-183[	4,54%
Mamfe	[760,5-619,2[	4,54%	[619,2-477,9[	17,21%	[477,9-336,5[	52,23%	[336,5-195,2[	24,51%	[195,2-53,9[	1,51%
Douala	[1027-875,1[	6,06%	[875,1-723,2[	12,12%	[723,2-571,3[	26,68%	[571,3-419,4[	37,81%	[419,4-267,6[	17,33%

Source : DMN, ASECNA, NOAA, 2015

Réalisation : Auteur

Le recul engrangé du Front Inter Tropical s'accompagne d'une migration de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène de direction NNE à l'hémisphère Nord. Durant son parcours aux mois de septembre, à 80,31% des cas, ses positions sont de la classe normale à la classe inférieure à la normale, comprises entre 29-37°N de latitude, et à 9,8% des cas à la classe normale à très inférieure à la normale, comprise entre 18-54°E de longitude. Pour ces positions, les températures enregistrées sont à 59,2% des cas comprises entre la classe normale à la classe supérieure à la normale, comprise entre 22,2°C et 22,7°C, tandis que la pression atmosphérique a 70% des cas est comprise entre la classe normale et la classe inférieure à normale comprise entre 1018-1024hpa.

Le mois de septembre est le plus arrosé pour la classe comprise entre normale et inférieure à la normale, à 51,1% des cas compris entre 172,5 et 176,76 mm de pluies à Bafoussam, à 69,72% des cas compris entre 291,5 et 508,6mm de pluies à Bamenda et à 76,74% de cas de 195,2 à 477,9 mm à Mamfe. C'est le deuxième mois le plus arrosé à Yaoundé (de

146,6 à 276,9mm), à 56,59% des cas compris entre 198,3 à 268,1mm à Bertoua, à 74% des cas de 172,5 à 276,76mm à Ebolowa et à 77,26% des cas de 137 à 298mm Garoua, et le troisième mois le plus arrosé à 64,49% des cas de 419,4 à 723,2mm à Douala, à 63% des cas à Ngaoundéré, de 146,6 à 267,3mm) et à 39,31% des cas de 43 à 155,8mm à Maroua (tableau 97). Le mois de septembre concentre entre 50% et 77% des cas de cumuls de précipitations de la classe comprise entre la normale et inférieure à la normale pour les 10 stations, avec un record de station de 77% pour la même classe à Garoua.

Au mois d'**octobre**, le Front Inter Tropical continue sa descente vers le Sud, sous l'impulsion des alizés continentaux issus de l'harmattan en provenance du Sahara. Selon J Boyard (2013), sa position est comparable à celle observée aux mois de septembre, à proximité de l'équateur, avec les cumuls les plus importants observés au niveau dans la zone littorale (Douala et Mamfe), la zone des Hauts Plateaux (Bafoussam et Bamenda) et la zone forestière à pluviométrie bimodale (Ebolowa et Bertoua). En mesure qu'on s'éloigne de la zone côtière, la pluviométrie régresse progressivement, les quantités de précipitations cumulées dépassent difficilement les 300 mm de Ngaoundéré et à Maroua.

Tableau 97 : Facteurs déterminants et précipitations au Cameroun aux mois d'octobre de 1950 à 2015

Variables	Très supérieur à la norme		Supérieur à la norme		Norme		Inférieur à la norme		Très Inférieur à la norme	
	Classes	Pourcentages	Classes	Pourcentages	Classes	Pourcentages	Classes	Pourcentages	Classes	Pourcentages
Températures Açores (°C)	[28,77-28,476[	15,38%	[28,47-28,18[	18,46%	[28,18-27,8[	27,69%	[27,88-27,59[	23,09%	[27,594-27,3[	15,38%
Pression atmosphérique Açores (hpa)	[1030-1024[	19,71%	[1024-1018[	57,57%	[1018-1012[	18,18%	[1012-1006[	1,51%	[1006-1000[	3,03%
Longitude îles Açores (degré, minute et seconde)	[90-72,4[	3,03%	[72,4-54,8[	00%	[54,8-37,2[	37,89%	[37,2-19,6[	48,48%	[19,6-2[	10,6%
Latitude îles Açores (degré, minute et seconde)	[47-39,6[	34,84%	[39,6-32,2[	9,09%	[32,2-24,8[	36,38%	[24,8-17,4[	12,12%	[17,4-10[	7,57%
Températures Sainte Hélène (°C)	[23,8-23,54[	13%	[23,54-23,28[	27,70%	[23,28-23,02[	35,3%	[23,02-22,76[	17%	[22,76-22,5[	7%
Pression atmosphérique Sainte Hélène (hpa)	[1025-1023[	10,6%	[1023-1021[	15,15%	[1021-1019[	63,65%	[1019-1017[	0%	[1017-10156[	10,6%
Longitude îles Sainte Hélène (degré, minute et seconde)	[100-80[	4,5%	[80-60[	1,5%	[60-40[	4,5%	[40-20[	1,5%	[20-0[	88%
Latitude îles Sainte Hélène (degré, minute et seconde)	[48-43,4[	3,07%	[43,4-38,8[	3,07%	[38,8-34,2[	23,07%	[34,2-29,6[	49,26%	[29,6-25[	21,53%
Maroua	[148-118[	4,54%	[118-88,7[	6,06%	[88,7-59,1[	1,51%	[59,1-29,6[	28,8%	[29,6-0[	59,09%
Garoua	[297,6-238[	1,51%	[238-179[	0%	[179-119[	12,12%	[119-59,5[	39,39%	[59,5-0[	46,98%
Ngaoundéré	[240,5-195[	9%	[195-149,5[	18%	[149,5-104[	42%	[104-58,5[	21%	[58,5-13[	10%
Yaoundé	[240,5-195[	3%	[195-149,5[	1,51%	[149,5-104[	27,98%	[104-58,5[	50%	[58,5-13[	18%
Bertoua	[463,8-396,2[	9,09%	[396,2-328,6[	15,66%	[328,6-260,9[	39,39%	[260,9-193,3[	26,26%	[193,3-125,7[	9,6%
Ebolowa	[539,3-447,74[	6%	[447,74-356,2[	9%	[356,9-264,6[	54%	[264,62-173[	25%	[173,06-81,5[	6%
Bafoussam	[430,1-360,1[	7,57%	[360,1-290,1[	18,18%	[290,1-220,2[	56,04%	[220,2-150,2[	13,67%	[150,2-80,2[	4,54%
Bamenda	[467,1-388,4[	10,6%	[388,4-309,7[	6,06%	[309,7-231,1[	43,63%	[231,1-152,4[	25,84%	[152,4-73,8[	13,87%
Mamfe	[760,5-619,2[	4,54%	[619,2-477,9[	18,18%	[477,9-336,5[	51,02%	[336,5-195,2[	24,75%	[195,2-53,9[	1,51%
Douala	[631,8-544,7[	9,09%	[544,7-457,6[	10,60%	[457,6-370,5[	37,89%	[370,5-283,4[	33,33%	[283,4-196,3[	9,09%

Source : DMN, ASECNA, NOAA, 2015

Lors de son parcours au mois d'octobre, toutes les régions situées au Sud du FIT sont arrosées. Au mois d'octobre, indépendamment de la zone où l'on se trouve, la presque totalité des Régions du Cameroun sont arrosées. Pour ce mois, la migration du FIT s'accompagne d'une forte mobilité de l'anticyclone des Açores, qui oscille de direction NW. Le tableau 10a relève qu'à 48% des cas, la position de l'anticyclone des Açores varie de la normale à inférieure à la normale (32,2-17°N), et qu'à 80% des cas elle varie d'inférieure à la norme à normale, comprise entre 19-54,8°W (tableau 98). L'étude révèle qu'à 69% des cas, la TSO a été comprise entre inférieure à la norme et supérieure à la norme (27,59°C-28,47°C), tandis qu'à 69% des cas la pression atmosphérique a été comprise entre la normale et supérieure à la normale (1012-1024hpa).

Le parcours du Font Inter Tropical dans la partie Sud au mois d'octobre s'accompagne à 92% des cas de la migration de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène entre 25-38,8°N de latitude, et à 88% des cas entre 0-20°E de longitude. Ces différentes positions s'accompagnent d'une oscillation des TSO à 63% des cas comprises entre 23°-23,59°C, pour une pression atmosphérique 80% des cas comprise entre 1019-1023hpa. Les différentes positions de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène à l'hémisphère Sud s'accompagnent d'une forte pluviosité au mois d'octobre, des volumes de 287mm à Yaoundé, 284mm à Bertoua et 314mm à Ebolowa sont enregistrées. À Bafoussam, le mois d'octobre est le deuxième mois le plus arrosé de l'année, avec un volume de 261 mm après le mois de septembre (284mm de pluies). Les localités de Ngaoundéré, Yaoundé, Bertoua, Ebolowa, Bafoussam, Bamenda, Douala et Mamfe enregistrent des quantités de précipitations à plus de 70% des cas comprises entre la classe normale à la classe inférieure à la normale.

Au mois de **novembre**, le FIT poursuit sa course vers le Sud, sous l'impulsion des masses d'air anticycloniques du Sahara de direction NE et le retrait progressif de la mousson du continent vers l'océan atlantique (Suraut, 1985). La migration du FIT vers le Sud s'accompagne d'une remontée de l'anticyclone des Açores de direction NW, et contribue à la généralisation des «short rains» de l'Adamaoua vers la partie Sud du pays. Le mois de novembre connaît une régression générale des quantités de précipitations sur le territoire national. C'est un mois de transition, marquant le début de la saison sèche. La raison la plus probable de cette atténuation des quantités précipitées est celle de Boyard (2013), qui évoque l'existence pendant l'automne boréal d'un gradient de températures marines, qui se traduit par la présence d'une circulation zonale de type Walker bien individualisée au-dessus de l'océan. Ainsi, l'ascendance des masses d'air anticycloniques associée à la migration du FIT vers le Sud sont nettement atténuées

favorisant alors des cumuls de pluies inférieurs à ceux de printemps boréal, de la saison de juin, juillet et août.

Tableau 98 : Facteurs déterminants et précipitations au Cameroun aux mois de novembre de 1950 à 2015

Variables	Très supérieur à la norme		Supérieur à la norme		Norme		Inférieur à la norme		Très inférieur à la norme	
	Classes	Pourcentages	Classes	Pourcentages	Classes	Pourcentages	Classes	Pourcentages	Classes	Pourcentages
Températures Açores (°C)	[28,4-28,1[	7,7%	[28,1-27,8[	17,12%	[27,8-27,5[	23,34%	[27,5-27,2[	33,84%	[27,2-26,9[	18%
Pression atmosphérique Açores (hpa)	[1030-1023[	31,82%	[1023-1016[	50%	[1016-1009[	15,15%	[1009-1002[	00%	[1002-995[	3,03%
Longitude îles Açores (degré, minute et seconde)	[90-72[	1,51%	[72-54[	00%	[54-36[	33,33%	[36-18[	53,04%	[18-0[	9,09%
Latitude îles Açores (degré, minute et seconde)	[50-42[	9,09%	[42-34[	27,03%	[34-26[	36,61%	[26-18[	18,18%	[18-10[	9,09%
Températures Sainte Hélène (°C)	[24,8-24,4[	7,69%	[24,45-24,1[	7,69%	[24,12-23,7[	36,94%	[23,77-23,43[	32,30%	[23,43-23,1[	15,38%
Pression atmosphérique Sainte Hélène (hpa)	[1028-1023,4[	3,04%	[1023,4-1018,8[	65,15%	[1018,8-1014,2[	30,3%	[1014,2-1009,6[	00%	[1009,6-1005[	1,51%
Longitude îles Sainte Hélène (degré, minute et seconde)	[100-80[	12,12%	[80-60[	1,51%	[60-40[	7,57%	[40-20[	6,06%	[20-0[	72,74%
Latitude îles Sainte Hélène (degré, minute et seconde)	[50-45[	1,51%	[45-40[	00%	[40-35[	4,54%	[35-30[	40,92%	[30-25[	53,03%
Ngaoundéré	[89,5-71,6[	1,51%	[71,6-53,7[	0,0%	[53,7-35,8[	3%	[35,8-17,9[	12%	[17,9-0[	83,49%
Yaoundé	[89,5-71,6[	3%	[71,6-53,7[	0,0%	[53,7-35,8[	12%	[35,8-17,9[	27%	[17,9-0[	58%
Bertoua	[222-183,5[	6,06%	[183,5-145,0[	15,15%	[145,0-106,6[	21,0%	[106,6-68,1[	32,78%	[68,1-29,6[	25,01%
Ebolowa	[326,9-273,34[	1,51%	[273,34-219,78[	0,0%	[219,78-166,22[	3%	[166,22-112,66[	12,12%	[112,66-59,1[	83,37%
Bafoussam	[196,2-157,0[	1,51%	[157,0-117,7[	9,09%	[117,7-78,5[	13,4%	[78,5-39,2[	42%	[39,2-0,0[	34%
Bamenda	[163,5-130,8[	3,03%	[130,8-98,1[	6,06%	[98,1-65,4[	23,15%	[65,4-32,7[	29,88%	[32,7-0[	37,88%
Mamfe	[524,3-419,7[	1,51%	[419,7-315,0[	1,51%	[315,0-210,4[	7,59%	[210,4-105,7[	30,30%	[105,7-1,1[	59,09%
Douala	[305,2-244,2[	6,06%	[244,2-183,1[	15,15%	[183,1-122,1[	30,63%	[122,1-61,0[	37,56%	[61,0-0,0[	10,60%

Source : DMN, ASECNA, NOAA, 2015
Réalisation : Auteur

Lors de son parcours au niveau de l'hémisphère Nord, à 80% des cas les positions de l'anticyclone des Açores varient de la classe inférieure à la norme à la classe supérieure à la norme (18-42°N de latitude), et à 86% entre 18-54°W de longitude. Le tableau 98 indique que les températures enregistrées pour ces différentes positions sont à 57% des cas comprises entre la classe inférieure à la norme et la classe normale (27,2-27,7°C). Il faut préciser que pour ces positions, la pression atmosphérique est à 82% des cas comprise entre 1016-1023hpa.

Au niveau de l'hémisphère Sud au mois de novembre, l'anticyclone de l'île Sainte Hélène oscille à 93% des cas entre 25-35°N de latitude, et à 72% des cas 0-20°W de longitude. Les températures pour ces positions ont été comprises à 69% entre 23,43-24,12°C, et pour une pression atmosphérique à 95% des cas comprises entre la classe normale et la classe inférieure à la norme entre 1015-1021hpa.

Par ailleurs, aucune pluie n'est observée au mois de novembre à Maroua et à Garoua de 1950 à 2015. À 90% des cas, les quantités de précipitations sont comprises entre la classe inférieure à la norme et la classe très inférieure à la norme à Ngaoundéré, Yaoundé, Ebolowa et

Mamfe ; environ à 70% des cas elles comprises entre la classe inférieure à la norme et très inférieure à la norme à Bafoussam et Bamenda et entre 50% et 60% des cas elles sont comprises entre la classe normale et la classe inférieure à la normale à Bertoua, Ebolowa et Douala.

DISCUSSION

Du fait de sa diversité physique et contrairement aux autres régions d'Afrique tropicale, le Cameroun est caractérisé par une forte variabilité spatiale et temporelle de sa pluviométrie, thème qui fait depuis quelques décennies l'objet de nombreuses recherches (Tsalefac, 2014 ; Suchel, 2000 ; Sighomnou, 2014 ; Abossolo, 2014, 2015, 2016 ; Amougou et al., 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, Mena, 2014). Au regard du contexte actuel, cette pluviométrie se dégrade progressivement de sa partie Septentrionale (Soudano-Sahélienne) à sa partie Sud (océanique). Les incohérences pluviométriques spatiales sont particulièrement fortes lorsqu'on se déplace d'une zone agroécologique à une autre et même à l'intérieur d'une même zone, témoignant ainsi le reflet d'une importante sensibilité aux forçages majeurs du climat local aux variations saisonnières et annuelles des facteurs déterminants du climat observés au niveau des centres d'action atmosphériques subtropicaux.

Les recherches de (Nicholson, 1996 ; Mc Hugh et al, 2001 ; Camberlin et al, 2002 ; Mistry et al, 2003 et Mc Hugh, 2004) s'accordent sur le fait qu'il existe des liens dynamiques importants entre les anomalies positives des précipitations et les flux d'humidité venant de l'atlantique. Cela pousse Nicholson et al (1987) à évoquer l'importance des TSOs atlantiques dans la « modulation »¹² des précipitations en Afrique de l'Est et même au-delà. Cette observation est partagée par Mutai et al. (1998), qui constatent que des anomalies positives des TSOs observées dans les régions côtières africaines sont reliées à un excédent pluviométrique lors des « shorts rains »¹³. Dans le même ordre d'idée, Mc Hugh et al (2001) établissent une corrélation significative entre les quantités de précipitations en Afrique de l'Est et l'oscillation nord-atlantique (NAO). Ces liens se traduisent par des fluctuations des précipitations associées à des séquences des flux d'ouest au-dessus de l'Afrique de l'Est (entre 0 et 20°S). D'autres travaux, notamment ceux de Camberlin et al (2002) font allusion à l'existence d'une association positive entre les flux d'ouest à 1000 hpa au-dessus du bassin du Congo et les quantités de précipitations entre les mois de mars et de mai, liens qu'ils attribuent à des téléconnexions¹⁴ entre les TSO atlantiques et les précipitations locales d'une part et à des facteurs locaux tels que

¹² Modulation des précipitations : elle fait référence à répartition des précipitations, référence à la modélisation de la distribution des précipitations en Afrique de l'Est en lien avec les températures de surface des océans (TSOs).

¹³ Shorts rains : ils font référence à une saison pluvieuse (petite saison) de courte durée.

¹⁴ Les téléconnexions climatiques représentent des relations à longue distance des phénomènes météorologiques qui se déroulent plus ou moins simultanément et dont les impacts sont perceptibles dans des espaces plus ou moins éloignés les uns des autres.

la présence des reliefs et des lacs qui selon Nicholson (1996) modulent permanemment les champs de vent¹⁵ des basses couches à l'origine des précipitations locales.

Les travaux de Garcia-Gorritz E et al. (1999), Artale V et al. (2002), Menemenlis D et al. (2007), Small et al. (2008), Back et al (2009), Takatama et al. (2012), Coëtlogon et al. (2013), Diakhaté M. (2015), Tsalefac (2014), Abossolo et al. (2013, 2014 et 2015), Amougou et al (2014, 2015 et 2016), etc. montrent que le 20^{ème} siècle aura été marqué par une tendance générale à la hausse des TSO. Celle-ci s'est accompagnée d'une hausse de la température moyenne planétaire depuis la fin du 19^{ème} siècle de +0.6°C, avec une période anormalement froide à l'hémisphère nord entre 1946 et 1975. Selon Folland (2001), la hausse observée est synchrone dans les deux hémisphères à la fin du 20^{ème} siècle, avec un pic important dans l'hémisphère nord. Hertig et al (2000) conclut que le réchauffement des eaux océaniques favoriserait une augmentation de la convergence d'humidité sur les régions sahéliennes, mais que l'influence des forçages atmosphériques sur les TSO qui deviendraient des précurseurs¹⁶ essentiels de la circulation atmosphérique et par là de la pluviométrie locale.

D'une manière globale, les résultats de ces recherches indiquent clairement que la situation climatique au niveau des centres d'actions atmosphériques est déterminante pour une meilleure compréhension des régimes climatiques et une meilleure prédictibilité du temps dans différentes régions du globe. Dans ce contexte, les océans Atlantique et Indien qui bordent le continent africain, représentent les principales sources de vapeur d'eau qui alimentent les convections humides. Le rôle des TSO dans ce cas est fondamental dans la mesure où leur élévation augmente l'humidité dans les basses couches atmosphériques et l'instabilité des colonnes d'air, contribuant indirectement selon Boyard (2013) à accroître les quantités de précipitations.

En outre, au-delà de l'atlantique, l'océan pacifique équatorial est le théâtre régulier d'anomalies chaudes connues sous le nom de phénomène El Niño et d'anomalies froides encore appelée La Niña¹⁷. Ces deux phénomènes opposés sont liés à la circulation atmosphérique générale. Les recherches (Janowiak, 1988 ; Ogallo, 1988 ; Nicholson, 1996; Camberlin et al, 2002 ; Mc Hugh, 2006 ; Amougou et al, 2016 ; etc.) ont pu établir les relations entre ces deux phénomènes et les précipitations dans certaines régions du globe. Les résultats ont montré qu'il existe une covariation positive entre ENSO¹⁸ et les cumuls pluviométriques saisonniers au court

¹⁵ champs de vents, fraction importante de la circulation atmosphérique, représentée par des lignes isothermes au niveau des basses couches, à l'origine des précipitations locales.

¹⁶ La fréquence saisonnière des types de temps pourrait s'avérer être un outil utile dans un objectif de prévisibilité de la circulation atmosphérique à partir des anomalies saisonnières des TSO.

¹⁷ La Niña est un courant marin froid qui se déroule dans le Pacifique Equatorial tous les 2 à 7 ans.

¹⁸ ENSO est encore appelé El Niño Southern Oscillation

« des shorts rains ». Autrement dit en Afrique de l'Est, la période comprise entre octobre et décembre est plus arrosée que la normale les années à épisode El Niño, ce qui est le contraire au printemps boréal¹⁹ selon (Ogallo, 1988 ; Rowell et al., 1995 ; Mutai et al, 2000, etc.). Toutefois, ces relations statistiques semblent avérées selon Camberlin et al, (2002) pour les hautes terres et très faibles selon Indeje et al. (2000) et Kijazi et al (2005) pour les régions côtières.

Bien que très peu de recherches du même type aient été effectuées sur le climat local, les résultats de la présente recherche bien que très significatifs, sont complémentaires à ceux des autres auteurs et constitueraient des éléments essentiels pour une meilleure connaissance du comportement climatique local. C'est pour partager ce point de vue que Clarke A (2000) démontre qu'une association des modèles de prévision météorologique à des modèles de prévision océanique, permet de réaliser des prévisions climatiques saisonnières. Ainsi selon cet auteur, lorsque les TSOs du Pacifique équatorial augmentent, un scénario de type El Niño est probable. De ce point de vue, les épisodes El Niño/La Niña seraient les phénomènes ayant la meilleure prévisibilité climatique à certaines échelles de temps. Cette influence d'El Niño/La Niña sur le climat local bien que réelle, n'expliquerait seulement qu'une petite part de la variabilité climatique constatée au cours du XX^{ème} siècle. Pour le justifier, Abossolo et al (2015) évoquent la convergence de plusieurs éléments, notamment les océans, les reliefs, les sols et les activités humaines, d'où le besoin réel d'une analyse multi-paramétrale²⁰ des facteurs à l'origine de la dynamique climatique dans la bande du Golf de Guinée, notamment la prise en compte des autres phénomènes assimilés à El Niño dans l'océan atlantique. Etant entendu que le noyau de la dynamique des interactions océan-atmosphère qui provoque le phénomène ENSO est situé dans le domaine océanique indopacifique. A cause de sa diversité géographique et physique, sa proximité du Sahara dans sa partie Nord et son ouverture dans la partie Sud-Ouest à l'océan atlantique, le cas du Cameroun pose de sérieux problèmes de répartition et de distribution des quantités de précipitation et même de la température. Les précipitations enregistrées au cours de l'année font varier les débits des cours d'eau (le cas de la Sanaga dont le module est de 1864,3 m³/s/an). Ainsi, les épisodes El Niño s'associent à d'autres facteurs tels que les TSOs, la pression atmosphérique à différentes positions géographiques, le déplacement des centres d'action atmosphériques pour moduler le climat local. Le climat du Cameroun comme dans d'autres régions du monde, subit l'influence de la dynamique des facteurs climatiques suscités et des changements climatiques actuels. La TSO reste la principale variable des océans qui influence le plus l'atmosphère et les climats locaux. Les saisons ou intersaisons n'ont plus la

¹⁹ Printemps boréal, saison climatiques en milieu tempéré, période comprise entre le mois de mars et le mois de juin

²⁰ Corrélacion multi-paramétrale, relation statistique d'une série importante de variables liées par plusieurs types de relations

même durée et les cycles saisonniers subissent en permanence des perturbations. Ce n'est qu'en associant ces nombreux facteurs, dans une démarche systémique et globale que la machine climatique pourrait être révélée et que les meilleures prévisions climatiques seront élaborées.

Par ailleurs, d'un point de vue méthodologique, la régression linéaire est très souvent utilisée dans la plupart des études suscitées. On les qualifie de «forçage climatique». Cette approche méthodologique souffre malheureusement de nombreuses lacunes, car ne prennent pas en considération selon Tabios et al (1982) :

- l'autocorrélation de la série des données d'entrées et des sorties, ce qui réduit les degrés de liberté et parfois suggère plutôt des relations là où il n'y en a pas ;
- le caractère colinéaire des données d'entrées dans le cas de la régression multiple ;
- la validation des hypothèses, qui doit être faite sur un ensemble de données bien différent de celui qui a servi à estimer les équations de régression.

Dans le cadre de cette étude, le modèle fonction de production utilisé fréquemment en économétrie permet selon Brown et al (1991) :

- une interprétation relativement directe des fonctions de corrélation croisée entre les séries temporelles ;
- une considération de plusieurs variables simultanément ;
- la modélisation des structures de dépendances temporelles plus complexes qui agissent sur des échelles de temps différents ;
- une représentation auto corrélée du bruit.

CONCLUSION

L'instabilité des dates de démarrage et des fins des saisons des pluies est très visible dans les différentes localités du Cameroun. Celle-ci s'est renforcée depuis près de deux décennies, au même titre que les apports pluviométriques des 20 dernières années. Les perturbations climatiques ne sont pas le propre du Cameroun, elles sont selon certaines recherches le résultat de la prolongation d'une instabilité pluviométrique qui s'amorce sur les régions situées dans la bande équatoriale, sensible à la dynamique du couple océan-atmosphère. Le présent chapitre avait pour objectif de mettre en relation les facteurs déterminants du climat, notamment ceux observés au niveau des deux anticyclones subtropicaux et la pluviométrie au Cameroun de 1950 à 2015. L'analyse des données est effectuée grâce aux méthodes de statistique inférentielle qui permettent d'établir des liens de causalité entre les différentes variables.

Il ressort des analyses effectuées que les pluies démarrent tardivement, entre la première quinzaine du mois de juin à Maroua et à la deuxième quinzaine du même mois à Garoua. Elles s'achèvent pour la majorité des cas entre le début et la fin du mois de septembre à Maroua et entre la fin du mois de septembre et le début du mois d'octobre à Garoua. Pendant cette période au niveau de l'hémisphère Nord, l'anticyclone des Açores migre entre 30-43,3°N, et entre 9-56,6°E, la température oscille entre 27,29°C-28,59°C, et la pression atmosphérique entre 1014-1025hpa. Pour la même période, au niveau de l'hémisphère Sud, l'anticyclone de l'île Sainte Hélène migre entre 46,6-30°S de latitude, et entre 0-63°E de longitude pour une température comprise entre 22,23°C-23,69°C et une pression atmosphérique comprise entre 1016,6-1026,6hpa.

Les pluies démarrent tardivement, entre la fin du mois de février et la mi-mars à Bertoua et à Yaoundé, et vers la fin du mois de mars à Ebolowa. Pendant cette période, dans l'hémisphère Nord, l'anticyclone des Açores migre entre 30-45°N de latitude et entre 20-50°E de longitude. Pour ces positions, la TSO varie entre 24,93°C-26,83°C pour une pression comprise entre 1013-1026hpa. Pour la même période au niveau de l'hémisphère Sud, l'anticyclone de l'île Sainte Hélène migre entre 40-32,67°S de latitude, et entre 10-72°E de longitude.

Il ressort des résultats que les pluies démarrent précocement à Ngaoundéré et à Bafoussam, entre la mi-février et le début du mois d'avril, et tardivement à Bamenda entre le 39^{ème} et le 115^{ème} jour de l'année. Pendant cette période, au niveau de l'hémisphère Nord, l'anticyclone des Açores se déplace entre 30-42,33°N de latitude et entre 20 et 43,33°E de longitude. Lors de son déplacement la TSO enregistrée est au dessus de la moyenne (26,8°C) au

même titre que la pression atmosphérique qui enregistre des valeurs supérieures à la moyenne (1020hpa). Au niveau de l'hémisphère Sud, l'anticyclone de l'île Sainte Hélène se déplace entre 30-45°S de latitude et de 1,67-71,67°E de longitude. Son déplacement s'accompagne d'une augmentation simultanée des tendances des TSO par rapport à la moyenne (23,59°C) et de la pression atmosphérique par rapport à qui est de 1020hpa.

Les résultats des tests de corrélation de Bravais Pearson relèvent une corrélation significative au seuil de 1% entre la migration en longitude de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène et les dates des fins des saisons des pluies à Ngaoundéré. La significativité au seuil de 5% est également enregistrée entre la pression atmosphérique au niveau de l'anticyclone des Açores, les dates des fins des saisons des pluies à Bafoussam et à Bamenda d'une part, et entre la TSO et les dates des fins des saisons des pluies à Bafoussam et à Bamenda d'autre part.

Les résultats indiquent que les pluies démarrent pour la grande majorité des cas précocement à Douala, et tardivement à Mamfe, entre la fin du mois de janvier et le début du mois de février à Douala et entre la fin du mois de février et le début du mois de mars à Mamfe. Pendant cette période au niveau de l'hémisphère Nord, l'anticyclone des Açores se déplace entre 32-38°N de latitude et 20-50,6°E de longitude, sous une pression atmosphérique supérieure à la moyenne (1019hpa) et une TSO supérieure à la moyenne (25,7°C). Pendant cette période au niveau de l'hémisphère Sud, l'anticyclone de l'île Sainte Hélène migre entre 31,25-40°Sud de latitude et entre 2,7-62°E de longitude, sous une pression atmosphérique majoritairement supérieure à la moyenne (1019hpa), et une TSO supérieure à la moyenne (26,3°C).

Les tests de confirmation de Bravais Pearson indiquent ne corrélation au seuil de 5% entre la migration en latitude, la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène et les dates des débuts de saison des pluies à Douala. La corrélation au seuil de 1% est observée entre la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores, elle est au seuil 1% entre la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène et les dates des débuts de saison des pluies à Douala.

Pour ce qui est des dates des fins des saisons des pluies, elles s'arrêtent de plus en plus tôt à Douala entre le 285^{ème} et le 335^{ème} jour de l'année, et de plus en plus tard à Mamfe entre le 295^{ème} et le 332^{ème} jour de l'année. Pendant cette période à l'hémisphère Nord, l'anticyclone des Açores migre entre 30-49°N, et entre 49,5-12,5°E, sous une TSO comprise entre 26,8°C et 28,2°C, et une pression atmosphérique entre 1014 et 1024hpa. Au niveau de l'hémisphère Sud,

l'anticyclone de l'île Sainte Hélène se déplace entre 29-40°S de latitude, et entre 2-64°E de longitude, la TSO enregistrée est de 23,59°C pour une pression atmosphérique de 1019,6hpa.

De décembre à février, le Front Intertropical se trouve dans la position la plus méridionale au Cameroun. Pendant qu'il progresse dans la partie Sud du pays, l'anticyclone des Açores migre entre 20-34°N de latitude, et entre 18-54°E de longitude. Au niveau de l'hémisphère Sud, le flux des masses d'air de direction SW-NE s'accompagne du déplacement l'anticyclone de l'île Sainte Hélène de 29-42°S de latitude, et de 0-20°E de longitude.

De mars à mai, l'harmattan diminue en puissance et laisse progressivement place à la mousson, vent humide de direction SW-NE. Cette période correspond à l'installation progressive de la saison des pluies à Ngaoundéré, Bafoussam, Bamenda, Mamfe et Douala. Dans la zone forestière à pluviométrie bimodale, cette période correspond à la petite saison des pluies. Globalement pendant cette période, les années ou les quantités de précipitations sont comprises entre la classe supérieures et la classe très supérieures à la norme représentent entre 18 et 86% des cas pour les localités de Ngaoundéré, Yaoundé, Bertoua, Ebolowa, Bafoussam, Bamenda, Mamfe et Douala. Pendant cette période au niveau de l'hémisphère Nord, l'anticyclone des Açores converge à 70% des cas entre le 20-50°N, et entre le 20°E-70°W, sous une pression à environ 60% des cas comprise entre 1000-1026hpa. Au niveau de l'hémisphère Sud, l'anticyclone de l'île Sainte Hélène se déplace à 50% des cas entre 20-32°S de latitude et à 70% des cas entre 20 et 36°S de longitude, pour une TSO comprise entre 24 et 26,7°C, et une pression atmosphérique comprise entre 1010 et 1020 hpa.

Entre les mois de juin et d'août, le FIT continue sa course vers la partie Septentrionale du Lac Tchad, entraînant des perturbations climatiques dans toute la région du Golfe de Guinée. Pendant cette période au niveau de l'hémisphère Nord, l'anticyclone des Açores migre entre 34-48°N, et entre 22-44°E. Au même moment, la TSO est comprise entre 25,86°C 26,71°C, pour une pression comprise entre 1010,4-1015,6 hpa. La période comprise entre les mois de juin et d'août correspond à la petite saison sèche à Yaoundé, Bertoua et Ebolowa. Ladite période correspond au prolongement de la saison des pluies à Maroua, Garoua, Ngaoundéré, Bafoussam, Bamenda, Mamfe et Douala. La mousson porteuse d'abondantes précipitations de saison pluvieuse balaie le Cameroun, sous l'impulsion des forces de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène en provenance de l'hémisphère Sud entre 25-50°S de latitude et entre 50E-90W de longitude et porté par l'occurrence des TSO comprise entre 26 et 27,83°C et pour une pression atmosphérique comprise entre 1016,8-1022,4hpa.

Durant son parcours aux mois de septembre, octobre et novembre, le Front Inter tropical se retire progressivement de ses positions septentrionales, où il a séjourné pendant près de 09 mois. Son retrait est lié à la faiblesse des alizés océaniques connus sous le nom de mousson, au profit de l'harmattan. Lors de ce retrait, l'anticyclone des Açores se situe entre 19-37°N de latitude, et entre 20-50°E de longitude. Pour ces différentes positions, la TSO est comprise entre 27,6 et 27,98°C, pour une pression atmosphérique comprise entre 1015-1025hpa. Au niveau de l'hémisphère Sud, l'anticyclone subtropical de l'île Sainte Hélène séjourne entre 29-33°N de latitude et entre 0-18°E de longitude. Pour ces différentes positions, la TSO enregistrées est comprise entre 22,67°C et 23,3°C, avec une pression atmosphérique comprise entre 1018-1024hpa. Le mois de septembre enregistre les records pluviométriques à Bafoussam, Bamenda et Mamfe, avec une moyenne comprise entre 726 et 330mm de pluies. Le mois d'octobre est le plus arrosé en zone forestière bimodale, avec respectivement 287mm à Yaoundé, 284mm à Bertoua et 314mm à Ebolowa. A Bafoussam, c'est le deuxième mois le plus arrosé avec en moyenne 284mm de pluies. Au mois d'octobre, la presque totalité des Régions du Cameroun est arrosée. Les cumuls les plus importants sont observés à Douala et Mamfe, Bafoussam et Bamenda, Ebolowa et Bertoua, et les plus faibles dans la partie Septentrionale du pays qui enregistre ses dernières pluies, marquant ainsi la fin de la saison des pluies et le début de la saison sèche.

CHAPITRE 4

ANALYSE MULTIFACTORIELLE DES VARIABLES CLIMATIQUES ET PROPOSITION D'UN MODELE DE PREVISION DES PRECIPITATIONS AU CAMEROUN

INTRODUCTION

L'une des particularités du climat camerounais réside sur la diversité de son milieu physique, au regard de la forte incohérence spatiale observée de la partie Septentrionale à la partie Sud du pays. Cette diversité physique est le simple reflet d'une sensibilité réduite selon Camberlin (2010) aux forçages majeurs du climat tropical, très influencées le long de l'équateur par les températures des surfaces océaniques et la propagation anormale de vents de direction Ouest-Est qui s'opposent entre la haute et la basse troposphère.

Des méthodes d'évaluation de l'impact des changements climatiques et des stratégies d'adaptation élaborées par le GIEC, distinguent au rang des approches, l'utilisation des modèles prévisionnels. Ces approches sont complémentaires à l'analyse par les statistiques inférentielle entre le système climatique et des paramètres extérieurs, ce qui permet à Moron (2007), d'évoquer l'importance des prévisions, prédictions et même des projections pertinentes pour mieux expliquer l'évolution future du climat. Le présent chapitre a pour objectif de faire une analyse multifactorielle des variables climatiques utilisées tant pour la pluviométrie enregistrée dans les stations locales que pour les variables climatiques extérieures, issues des deux anticyclones subtropicaux. Il sera par la suite question sur la base des relations de causalités par la méthode des Moindres Carrés Ordinaires (MCO), de proposer un modèle de prévision de la pluviométrie au Cameroun qui s'appuie sur les relations de causalité établies.

1. RELATION FACTEURS DETERMINANTS DES ANTICYCLONES DES AÇORES ET DE L'ILE SAINTE HELENE ET LA PLUVIOMETRIE AU CAMEROUN

Le tableau 99 présente les résultats du test de significativité de l'impact des facteurs déterminants du climat sur la pluviométrie à Maroua, Garoua et Ngaoundéré de 1950 à 2015. Il ressort dudit tableau que deux seuils de significativité peuvent être observés, une significativité au seuil de 5% et une significativité au seuil de 1%. Parlant de la significativité au seuil 5%, elle concerne la migration en latitude de l'anticyclone des Açores, les quantités de précipitations enregistrées au mois d'octobre et le nombre de jours des pluies enregistré aux mois de juin et d'octobre à **Maroua** ; la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores et le nombre de jours des pluies enregistré au mois de septembre. En ce qui concerne la significativité au seuil 1% entre les facteurs déterminants du climat et la pluviométrie enregistrée à **Maroua**, il s'agit de la corrélation entre la TSO, la pression atmosphérique enregistrée au

niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène et les quantités de précipitations enregistrées aux mois de septembre et d'octobre à **Maroua**; la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores, les quantités de précipitations et le nombre de jours des pluies enregistrés aux mois d'octobre; la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène et le nombre de jour des pluies enregistrés à **Maroua**. Il est par ailleurs à noter que deux types de liaisons peuvent être observées pour ce qui est de la significativité au seuil 5%, une liaison négative aux mois de juin et de septembre au cours de laquelle le nombre de jour des pluies, la migration en latitude et la pression atmosphérique de l'anticyclone des Açores évoluent en sens opposé. La relation est monotone et non linéaire entre la migration en latitude de l'anticyclone des Açores, les quantités de précipitations et le nombre de jour des pluies enregistrées au mois d'octobre. La liaison est également positive entre le nombre de jour des pluies au mois de septembre et la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène. En ce qui concerne la significativité au seuil 1%, deux types de liaison ont également été identifiées, une liaison négative entre les quantités de précipitations enregistrées aux mois de septembre et d'octobre et la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène. La liaison est positive entre les quantités de précipitations enregistrées aux mois de septembre et d'octobre et la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène ;

Pour ce qui est de la significativité au seuil de 5%, entre les facteurs déterminants et la pluviométrie à **Garoua**, elle concerne la migration en longitude de l'anticyclone de île Sainte Hélène et les quantités de précipitations enregistrées au mois d'août ; la TSO de l'anticyclone des îles Sainte Hélène et les quantités de précipitations enregistrées au mois d'octobre ; la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores et le nombre de jour des pluies enregistré au mois d'octobre. La significativité de la corrélation au seuil de 1% entre les facteurs déterminants du climat et la pluviométrie à **Garoua** se réfère à la migration en latitude de l'anticyclone des Açores d'une part, les quantités de précipitations et le nombre de jours des pluies au mois de novembre d'autre part ; la migration en longitude de l'anticyclone des îles Sainte Hélène, les quantités de précipitations enregistrées au mois d'août et le nombre de jours des pluies enregistrées au mois de septembre ; la TSO et la pression atmosphérique enregistrées au niveau de l'anticyclone des Açores et le nombre de jour des pluies enregistré aux mois de septembre et d'octobre; la TSO et la pression atmosphérique enregistrées au niveau de d'octobre, et le nombre de jour des pluies enregistrés au mois d'octobre. A ce niveau, deux types de liaisons sont identifiées en fonction du seuil de significativité de la relation. Une liaison négative entre les quantités de précipitations enregistrées au mois d'octobre à **Garoua** et la TSO

enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène, et entre le nombre de jour des pluies enregistré à **Garoua** et la pression atmosphérique enregistrée au de l'anticyclone des Açores. La liaison est positive entre les quantités de précipitations, le nombre de jour des pluies et la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène ;

Le même tableau 99 révèle que la significativité au seuil de 5%, entre les facteurs déterminants et la pluviométrie à **Ngaoundéré** est observable entre la migration en latitude de l'anticyclone des Açores et les quantités de précipitations aux mois d'octobre et de novembre ; la migration en latitude de l'anticyclone des Açores et le nombre de jour des pluies aux mois d'août et de novembre; la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores et les quantités de précipitations enregistrées au mois de juillet; la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores et les quantités de précipitations enregistrées au mois d'août; la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène et les quantités de précipitations enregistrées au mois de mai. Ledit tableau 113 révèle que la significativité au seuil de 1%, entre les facteurs déterminants et la pluviométrie à **Ngaoundéré** est observable entre la migration en latitude de l'anticyclone des Açores et le nombre de jour des pluies aux mois d'avril ; la migration en longitude de l'anticyclone des îles Sainte Hélène et le nombre de jour des pluies enregistrés au mois de juillet ; la TSO enregistrée au niveau de d'avril, d'octobre et de novembre ; la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène et le nombre de jour des pluies enregistrés aux mois d'avril, d'octobre et de novembre ; la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores et le nombre de jour des pluies enregistrés au mois d'avril; la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène, les quantités de précipitations et le nombre de jour des pluies enregistrés aux mois d'avril et d'octobre entre les facteurs déterminants et la pluviométrie à **Ngaoundéré** est observable entre la migration en latitude de l'anticyclone des Açores et le nombre de jour des pluies aux mois d'avril ; la migration en longitude de l'anticyclone des îles Sainte Hélène et le nombre de jour des pluies enregistrés au mois de juillet ; la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène et les quantités de précipitations enregistrées aux mois d'avril, d'octobre et de novembre ; la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène et le nombre de jour des pluies enregistrés aux mois d'avril, d'octobre et de novembre ; la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores et le nombre de jour des pluies enregistrés au mois d'avril; la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène, les quantités de précipitations et le nombre de jour des pluies enregistrés aux mois d'avril et d'octobre.

Tableau 99 : Test de corrélation de Bravais Pearson pour exprimer la significativité entre les facteurs déterminants du climat et la pluviométrie de 1950 à 2015 à Maroua, Garoua et Ngaoundéré

Localités	Pearson test	Latitude Açores		Latitude Ste Hélène		Longitude Açores		Longitude Ste Hélène		Températures Açores		Temp Ste Hélène		Pression Açores		Pression Hélène	
		Mois	Précip	Nbre de jours de pluies	Précip	Nbre de jours de pluies	Précip	Nbre de jours de pluies	Précip	Nbre de jours de pluies	Précip	Nbre de jours de pluies	Précip	Nbre de jours de pluies	Précip	Nbre de jours de pluies	Précip	Nbre de jours de pluies
Maroua	Mai	0,034	-0,076	-0,066	0,046	-0,206	0,062	0,047	-0,008	0,057	0,047	0,094	0,036	-0,146	-0,066	-0,164	-0,095
	Juin	0,000	-0,25*	0,070	-0,054	0,119	0,130	-0,038	0,137	0,159	-0,077	0,093	0,104	-0,190	-0,054	-0,025	-0,138
	Juillet	-0,020	0,048	-0,110	0,131	0,024	0,147	-0,039	-0,015	-0,130	-0,225	0,005	-0,028	0,172	-0,114	0,088	-0,179
	Août	0,069	0,060	0,148	-0,103	0,170	-0,218	-0,053	-0,028	-0,103	-0,017	-0,077	-0,092	0,089	0,097	0,127	0,135
	Septembre	0,035	0,167	0,216	-0,129	0,280*	-0,026	-0,004	-0,025	-0,037	0,009	0,382**	0,224*	-0,145	-0,249*	-0,32**	-0,118
	Octobre	0,255*	0,274*	-0,187	-0,142	-0,044	-0,055	0,064	0,134	0,114	0,000	0,429**	0,383**	-0,351**	-0,324**	-0,50**	-0,44**
Garoua	Mai	-0,124	-0,200	0,037	0,093	-0,077	0,037	-0,028	0,050	-0,032	0,176	0,131	0,148	-0,016	-0,115	-0,198	-0,104
	Juin	-0,050	-0,101	0,153	-0,128	0,049	0,036	-0,120	0,083	0,036	-0,092	-0,025	0,083	-0,181	-0,026	-0,150	-0,094
	Juillet	-0,008	-0,121	0,071	0,074	0,079	-0,043	-0,068	0,002	0,057	-0,065	0,069	-0,107	0,104	-0,171	-0,119	0,006
	Août	0,134	0,052	0,215	0,073	-0,008	-0,008	0,252*	0,229	0,049	-0,059	0,109	0,160	-0,029	0,048	-0,211	-0,149
	Septembre	0,115	-0,129	-0,066	-0,065	-0,091	-0,027	0,063	0,294**	0,146	0,312**	-0,052	0,011	0,069	0,036	0,067	0,071
Octobre	0,34**	0,29**	-0,071	-0,125	0,219	-0,219	0,195	0,179	0,007	0,075	0,276*	0,422**	-0,061	-0,225*	-0,32**	-0,55**	
Ngaoundéré	Avril	0,186	0,31**	-0,025	-0,107	-0,103	-0,117	0,014	-0,123	0,066	-0,090	0,373**	0,496**	0,422**	0,770**	-0,49**	-0,90**
	Mai	-0,029	0,003	0,077	-0,016	-0,196	0,051	-0,216	0,015	0,005	0,093	0,010	0,064	0,182	0,111	-0,260*	-0,088
	Juin	0,059	0,053	0,009	0,097	-0,146	0,008	-0,140	0,120	0,007	0,099	-0,206	-0,056	0,157	0,079	-0,032	-0,085
	Juillet	0,057	-0,122	0,051	0,022	-0,026	-0,065	0,053	0,385**	-0,29*	0,089	-0,223	-0,003	0,043	0,047	0,054	0,103
	Août	0,009	0,243*	-0,165	0,214	-0,123	-0,037	-0,059	0,044	0,049	0,089	0,025	0,103	0,304*	0,000	0,119	-0,053
	Septembre	0,077	-0,022	-0,080	-0,135	-0,034	-0,127	0,078	0,140	0,085	-0,018	0,198	0,082	-0,145	-0,042	-0,007	-0,127
	Octobre	0,224*	0,170	-0,061	-0,014	-0,043	-0,161	0,101	-0,022	-0,044	-0,007	0,435**	0,322**	-0,298**	-0,183	-0,37**	-0,34**
	Novembre	0,276*	0,282*	-0,167	-0,156	-0,019	-0,022	-0,111	-0,104	0,014	0,015	-0,733**	-0,726**	0,036	-0,050	0,145**	0,142**

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

Sources : DMN, ASECNA, MINADER, NOAA

Réalisation: Auteur, 2018

Le tableau 100 présente le coefficient de détermination de l'influence des facteurs déterminants du climat sur la pluviométrie au Cameroun. Il ressort dudit tableau que :

- la TSO influence à hauteur de 14,5% sur les quantités de précipitations enregistrées au mois de septembre, de 18,4% au mois d'octobre. Elle exerce une influence à hauteur de 14,6% sur le nombre de jours des pluies au même mois à **Maroua**. La pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène exerce une influence hauteur de 10,24 et 25,10% respectivement sur les quantités de précipitations enregistrées aux mois de septembre et d'octobre à **Maroua**. La pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène exerce une influence hauteur de 19,89% sur le nombre de jours des pluies enregistré au mois d'octobre à **Maroua**;
- la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène exerce une influence à hauteur de 17,8% sur les quantités de précipitations enregistrées au mois d'octobre à **Garoua**. La pression atmosphérique exerce une influence à hauteur de 30,36% sur le nombre de jour des pluies au mois d'octobre à **Garoua**.
- la TSO exerce une influence à hauteur de 18,9% sur les quantités de précipitations et du nombre de jours des pluies enregistrée au mois d'octobre et de 53,7% au mois de novembre à **Ngaoundéré** l'influence est de 10,13% sur le nombre de jour des pluies enregistré au mois d'octobre et de 52,7% au mois de novembre à **Ngaoundéré**. L'influence est de 14,13% de la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène sur les quantités de précipitations, et de 11,91% sur le nombre de jours des pluies enregistrés à Ngaoundéré.

Tableau 100 : Coefficient de détermination entre les facteurs déterminants du climat et la pluviométrie de 1950 à 2015 à Maroua, Garoua et Ngaoundéré

Localités	Pearson test	Latitude Açores		Latitude Ste Hélène		Longitude Açores		Longitude Ste Hélène		Températures Açores		Temp Ste Hélène		Pression Açores		Pression Ste Hélène	
		Mois	Précip (%)	Nbre de jours de pluies (%)	Précip (%)	Nbre de jours de pluies (%)	Précip (%)	Nbre de jours de pluies (%)	Précip (%)	Nbre de jours de pluies (%)	Préci p (%)	Nbre de jours de pluies (%)	Précip (%)	Nbre de jours de pluies (%)	Précip (%)	Nbre de jours de pluies (%)	Précip (%)	Nbre de jours de pluies (%)
Maroua	Mai	0,115	0,5776	0,4356	0,2116	4,2436	0,3844	0,2209	0,0064	0,32	0,2209	0,8836	0,1296	2,131	0,435	2,689	0,9025
	Juin	0	6,4009	0,49	0,2916	1,4161	1,69	0,1444	1,8769	2,528	0,5929	0,8649	1,0816	3,61	0,291	0,062	1,9044
	Juillet	0,04	0,2304	1,21	1,7161	0,0576	2,1609	0,1521	0,0225	1,69	5,0625	0,0025	0,0784	2,958	1,299	0,774	3,2041
	Août	0,47	0,36	2,1904	1,0609	2,89	4,7524	0,2809	0,0784	1,060	0,0289	0,5929	0,8464	0,792	0,940	1,612	1,8225
	Septembre	0,122	2,7889	4,6656	1,6641	7,84	0,0676	0,0016	0,0625	0,136	0,0081	14,592	5,0176	2,102	6,200	10,24	1,3924
	Octobre	6,5	7,5076	3,4969	2,0164	0,1936	0,3025	0,4096	1,7956	1,299	0	18,404	14,6689	12,32	10,49	25,10	19,891
Garoua	Mai	1,53	4	0,1369	0,8649	0,5929	0,1369	0,0784	0,25	0,102	3,0976	1,7161	2,1904	0,0256	1,322	3,920	1,0816
	Juin	0,25	1,0201	2,3409	1,6384	0,2401	0,1296	1,44	0,6889	0,129	0,8464	0,0625	0,6889	3,2761	0,067	2,25	0,8836
	Juillet	0,006	1,4641	0,5041	0,5476	0,6241	0,1849	0,4624	0,0004	0,324	0,4225	0,4761	1,1449	1,0816	2,924	1,416	0,0036
	Août	1,79	0,2704	4,6225	0,5329	0,0064	0,0064	6,3504	5,2441	0,240	0,3481	1,1881	2,56	0,0841	0,230	4,452	2,22
	Septembre	1,32	1,6641	0,4356	0,4225	0,8281	0,0729	0,3969	8,6436	2,131	9,7344	0,2704	0,0121	0,4761	0,129	0,448	0,504
	Octobre	11,69	8,8804	0,5041	1,5625	4,7961	4,7961	3,8025	3,2041	0,004	0,5625	7,6176	17,8084	0,372	5,062	10,24	30,36
Ngaouré	Avril	3,45	9,7344	0,0625	1,1449	1,0609	1,3689	0,0196	1,5129	0,435	0,81	13,912	24,6016	17,808	59,29	24,30	62,446
	Mai	0,08	0,0009	0,5929	0,0256	3,8416	0,2601	4,6656	0,0225	0,002	0,8649	0,01	0,4096	3,312	1,2321	6,76	0,7744
	Juin	0,34	0,2809	0,0081	0,9409	2,1316	0,0064	1,96	1,44	0,004	0,9801	4,2436	0,3136	2,464	0,6241	0,102	0,7225
	Juillet	0,32	1,4884	0,2601	0,0484	0,0676	0,4225	0,2809	14,8225	8,584	0,7921	4,9729	0,0009	0,184	0,2209	0,291	1,0609
	Août	0,008	5,9049	2,7225	4,5796	1,5129	0,1369	0,3481	0,1936	0,240	0,7921	0,0625	1,0609	9,241	0	1,416	0,2809
	Septembre	0,592	0,0484	0,64	1,8225	0,1156	1,6129	0,6084	1,96	0,722	0,0324	3,9204	0,6724	2,102	0,1764	0,0049	1,6129
	Octobre	5,017	2,89	0,3721	0,0196	0,1849	2,5921	1,0201	0,0484	0,193	0,0049	18,922	10,3684	8,880	3,3489	14,137	11,971
	Novembre	7,617	7,9524	2,7889	2,4336	0,0361	0,0484	1,2321	1,0816	0,019	0,0225	53,728	52,7076	0,129	0,25	29,302	28,736

Sources : DMN, ASECNA, MINADER, NOAA

Réalisation: Auteur, 2018

Les résultats du test de significativité de Bravais Pearson indiquent deux seuils de significativité, dont l'une au seuil de 5% et l'autre au seuil 1% entre les facteurs déterminants du climat et la pluviométrie à l'échelle mensuelle à Yaoundé, Bertoua et Ebolowa de 1950 à 2015.

les résultats dudit test indiquent que la significativité au seuil de 5% entre les facteurs déterminants du climat et la pluviométrie à **Yaoundé** concerne la migration en latitude de l'anticyclone des Açores, la pression atmosphérique enregistrée au mois de mars et le nombre de jours des pluies enregistrées pour le même mois ; la migration en longitude de l'anticyclone des Açores au mois d'avril et les quantités de précipitations enregistrées au mois d'avril ; la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène et les quantités de précipitations enregistrées au mois de mai. Le test de significativité au seuil de 1% à **Yaoundé** concerne la migration en longitude de l'anticyclone des Açores au mois de mars, les quantités de précipitations et le nombre de jours des pluies enregistrées au même mois ; la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores et les quantités de précipitations enregistrées au mois de mars ; la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène, les quantités de précipitations et le nombre de jour des pluies enregistrées au mois de mars ; la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène, les quantités de précipitations et le nombre de jour des pluies enregistrées au mois de novembre.

Les résultats du tableau 101 indiquent une significativité au seuil 1% entre les facteurs déterminants et la pluviométrie à **Bertoua** entre la migration en latitude de l'anticyclone des îles Sainte Helene et le nombre de jour des pluies enregistré au mois de novembre ; la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène, les quantités de précipitations et le nombre de jour des pluies enregistrés au mois de novembre. Pour ce qui est de la significativité entre les facteurs déterminants et la pluviométrie à **Ebolowa**, les résultats du test indiquent une significativité au seuil de 5% entre la migration en latitude de l'anticyclone des Açores et les quantités de précipitations enregistrées au mois de mars ; la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène et les quantités de précipitations enregistrées aux mois de février et de mars la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène et les quantités de précipitations enregistrés au mois de mars. Par ailleurs, les résultats dudit test indiquent une significativité au seuil de 1% entre la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène, les quantités de précipitations et le nombre de jour des pluies enregistrés au mois de novembre à **Ebolowa**.

Tableau 101 : Test de corrélation de Bravais Pearson entre les facteurs déterminants du climat et la pluviométrie de 1950 à 2015 à Yaoundé, Bertoua et Ebolowa

Localités	Pearson test	Latitude Açores		Latitude Ste Hélène		Longitude Açores		Longitude Ste Hélène		Températures Açores		Temp Ste Hélène		Pression Açores		Pression Ste Hélène	
		Mois	Précip	Nbre de jours de pluies	Précip	Nbre de jours de pluies	Précip	Nbre de jours de pluies	Précip	Nbre de jours de pluies	Précip	Nbre de jours de pluies	Précip	Nbre de jours de pluies	Précip	Nbre de jours de pluies	Précip	Nbre de jours de pluies
Yaoundé	Janvier	-0,14	0,104	0,189	0,118	0,001	-0,011	0,092	0,037	-0,273	-0,149	0,057	0,164	-0,108	0,056	-0,034	0,048
	Février	0,102	0,299	0,153	0,133	-0,414	-0,443	-0,138	-0,054	-0,111	-0,202	-0,262	-0,102	-0,429	-0,274	-0,331	-0,375
	Mars	0,102	0,299*	0,153	0,133	-0,41**	-0,44**	-0,138	-0,054	0,38	-0,82	-0,228	-0,160	-0,43**	-0,274*	-0,331**	-0,375**
	Avril	0,164	0,184	0,201	0,108	-0,303*	0,029	-0,129	0,08	-0,026	-0,096	-0,143	-0,194	-0,114	0,248	-0,180	-0,123
	Mai	-0,187	-0,203	0,046	0,139	0,081	-0,042	0,021	-0,107	-0,037	-0,198	0,303*	0,037	0,060	-0,059	-0,148	0,014
	Juin	-0,083	-0,083	-0,295	-0,295	0,023	0,023	-0,218	-0,218	0,129	0,129	-0,015	-0,015	0,114	0,114	0,296	1,000
	Juillet	0,729	0,010	0,104	0,178	0,569	-0,030	0,296	-0,058	0,853	-0,128	0,771	-0,007	0,01	-0,035	0,012	0,044
	Août	0,008	0,046	-0,054	-0,013	-0,104	-0,053	-0,181	-0,083	0,004	0,003	-0,126	0,015	0,260	-0,152	-0,414	-0,270
	Septembre	0,061	0,056	-0,144	-0,177	0,309	-0,065	-0,191	-0,003	-0,005	0,101	0,180	-0,199	-0,18	0,069	0,105	0,186
	Octobre	-0,161	-0,079	-0,120	-0,150	0,098	0,128	-0,180	-0,137	0,117	-0,034	-0,150	-0,093	-0,018	-0,057	-0,327	0,538
	Novembre	-0,057	-0,023	-0,207	-0,211	0,222	0,116	-0,146	-0,046	0,167	-0,04	0,030	0,090	-0,05	0,006	0,546**	0,654**
	Décembre	0,150	-0,054	0,10	-0,212	-0,092	0,007	-0,456	0,029	-0,079	0,084	0,178	0,113	-0,042	0,029	-0,079	0,037
Bertoua	Janvier	-0,083	0,062	0,091	0,201	-0,058	0,139	-0,188	0,074	-0,124	-0,129	0,041	-0,232	0,086	0,066	0,124	0,231
	Février	0,104	-0,103	-0,006	-0,133	-0,266	-0,065	-0,181	-0,184	-0,208	-0,272	-0,178	-0,086	-0,239	-0,248	-0,177	-0,132
	Mars	0,102	-0,103	0,153	-0,133	-0,414	-0,065	-0,138	-0,184	-0,111	-0,272	-0,262	-0,086	-0,429	-0,248	-0,331	-0,132
	Avril	-0,180	0,184	-0,008	0,108	0,152	0,029	0,064	0,080	0,048	-0,096	0,090	-0,194	0,041	0,248	-0,155	-0,123
	Mai	0,125	0,006	-0,093	-0,232	-0,217	-0,157	-0,191	-0,129	0,172	0,052	-0,161	0,086	-0,034	-0,093	-0,052	0,077
	Juin	0,146	0,172	-0,165	-0,150	-0,004	-0,114	0,041	0,055	0,081	-0,065	-0,014	-0,144	-0,106	0,013	-0,343	-0,035
	Juillet	0,729	-0,027	0,104	0,238	0,569	0,082	0,296	0,239	0,853	0,132	0,771	0,051	0,01	-0,065	0,012	-0,187
	Août	0,034	0,174	0,061	0,124	-0,198	-0,028	-0,081	0,094	0,009	-0,002	0,016	0,148	0,004	-0,004	-0,291	-0,153
	Septembre	-0,050	0,017	-0,216	-0,006	-0,051	-0,004	0,080	0,030	-0,027	0,017	-0,011	0,087	-0,088	-0,071	0,053	0,138
	Octobre	-0,055	-0,079	-0,192	-0,150	0,199	0,128	-0,138	-0,137	-0,004	-0,034	-0,147	-0,093	0,079	-0,057	0,349	0,538
	Novembre	-0,018	-0,196	0,003	-0,365**	0,019	0,108	-0,127	-0,212	0,165	0,015	0,091	0,181	0,035	-0,052	0,392**	0,470**
	Décembre	-0,040	0,109	-0,083	-0,060	0,047	0,11	-0,136	-0,179	0,103	0,035	0,130	0,031	0,043	0,045	0,153	0,201
Ebolowa	Janvier	-0,025	0,043	-0,156	-0,198	0,047	-0,053	-0,152	-0,384	-0,014	0,025	0,000	0,009	-0,081	-0,158	0,136	0,176
	Février	-0,050	-0,202	-0,107	0,074	-0,067	-0,055	-0,092	-0,065	0,078	0,053	-0,281*	0,020	-0,164	-0,018	-0,100	-0,037
	Mars	0,061	-0,045	0,254*	0,105	-0,157	-0,206	-0,085	-0,070	0,072	-0,119	-0,278*	0,033	-0,265*	-0,169	-0,248*	0,427
	Avril	0,028	-0,212	-0,148	0,216	-0,025	1,000	-0,103	0,244	0,048	0,113	0,063	0,157	-0,070	0,081	-0,159	-0,082
	Mai	0,028	-0,104	-0,148	0,126	-0,025	0,000	-0,103	-0,012	0,048	-0,024	0,063	0,029	-0,070	0,006	-0,159	0,048
	Juin	0,207	0,088	0,667	-0,100	0,401	-0,196	0,306	0,109	0,501	-0,250	0,008	0,032	0,228	0,126	0,098	-0,012
	Juillet	-0,178	-0,089	0,069	0,069	0,095	0,143	-0,065	-0,059	-0,042	0,219	-0,008	0,020	0,056	-0,010	-0,128	-0,111
	Août	-0,020	-0,132	-0,119	-0,079	0,024	0,103	-0,109	-0,039	0,082	-0,156	-0,076	0,135	0,059	-0,035	-0,163	-0,138
	Septembre	-0,032	-0,003	-0,015	-0,161	0,029	0,141	-0,017	-0,004	0,020	-0,078	-0,108	-0,019	-0,104	-0,122	0,007	0,137
	Octobre	0,010	-0,188	-0,046	-0,327	-0,015	0,132	-0,143	-0,172	0,066	0,129	0,167	-0,067	0,024	-0,050	0,235	0,468
	Novembre	-0,023	0,187	-0,211	0,042	0,116	0,093	-0,046	0,100	-0,04	0,129	0,090	0,229	0,006	0,004	0,654**	0,286*
	Décembre	0,009	-0,030	-0,226	-0,278	0,261	0,037	-0,097	-0,086	-0,131	0,138	-0,008	-0,074	0,101	0,046	0,185	-0,031

Il ressort du tableau 102 ce qui suit :

- la migration en latitude de l'anticyclone des Açores influence à hauteur de 53,15% sur les quantités de précipitations au mois de juillet à **Yaoundé** ; la migration en longitude du même anticyclone influence sur les quantités de précipitations à hauteur de 17,13% au mois de février, de 16,81% au mois de mars et de 32,37% au mois de juillet. Elle influence sur le nombre de jour des pluies enregistré à hauteur de 19,62% au mois de février et de mars ; la migration en longitude de l'anticyclone des îles Sainte Hélène influence à hauteur de 20,79% sur les quantités de précipitations enregistrées au mois de

décembre ; la TSO de l'anticyclone des Açores influence à hauteur de 14,44% sur les quantités de précipitations enregistrées au mois de mars; la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène influence à hauteur de 59,44% sur les quantités de précipitations enregistrées au mois de juillet à Yaoundé ; la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores influence sur les quantités de précipitations enregistrées aux mois de février à hauteur de 18,4% et de mars à hauteur de 18,49% ; la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène influence à hauteur de 14,06% sur le nombre de jour des pluies enregistré respectivement aux mois de février et de mars.

- la migration en latitude de l'anticyclone des Açores influence à hauteur de 53,14% sur les quantités de précipitations enregistrées au mois de juillet à **Bertoua** ; la migration en longitude de l'anticyclone des îles Sainte Hélène influence à hauteur de 13,13% sur le nombre de jour des pluies enregistrées au mois de novembre ; la migration en longitude de l'anticyclone des Açores influence à hauteur de 32,37% sur les quantités de précipitations enregistrées au mois de juillet ; la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores influence à hauteur de 62,76% sur les quantités de précipitations enregistrées au mois de juillet ; la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène influence à hauteur de 59,44 sur les quantités de précipitations enregistrées au mois de juillet ; la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores influence à hauteur de 18,4% sur les quantités de précipitations enregistrées au mois de mars ; la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène influence sur les quantités de précipitations respectivement à hauteur de 10,9% au mois de mars et de 11,76% au mois de juin.
- la migration en latitude de l'anticyclone des îles Sainte Hélène influence à hauteur de 44,48% sur les quantités de précipitations enregistrées au mois de juin à **Ebolowa** ; la migration en latitude de l'anticyclone des Açores influence à hauteur de 16% sur les quantités de précipitations enregistrées au mois de juin ; la migration en latitude de l'anticyclone des îles Sainte Hélène influence à hauteur de 14,74% sur le nombre de jour des pluies enregistré au mois de janvier ; la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores influence à hauteur de 25,1% sur les quantités de précipitations enregistrées au mois de juin ; la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène influence à hauteur de 42,77% sur les quantités de précipitations enregistrées au mois de novembre, et à hauteur de 21,9% sur le nombre de jour de pluies enregistrées au mois d'octobre.

Tableau 102 : Coefficient de détermination entre les facteurs déterminants du climat et la pluviométrie de 1950 à 2015 à Yaoundé, Bertoua et Ebolowa

Localités	Pearson test	Latitude Açores		Latitude Ste Hélène		Longitude Açores		Longitude Ste Hélène		Températures Açores		Temp Ste Hélène		Pression Açores		Pression Ste Hélène	
	Mois	Précip (°)	Nbre de jours de pluies (%)	Précip (%)	Nbre de jours de pluies (%)	Précip (%)	Nbre de jours de pluies (%)	Précip (%)	Nbre de jours de pluies (%)	Précip (°)	Nbre de jours de pluies (%)	Précip (%)	Nbre de jours de pluies (%)	Précip (%)	Nbre de jours de pluies (%)	Précip (%)	Nbre de jours de pluies (%)
Yaoundé	Janvier	1,96	1,0816	3,5721	1,3924	0,0001	0,0121	0,8464	0,1369	7,452	2,2201	0,3249	2,6896	1,1664	0,3136	0,1156	0,2304
	Février	1,040	8,9401	2,3409	1,7689	17,139	19,6249	1,9044	0,2916	1,232	4,0804	6,8644	1,0404	18,404	7,5076	10,9561	14,062
	Mars	1,040	8,9401	2,3409	1,7689	16,81	19,36	1,9044	0,2916	14,44	67,24	5,1984	2,56	18,49	7,5076	10,9561	14,062
	Avril	2,689	3,3856	4,0401	1,1664	9	0,0841	1,6641	0,64	0,067	0,9216	2,0449	3,7636	1,2996	6,1504	3,24	1,5129
	Mai	3,496	4,1209	0,2116	1,9321	0,6561	0,1764	0,0441	1,1449	0,136	3,9204	9,1809	0,1369	0,36	0,3481	2,1904	0,0196
	Juin	0,688	0,6889	8,7025	8,7025	0,0529	0,0529	4,7524	4,7524	1,664	1,6641	0,0225	0,0225	1,2996	1,2996	0,0225	100
	Juillet	53,14	0,01	1,0816	3,1684	32,376	0,09	8,7616	0,3364	72,76	1,6384	59,444	0,0049	0,01	0,1225	0,0144	0,1936
	Août	0,006	0,2116	0,2916	0,0169	1,0816	0,2809	3,2761	0,6889	0,001	0,0009	1,5876	0,0225	6,76	2,3104	0,7921	7,29
	Septembre	0,372	0,3136	2,0736	3,1329	9,5481	0,4225	3,6481	0,0009	0,002	1,0201	3,24	3,9601	3,24	0,4761	0,0064	3,4596
	Octobre	2,592	0,6241	1,44	2,25	0,9604	1,6384	3,24	1,8769	1,368	0,1156	2,25	0,8649	0,0324	0,3249	0,2809	28,944
	Novembre	0,324	0,0529	4,2849	4,4521	4,9284	1,3456	2,1316	0,2116	2,788	0,16	0,09	0,81	0,25	0,0036	29,8116	42,771
	Décembre	2,25	0,2916	1	4,4944	0,8464	0,0049	20,793	0,0841	0,624	0,7056	3,1684	1,2769	0,1764	0,0841	0,8649	0,1369
Bertoua	Janvier	0,688	0,3844	0,8281	4,0401	0,3364	1,9321	3,5344	0,5476	1,537	1,6641	0,1681	5,3824	0,7396	0,4356	1,5376	5,3361
	Février	1,081	1,0609	0,0036	1,7689	7,0756	0,4225	3,2761	3,3856	4,326	7,3984	3,1684	0,7396	5,7121	6,1504	3,1329	1,7424
	Mars	1,040	1,0609	2,3409	1,7689	17,139	0,4225	1,9044	3,3856	1,232	7,3984	6,8644	0,7396	18,404	6,1504	10,9561	1,7424
	Avril	3,24	3,3856	0,0064	1,1664	2,3104	0,0841	0,4096	0,64	0,230	0,9216	0,81	3,7636	0,1681	6,1504	2,4025	1,5129
	Mai	1,562	0,0036	0,8649	5,3824	4,7089	2,4649	3,6481	1,6641	2,958	0,2704	2,5921	0,7396	0,1156	0,8649	0,2704	0,5929
	Juin	2,131	2,9584	2,7225	2,25	0,0016	1,2996	0,1681	0,3025	0,656	0,4225	0,0196	2,0736	1,1236	0,0169	11,7649	0,1225
	Juillet	53,14	0,0729	1,0816	5,6644	32,376	0,6724	8,7616	5,7121	72,76	1,7424	59,444	0,2601	0,01	0,4225	0,0144	3,4969
	Août	0,115	3,0276	0,3721	1,5376	3,9204	0,0784	0,6561	0,8836	0,008	0,0004	0,0256	2,1904	0,0016	0,0016	8,4681	2,3409
	Septembre	0,25	0,0289	4,6656	0,0036	0,2601	0,0016	0,64	0,09	0,072	0,0289	0,0121	0,7569	0,7744	0,5041	0,2809	1,9044
	Octobre	0,302	0,6241	3,6864	2,25	3,9601	1,6384	1,9044	1,8769	0,001	0,1156	2,1609	0,8649	0,6241	0,3249	12,1801	28,944
	Novembre	0,032	3,8416	0,0009	13,3225	0,0361	1,1664	1,6129	4,4944	2,722	0,0225	0,8281	3,2761	0,1225	0,2704	15,3664	22,09
	Décembre	0,16	1,1881	0,6889	0,36	0,2209	1,21	1,8496	3,2041	1,060	0,1225	1,69	0,0961	0,1849	0,2025	2,3409	4,0401
Ebolowa	Janvier	0,062	0,1849	2,4336	3,9204	0,2209	0,2809	2,3104	14,7456	0,019	0,0625	0	0,0081	0,6561	2,4964	1,8496	3,0976
	Février	0,25	4,0804	1,1449	0,5476	0,4489	0,3025	0,8464	0,4225	0,608	0,2809	7,8961	0,04	2,6896	0,0324	1	0,1369
	Mars	0,372	0,2025	6,4516	1,1025	2,4649	4,2436	0,7225	0,49	0,518	1,4161	7,7284	0,1089	7,0225	2,8561	6,1504	18,232
	Avril	0,078	1,44	2,1904	4,6656	0,0625	0,2809	1,0609	5,9536	0,230	1,2769	0,3969	2,4649	0,49	0,6561	2,5281	0,6724
	Mai	0,078	1,0816	2,1904	1,5876	0,0625	0	1,0609	0,0144	0,230	0,0576	0,3969	0,0841	0,49	0,0036	2,5281	0,2304
	Juin	4,284	0,7744	44,488	1	16,080	3,8416	9,3636	1,1881	25,10	6,25	0,0064	0,1024	5,1984	1,5876	0,9604	0,0144
	Juillet	3,168	0,7921	0,4761	0,4761	0,9025	2,0449	0,4225	0,3481	0,176	4,7961	0,0064	0,04	0,3136	0,01	1,6384	1,2321
	Août	0,04	1,7424	1,4161	0,6241	0,0576	1,0609	1,1881	0,1521	0,672	2,4336	0,5776	1,8225	0,3481	0,1225	2,6569	1,9044
	Septembre	0,102	0,0009	0,0225	2,5921	0,0841	1,9881	0,0289	0,0016	0,04	0,6084	1,1664	0,0361	1,0816	1,4884	0,0049	1,8769
	Octobre	0,01	3,5344	0,2116	10,6929	0,0225	1,7424	2,0449	2,9584	0,435	1,6641	2,7889	0,4489	0,0576	0,25	5,5225	21,902
	Novembre	0,052	3,4969	4,4521	0,1764	1,3456	0,8649	0,2116	1	0,16	1,6641	0,81	5,2441	0,0036	0,0016	42,7716	8,1796
	Décembre	0,008	0,09	5,1076	7,7284	6,8121	0,1369	0,9409	0,7396	1,716	1,9044	0,0064	0,5476	1,0201	0,2116	3,4225	0,0961

: Auteur, 2018

Le test de corrélation de Bravais Spearman a permis d'établir le degré de significativité entre les facteurs déterminants du climat enregistrés au niveau des deux anticyclones subtropicaux et la pluviométrie à Bafoussam, Bamenda, Mamfe et Douala entre 1950 et 2015. Ainsi, deux seuils de significativité peuvent être observés, la significativité au seuil de 5% et celle au seuil de 1%, indépendamment de l'influence entre les variables et des localités.

- le tableau 103 révèle que la **significativité au seuil de 5%**, entre les facteurs déterminants et la pluviométrie à **Bafoussam** est observable entre la migration en latitude et la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène et les quantités de précipitations enregistrées au mois de juin ; la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène et les quantités de précipitations enregistrées au mois de janvier d'une part, et la TSO enregistrée au niveau dudit anticyclone et le nombre de jour des pluies enregistrées aux mois de mars, avril, juin et septembre d'autre part ; la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores et le nombre de jour des pluies enregistré au mois de mai ; la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène et les quantités de précipitations enregistrées au mois d'août à Bafoussam. Ledit révèle que la **significativité au seuil de 1%** entre la pression atmosphérique enregistrée au mois de novembre au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène, les quantités de précipitations enregistrées et le nombre de jour des pluies des enregistrés pour le même mois à Bafoussam ;
- la **significativité est au seuil de 5%**, entre les migrations en latitude et en longitude aux mois de mars de l'anticyclone des Açores et les quantités de précipitations enregistrées au même mois à **Bamenda** ; la migration en latitude au mois de mars de l'anticyclone des îles Sante Hélène ; la migration en la latitude de l'anticyclone des îles Sainte Hélène et le nombre de jour des pluies enregistré au mois d'août ; la migration en la longitude de l'anticyclone des îles Sainte Hélène. Pour ce qui est de la significativité au seuil de 1% à **Bamenda**, elle concerne la migration en longitude de l'anticyclone des Açores et les quantités de précipitations enregistrées au mois de janvier, la migration en longitude de l'anticyclone des îles Sainte Hélène, le nombre de jour des pluies enregistré au mois de juillet ; la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène et le nombre de jour des pluies enregistré au mois de juin, la pression atmosphérique et les quantités de précipitations enregistrées au mois d'août ;

- pour ce qui est de la corrélation entre les facteurs déterminants du climat et la pluviométrie à **Mamfe**, ledit tableau révèle une **significativité au seuil de 5%** entre la migration en latitude de l'anticyclone des Açores et les quantités de précipitations au mois de janvier et de juillet, la migration en latitude de l'anticyclone des Açores et le nombre de jour des pluies enregistré au mois d'avril ; la migration en longitude de l'anticyclone des Açores et les quantités de précipitations enregistrées au mois de mars ; la migration en longitude de l'anticyclone des îles Sainte Hélène et les quantités de précipitations enregistrées à **Mamfe** au mois de janvier ; la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores et le nombre de jour des pluies enregistrées aux mois de mai et de septembre ; la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène et les quantités de précipitations enregistrées aux mois de février, de mai, d'août et d'octobre ; la pression atmosphérique et les quantités de précipitations enregistrées au mois novembre. La significativité au **seuil de 1%** concerne la migration en latitude de l'anticyclone des îles Sainte Hélène et le nombre de jour des pluies enregistré au mois de juillet ; la migration en longitude de l'anticyclone des Açores et les quantités de précipitations enregistrées au mois d'avril ; la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène et les quantités de précipitations enregistrées au mois de juin ; la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores, les quantités de précipitations enregistrées au mois de mars et le nombre de jours des pluies enregistré au mois de juillet ;
- en ce qui concerne la corrélation entre les facteurs déterminants du climat et la pluviométrie à **Douala**, il ressort que la **significativité au seuil de 5%** concerne la migration en latitude de l'anticyclone des Açores, les quantités de précipitations et le nombre de jour des pluies enregistrés au mois de juin ; la migration en latitude de l'anticyclone des îles Sainte Hélène, les quantités de précipitations enregistrées au mois de mai et du nombre de jour des pluies enregistré au mois d'avril ; la migration en longitude de l'anticyclone des îles Sainte Hélène et les quantités de précipitations enregistrées au mois d'avril ; la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores au mois de septembre et le nombre de jour des pluies enregistrées pour le même mois ; la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène et les quantités de précipitations et le nombre de jour des pluies enregistrées aux mois de juin et de juillet ; la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores et les quantités de précipitations enregistrées au mois de juin à **Douala** ; la pression

atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène et les quantités de précipitations enregistrées au mois d'août et le nombre de jour des pluies enregistré au mois de novembre à Douala. Parlant de la **significativité au seuil de 1%**, elle concerne la migration en latitude de l'anticyclone des Açores et le nombre de jour des pluies au mois de septembre ; la migration en latitude de l'anticyclone des îles Sainte Hélène et le nombre de jour des pluies au mois de juillet ; la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène au mois de février, les quantités de précipitations enregistrées pour le même mois et le nombre de jour des pluies enregistré respectivement aux mois de juin, juillet, août, septembre et octobre ; la pression atmosphérique de l'anticyclone des îles Sainte Hélène enregistrée au mois de novembre et les quantités de précipitations enregistrées pour le même mois.

Tableau 103 : Test de corrélation de Bravais Pearson entre les facteurs déterminants du climat et la pluviométrie de 1950 à 2015 à Bafoussam, Bamenda, Mamfe et Douala

Localités	Pearson test	Latitude Açores		Latitude Ste Hélène		Longitude Açores		Longitude Ste Hélène		Températures Açores		Temp Ste Hélène		Pression Açores		Pression Hélène	
		Mois	Précip	Nbre de jours des pluies	Précip	Nbre de jours de spluies	Précip	Nbre de jours des pluies	Précip	Nbre de jours des pluies	Précip	Nbre de jours des pluies	Précip	Nbre de jours des pluies	Précip	Nbre de jours des pluies	Précip	Nbre de jours des pluies
Bafoussam	Janvier	-0,044	0,079	-0,042	-0,087	0,151	0,095	-0,118	-0,049	-0,127	-0,047	0,132	-0,018	0,200	0,084	0,132	0,371**
	Février	-0,022	0,086	0,080	0,024	-0,216	-0,043	-0,114	-0,121	-0,071	0,127	-0,313*	-0,222	0,000	0,056	-0,022	-0,079
	Mars	0,166	0,071	-0,045	0,150	-0,181	-0,014	-0,117	-0,107	-0,014	0,009	-0,137	-0,260*	-0,018	-0,093	-0,083	0,045
	Avril	-0,081	0,054	0,111	0,042	-0,068	-0,131	-0,045	-0,030	-0,045	0,123	-0,169	-0,289*	-0,022	-0,191	-0,055	0,421**
	Mai	-0,084	-0,070	0,236	0,127	0,037	-0,083	-0,059	-0,100	0,165	0,091	0,037	-0,150	-0,109	-0,294*	0,102	0,188
	Juin	0,134	-0,143	0,285*	-0,038	-0,048	-0,099	-0,127	-0,056	0,152	0,025	-0,074	-0,272*	-0,089	-0,067	0,047	0,192
	Juillet	-0,070	-0,170	0,072	-0,014	-0,033	0,053	-0,171	-0,132	0,117	0,000	-0,042	0,030	-0,031	-0,151	0,067	-0,175
	Août	0,015	0,005	-0,087	-0,011	-0,006	0,091	0,010	0,030	0,099	-0,009	0,027	-0,163	-0,079	-0,117	-0,253*	-0,069
	Septembre	-0,141	-0,110	-0,145	-0,094	0,033	0,052	-0,086	0,130	-0,082	0,012	-0,119	-0,284*	-0,104	-0,137	-0,064	0,123
	Octobre	-0,118	-0,059	-0,026	0,011	-0,121	-0,080	-0,0212	-0,111	-0,073	-0,122	-0,181	-0,250	-0,096	-0,048	0,102	-0,052
	Novembre	-0,068	0,013	0,009	0,087	0,106	-0,133	-0,193	-0,064	-0,068	0,106	-0,187	0,075	0,068	0,0144	0,034**	0,384**
	Décembre	0,017	-0,083	0,065	0,075	0,143	0,056	-0,092	0,275	0,072	-0,152	0,105	0,106	0,110	-0,146	0,091	-0,103
Bamenda	Janvier	-0,064	-0,181	-0,087	0,237	0,430**	-0,115	-0,060	-0,008	0,137	0,075	0,043	-0,146	-0,173	-0,001	0,180	0,061
	Février	0,045	-0,214	0,115	0,137	-0,056	-0,016	-0,106	-0,171	-0,008	0,031	-0,0177	-0,315*	0,024	-0,121	-0,067	-0,029
	Mars	0,288*	0,118	0,103	0,149	-0,284*	-0,151	0,110	-0,025	0,069	0,063	-0,204	-0,165	-0,208	-0,158	-0,176	-0,087
	Avril	-0,136	0,035	-0,052	-0,136	-0,114	-0,025	-0,136	-0,118	-0,065	-0,047	-0,016	0,056	-0,009	0,052	-0,050	0,237
	Mai	-0,055	-0,168	-0,035	0,108	0,027	0,085	-0,139	0,149	0,109	0,003	0,170	0,056	0,0096	-0,153	0,076	0,088
	Juin	-0,072	-0,152	-0,034	-0,140	-0,068	0,009	-0,050	0,040	0,098	-0,136	-0,142	-0,364**	-0,170	0,045	0,188	-0,154
	Juillet	0,016	0,040	-0,195	-0,0136	0,147	0,053	-0,046	0,329**	0,092	-0,264*	-0,0167	-0,309*	-0,026	0,024	0,058	-0,070
	Août	-0,069	-0,107	-0,023	-0,272*	-0,075	-0,050	-0,180	-0,057	0,296*	-0,059	0,157	-0,187	-0,096	0,040	-0,33**	0,127
	Septembre	-0,042	0,053	-0,064	-0,158	-0,053	0,062	-0,044	-0,122	0,065	-0,240	-0,238	-0,034	-0,232	0,026	0,250*	0,025
	Octobre	0,115	-0,158	-0,026	-0,065	-0,030	0,049	0,009	-0,027	0,301*	-0,207	0,013	-0,126	0,071	0,013	0,142	0,061
	Novembre	-0,134	-0,064	-0,235	-0,228	0,152	0,029	-0,28*	0,244*	0,049	-0,095	0,020	0,089	0,016	-0,082	0,342**	0,041
	Décembre	-0,045	0,045	-0,125	-0,032	0,041	0,122	0,127	-0,054	0,144	0,097	0,052	0,037	0,085	0,001	-0,028	-0,003
Mamfe	Janvier	-0,285*	-0,091	-0,013	0,130	-0,088	0,044	-0,25*	-0,087	-0,234	-0,072	-0,222	-0,158	-0,024	-0,106	0,166	0,240
	Février	0,094	0,138	0,048	-0,013	-0,028	-0,088	0,017	-0,161	-0,091	-0,081	-0,309*	-0,117	0,023	0,024	-0,148	0,130
	Mars	0,056	0,156	0,185	0,0056	-0,310*	-0,065	-0,159	-0,219	0,034	0,053	-0,238	-0,035	-0,375**	-0,134	-0,225	-0,082
	Avril	0,047	-0,280*	0,081	0,229	-0,44**	0,206	-0,185	-0,032	0,018	0,078	-0,211	-0,090	0,002	-0,025	0,099	0,058
	Mai	0,105	-0,026	0,062	0,060	-0,114	-0,005	-0,053	-0,126	0,096	0,291*	-0,297*	0,073	-0,117	0,148	0,218	-0,034
	Juin	-0,068	0,046	0,089	0,011	0,008	-0,019	-0,153	0,128	-0,118	-0,064	-0,348**	-0,186	0,042	-0,052	0,131	0,034
	Juillet	-0,276*	0,022	-0,049	-0,370**	0,221	-0,017	0,001	0,063	-0,144	0,025	-0,133	-0,212	0,133	0,531**	-0,058	0,144
	Août	-0,045	-0,066	-0,106	-0,045	0,088	0,016	-0,103	-0,074	0,016	0,002	-0,271*	-0,041	0,007	-0,156	0,089	-0,221
	Septembre	-0,096	-0,068	-0,082	-0,068	0,174	0,055	-0,042	-0,220	-0,075	-0,264*	-0,223	-0,092	-0,102	0,102	0,134	0,087
	Octobre	0,006	0,009	-0,032	-0,045	-0,092	-0,121	-0,009	-0,011	-0,154	0,104	-0,315*	-0,069	-0,081	0,054	0,115	0,114
	Novembre	-0,049	-0,086	-0,143	0,043	-0,017	0,072	-0,125	-0,103	-0,152	0,070	-0,124	-0,072	-0,028	-0,230	0,298*	-0,044
	Décembre	0,079	0,166	-0,273	-0,145	-0,032	0,020	-0,080	-0,092	0,113	0,190	0,107	0,063	0,096	0,0105	-0,033	0,085

Douala	Janvier	-0,013	-0,136	-0,125	0,033	0,016	-0,021	-0,083	-0,016	-0,053	0,076	-0,056	-0,211	0,0204	0,108	0,042	-0,092
	Février	-0,064	0,052	-0,041	0,083	0,037	-0,186	-0,172	-0,034	0,101	-0,072	-0,330**	-0,253*	0,088	0,005	-0,118	-0,108
	Mars	0,080	0,054	0,099	0,166	-0,129	-0,104	-0,105	-,002	0,047	-0,081	-0,164	0,008	-0,167	-0,137	-0,183	-0,112
	Avril	-0,114	-0,017	0,164	-0,270*	-0,110	-0,035	0,278*	-0,016	-0,178	-0,153	0,099	-0,074	0,006	0,141	0,161	0,232
	Mai	-0,106	0,186	-0,26*	0,165	0,136	0,008	0,017	0,005	0,044	0,097	-0,041	-0,0370**	-0,145	-0,008	-0,182	0,001
	Juin	0,281*	0,263*	0,159	0,140	-0,043	-0,003	-0,087	-0,132	0,103	-0,030	-0,309*	-0,415**	0,287*	-0,063	-0,080	0,051
	Juillet	-0,089	-0,215	-0,102	-0,394**	0,171	0,109	0,169	-0,204	-0,176	0,019	-0,272*	-0,417**	-0,043	0,101	0,060	0,198
	Août	0,070	-0,052	-0,109	-0,061	-0,154	-0,074	-0,138	-0,165	-0,043	0,015	-0,214	-0,324**	0,024	-0,114	0,249*	0,009
	Septembre	-0,110	-0,318**	-0,051	-0,082	0,120	0,066	0,069	-0,068	-0,146	-0,291*	-0,410**	-0,461**	-0,077	-0,110	0,113	0,123
	Octobre	-0,086	-0,144	0,058	0,003	-0,045	-0,015	-0,203	-0,152	-0,119	-0,098	-0,195	-0,268*	-0,100	-0,241	-0,031	0,090
	Novembre	-0,111	0,043	0,031	-0,109	0,055	0,058	-0,012	-0,181	-0,004	-0,059	-0,106	-0,209	0,006	0,151	0,467**	0,300*
	Décembre	-0,026	-0,033	-0,171	-0,164	-0,067	0,026	-0,035	-0,078	0,199	0,087	-0,214	0,126	0,195	0,0045	0,042	-0,047

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

Sources : DMN, ASECNA, MINADER, NOAA
Réalisation: Auteur, 2018

Le tableau 104 est réalisé pour exprimer le coefficient de détermination entre les facteurs déterminants de climat enregistrés au niveau des deux anticyclones subtropicaux et les quantités de précipitations à Bafoussam, Bamenda, Mamfe et Douala sur la période de 1950 à 2015. Ce tableau est obtenu après avoir exprimé la significativité entre les différentes variables en cause. Il ressort dudit tableau ce qui suit :

- la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores influence sur les quantités de précipitation enregistrées à **Bafoussam** à hauteur de 9,79% ; la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène influence à hauteur de 12,11% sur les quantités de précipitations et de 14,74% sur le nombre de jours des pluies enregistré au mois de novembre à **Bafoussam**. Elle influence à hauteur de 13,74% sur le nombre de jour des pluies enregistré au mois de janvier, de 17,72% sur le nombre de jour des pluies enregistré au mois d'avril ;
- la migration en longitude de l'anticyclone des Açores observée au mois de janvier influence à hauteur de 18,49% sur les quantités de précipitations enregistrées au même mois à **Bamenda** ; la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène enregistrée au mois d'octobre influence à hauteur de 9,% sur les quantités de précipitations enregistrées pour le même mois à **Bamenda** ; la TSO au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène enregistrée aux mois de février, juin et juillet influence respectivement à hauteur de 9,9%, 19,24% et 9,54% sur les quantités de précipitations enregistrées pour les mêmes mois à **Bamenda** ; la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène influence à hauteur de 11,28% et 11,69% sur les quantités de précipitations enregistrées respectivement aux mois d'août et de novembre à **Bamenda** ;
- la migration en latitude de l'anticyclone des îles Sainte Hélène observée au mois de juillet influence à hauteur de 13,69% sur le nombre de jour des pluies enregistré au même mois à **Mamfe** ; la migration en longitude de l'anticyclone des Açores enregistrée aux mois de mars et d'avril influence à hauteur de 9,61% et 19,44% respectivement sur les quantités de précipitations enregistrées à **Mamfe** aux mois de mars et d'avril respectivement ; la TSO enregistrée aux mois de février, juin et octobre au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène influence à hauteur de 9,54%, 12,11% et 9,92% respectivement sur les quantités de précipitations enregistrées aux mêmes mois à **Mamfe** ; la pression atmosphérique enregistrée au mois de mars au niveau de l'anticyclone des Açores influence à hauteur de 14% sur les quantités de précipitations

enregistrées pour le même mois à Mamfe, ladite pression enregistrée au mois de juillet au niveau dudit l'anticyclone influence à hauteur de 28,19% sur le nombre de jour des pluies enregistré au mois de juillet à **Mamfe** ;

- la migration en latitude de l'anticyclone des Açores enregistrée aux mois de septembre influence à hauteur de 10,11% sur le nombre de jour des pluies enregistré pour le même mois à **Douala** ; la migration en latitude de l'anticyclone des îles Sainte Hélène enregistrée aux mois de juillet influence à hauteur de 15,52% sur le nombre de jour des pluies enregistré pour le même mois à **Douala** ; la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène aux mois de février, juin et septembre influence à hauteur de 10,89%, 9,54% et 16,81% sur le nombre de jour des pluies enregistré pour les mêmes mois à **Douala** ; la TSO enregistrée aux mois de mai, juin, juillet, août et septembre au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène influence sur le nombre de jour des pluies enregistré respectivement pour les mêmes mois à Douala ; la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène au mois de novembre influence à hauteur de 21,8% sur les quantités de précipitations et à hauteur de 9% sur le nombre de jour des pluies enregistrés au mois de novembre à Douala.

Tableau 105 : Coefficient de détermination entre les facteurs déterminants du climat et la pluviométrie de 1950 à 2015 à Bafoussam, Bamenda, Mamfe et Douala

Localités	Pearson test	Latitude Açores		Latitude Ste Hélène		Longitude Açores		Longitude Ste Hélène		Températures Açores		Temp Ste Hélène		Pression atm Açores		Pression atm Hélène	
		Mois	Précip (%)	Nbre de jours de pluies (%)	Précip (%)	Nbre de jours de pluies (%)	Précip (%)	Nbre de jours de pluies (%)	Précip (%)	Nbre de jours de pluies (%)	Précip (%)	Nbre de jours de pluies (%)	Précip (%)	Nbre de jours de pluies (%)	Précip (%)	Nbre de jours de pluies (%)	Précip (%)	Nbre de jours de pluies (%)
Bafoussam	Janvier	0,1936	0,6241	0,1764	0,7569	2,2801	0,9025	1,3924	0,2401	1,6129	0,2209	1,7424	0,0324	4	0,7056	1,7424	13,764
	Février	0,0484	0,7396	0,64	0,0576	4,6656	0,1849	1,2996	1,4641	0,5041	1,6129	9,7969	4,9284	0	0,3136	0,0484	0,6241
	Mars	2,7556	0,5041	0,2025	2,25	3,2761	0,0196	1,3689	1,1449	0,0196	0,0081	1,8769	6,76	0,0324	0,8649	0,6889	0,2025
	Avril	0,6561	0,2916	1,2321	0,1764	0,4624	1,7161	0,2025	0,09	0,2025	1,5129	2,8561	8,3521	0,0484	3,6481	0,3025	17,724
	Mai	0,7056	0,49	5,5696	1,6129	0,1369	0,6889	0,3481	1	2,7225	0,8281	0,1369	2,25	1,1881	8,6436	1,0404	3,5344
	Juin	1,7956	2,0449	8,1225	0,1444	0,2304	0,9801	1,6129	0,3136	2,3104	0,0625	0,5476	7,3984	0,7921	0,4489	0,2209	3,6864
	Juillet	0,49	2,89	0,5184	0,0196	0,1089	0,2809	2,9241	1,7424	1,3689	0	0,1764	0,09	0,0961	2,2801	0,4489	3,0625
	Août	0,0225	0,0025	0,7569	0,0121	0,0036	0,8281	0,01	0,09	0,9801	0,0081	0,0729	2,6569	0,6241	1,3689	6,4009	0,4761
	Septembre	1,9881	1,21	2,1025	0,8836	0,1089	0,2704	0,7396	1,69	0,6724	0,0144	1,4161	8,0656	1,0816	1,8769	0,4096	1,5129
	Octobre	1,3924	0,3481	0,0676	0,0121	1,4641	0,64	4,4944	1,2321	0,5329	1,4884	3,2761	6,25	0,9216	0,2304	1,0404	0,2704
	Novembre	0,4624	0,0169	0,0081	0,7569	1,1236	1,7689	3,7249	0,4096	0,4624	1,1236	3,4969	0,5625	0,4624	2,0736	12,110	14,745
	Décembre	0,0289	0,6889	0,4225	0,5625	2,0449	0,3136	0,8464	7,5625	0,5184	2,3104	1,1025	1,1236	1,21	2,1316	0,8281	1,0609
Bamenda	Janvier	0,4096	3,2761	0,7569	5,6169	18,49	1,3225	0,36	0,0064	1,8769	0,5625	0,1849	2,1316	2,9929	0,0001	3,24	0,3721
	Février	0,2025	4,5796	1,3225	1,8769	0,3136	0,0256	1,1236	2,9241	0,0064	0,0961	3,1329	9,9225	0,0576	1,4641	0,4489	0,0841
	Mars	8,2944	1,3924	1,0609	2,2201	8,0656	2,2801	1,21	0,0625	0,4761	0,3969	4,1616	2,7225	4,3264	2,4964	3,0976	0,7569
	Avril	1,8496	0,1225	0,2704	1,8496	1,2996	0,0625	1,8496	1,3924	0,4225	0,2209	0,0256	0,3136	0,0081	0,2704	0,25	5,6169
	Mai	0,3025	2,8224	0,1225	1,1664	0,0729	0,7225	1,9321	2,2201	1,1881	0,0009	2,89	0,3136	0,9216	2,3409	0,5776	0,7744
	Juin	0,5184	2,3104	0,1156	1,96	0,4624	0,0081	0,25	0,16	0,9604	1,8496	2,0164	13,2496	2,89	0,2025	3,5344	2,3716
	Juillet	0,0256	0,16	3,8025	1,8496	2,1609	0,2809	0,2116	10,8241	0,8464	6,9696	2,7889	9,5481	0,0676	0,0576	0,3364	0,49
	Août	0,4761	1,1449	0,0529	7,3984	0,5625	0,25	3,24	0,3249	8,7616	0,3481	2,4649	3,4969	0,9216	0,16	11,289	1,6129
	Septembre	0,1764	0,2809	0,4096	2,4964	0,2809	0,3844	0,1936	1,4884	0,4225	5,76	5,6644	0,1156	5,3824	0,0676	6,25	0,0625
	Octobre	1,3225	2,4964	0,0676	0,4225	0,09	0,2401	0,0081	0,0729	9,0601	4,2849	0,0169	1,5876	0,5041	0,0169	2,0164	0,3721
	Novembre	1,7956	0,4096	5,5225	5,1984	2,3104	0,0841	8,3521	5,9536	0,2401	0,9025	0,04	0,7921	0,0256	0,6724	11,696	0,1681
	Décembre	0,2025	0,2025	1,5625	0,1024	0,1681	1,4884	1,6129	0,2916	2,0736	0,9409	0,2704	0,1369	0,7225	0,0001	0,0784	0,0009
Mamfe	Janvier	8,1225	0,8281	0,0169	1,69	0,7744	0,1936	6,25	0,7569	5,4756	0,5184	4,9284	2,4964	0,0576	1,1236	2,7556	5,76
	Février	0,8836	1,9044	0,2304	0,0169	0,0784	0,7744	0,0289	2,5921	0,8281	0,6561	9,5481	1,3689	0,0529	0,0576	2,1904	1,69
	Mars	0,3136	2,4336	3,4225	0,3136	9,61	0,4225	2,5281	4,7961	0,1156	0,2809	5,6644	0,1225	14,062	1,7956	5,0625	0,6724
	Avril	0,2209	7,84	0,6561	5,2441	19,448	4,2436	3,4225	0,1024	0,0324	0,6084	4,4521	0,81	0,0004	0,0625	0,9801	0,3364
	Mai	1,1025	0,0676	0,3844	0,36	1,2996	0,0025	0,2809	1,5876	0,9216	8,4681	8,8209	0,5329	1,3689	2,1904	4,7524	0,1156
	Juin	0,4624	0,2116	0,7921	0,0121	0,0064	0,0361	2,3409	1,6384	1,3924	0,4096	12,110	3,4596	0,1764	0,2704	1,7161	0,1156
	Juillet	7,6176	0,0484	0,2401	13,69	4,8841	0,0289	0,0001	0,3969	2,0736	0,0625	1,7689	4,4944	1,7689	28,1961	0,3364	2,0736
	Août	0,2025	0,4356	1,1236	0,2025	0,7744	0,0256	1,0609	0,5476	0,0256	0,0004	7,3441	0,1681	0,0049	2,4336	0,7921	4,8841
	Septembre	0,9216	0,4624	0,6724	0,4624	3,0276	0,3025	0,1764	4,84	0,5625	6,9696	4,9729	0,8464	1,0404	1,0404	1,7956	0,7569
	Octobre	0,0036	0,0081	0,1024	0,2025	0,8464	1,4641	0,0081	0,0121	2,3716	1,0816	9,9225	0,4761	0,6561	0,2916	1,3225	1,2996

	Novembre	0,2401	0,7396	2,0449	0,1849	0,0289	0,5184	1,5625	1,0609	2,3104	0,49	1,5376	0,5184	0,0784	5,29	8,8804	0,1936
	Décembre	0,6241	2,7556	7,4529	2,1025	0,1024	0,04	0,64	0,8464	1,2769	3,61	1,1449	0,3969	0,9216	1,1025	0,1089	0,7225
Douala	Janvier	0,0169	1,8496	1,5625	0,1089	0,0256	0,0441	0,6889	0,0256	0,2809	0,5776	0,3136	4,4521	4,1616	1,1664	0,1764	0,8464
	Février	0,4096	0,2704	0,1681	0,6889	0,1369	3,4596	2,9584	0,1156	1,0201	0,5184	10,89	6,4009	0,7744	0,0025	1,3924	1,1664
	Mars	0,64	0,2916	0,9801	2,7556	1,6641	1,0816	1,1025	0,0004	0,2209	0,6561	2,6896	0,0064	2,7889	1,8769	3,3489	1,2544
	Avril	1,2996	0,0289	2,6896	7,29	1,21	0,1225	7,7284	0,0256	3,1684	2,3409	0,9801	0,5476	0,0036	1,9881	2,5921	5,3824
	Mai	1,1236	3,4596	6,76	2,7225	1,8496	0,0064	0,0289	0,0025	0,1936	0,9409	0,1681	13,69	2,1025	0,0064	3,3124	0,0001
	Juin	7,8961	6,9169	2,5281	1,96	0,1849	0,0009	0,7569	1,7424	1,0609	0,09	9,5481	17,2225	8,2369	0,3969	0,64	0,2601
	Juillet	0,7921	4,6225	1,0404	15,5236	2,9241	1,1881	2,8561	4,1616	3,0976	0,0361	7,3984	17,3889	0,1849	1,0201	0,36	3,9204
	Août	0,49	0,2704	1,1881	0,3721	2,3716	0,5476	1,9044	2,7225	0,1849	0,0225	4,5796	10,4976	0,0576	1,2996	6,2001	0,0081
	Septembre	1,21	10,112	0,2601	0,6724	1,44	0,4356	0,4761	0,4624	2,1316	8,4681	16,81	21,2521	0,5929	1,21	1,2769	1,5129
	Octobre	0,7396	2,0736	0,3364	0,0009	0,2025	0,0225	4,1209	2,3104	1,4161	0,9604	3,8025	7,1824	1	5,8081	0,0961	0,81
	Novembre	1,2321	0,1849	0,0961	1,1881	0,3025	0,3364	0,0144	3,2761	0,0016	0,3481	1,1236	4,3681	0,0036	2,2801	21,808	9
	Décembre	0,0676	0,1089	2,9241	2,6896	0,4489	0,0676	0,1225	0,6084	3,9601	0,7569	4,5796	1,5876	3,8025	0,2025	0,1764	0,2209

Sources : DMN, ASECNA, MINADER, NOAA

Réalisation : Auteur, 2018

2. PROPOSITION D'UN MODELE DE PREVISIONS DES QUANTITES DE PRECIPITATIONS AU CAMEROUN

Les données sur les anomalies des facteurs déterminants du climat, qui surviennent à un temps relativement court (semaine, mois ou saison), produites par les centres spécialisés de modélisation et des prévisions climatiques, peuvent être essentielles pour l'identification des risques et impacts potentiels des aléas climatiques (inondation ou grande sécheresse, etc.) sur les activités de développement socio-économiques. Ces informations sont utiles pour la gestion des difficultés liées à l'adaptation de nombreuses sociétés aux perturbations climatiques. Il est possible en utilisant ces types de données de faire des prévisions fines, en raison du fait qu'en plus des facteurs locaux non négligeables, la variation du climat au niveau local serait en grande partie influencée par les moteurs du système climatique de grande échelle (températures, pression et position des centres d'actions atmosphériques, intensités des épisodes El Nino, position du FIT, etc.).

Les recherches actuelles (Rodo et al., 1997; Mariotti et al., 2002; Bolle 2003; Cassou et Terray, 2001 ; Cassou et al., 2005 ; Kushnir et al., 2006 ; Shaman et Tziperman, 2011 ; Black et al., 2010 ; Fereday et al. 2012) montrent que la compréhension de la dynamique des facteurs déterminants pourrait apporter plus de précision lors de l'élaboration des prévisions climatiques au niveau locale. D'autres auteurs (Paolino et al. 2012 ; Materia et al. 2014) précisent que la dynamique des facteurs déterminants du climat pourrait provenir d'anomalies persistant dans la stratosphère, liée à l'oscillation quasi-biennale. Après avoir effectué une analyse détaillée à l'échelle fine de la dynamique spatiotemporelle de la pluviométrie au niveau local, identifier les indicateurs pertinents de la dynamique du climat dans les chapitres précédents, il est question dans cette partie de combiner les données des quantités de précipitations enregistrées aux échelles mensuelles et saisonnières à celles des 08 variables des facteurs déterminants du climat des anticyclones des Açores et l'île Sainte Hélène en vue de l'élaboration d'un modèle de prévision des quantités de précipitations au niveau local. En d'autres termes, il est question dans ce modèle, d'intégrer le maximum de variables climatiques du système climatique global et/ou local, dont les impacts sur le climat local sont avérés. La mise en commun de ces variables climatiques facilitera l'élaboration des équations physiques complexes qui permettront l'élaboration des prévisions des précipitations au niveau local.

Pour atteindre ces objectifs, les techniques statistiques de régression par les moindres carrés et les moindres carrés ordinaires seront d'une grande importance. Il est à noter que dans le cadre de cette étude, l'élaboration du modèle de régression par les moindres carrés ordinaires s'opère en plusieurs étapes, dont le test de Dickey Fuller Augmenté pour établir la stationnarité

des variables, la description des variables admises par le modèle, le test de significativité globale des variables, le test de significativité individuelle desdites variables, le test de co intégration, l'élaboration de variogrammes des précipitations et l'interprétation des résultats de l'estimation. Pour estimer la régression linéaire par la méthode des moindres carrés, le présent travail se focalisera sur les périodes comprises entre le mois de décembre et de février d'une part et entre le mois de juin et d'août d'autre part sur les principales stations régionales du Cameroun.

2.1. Précipitations à Ngaoundéré et régression par les Moindres Carrés Ordinaires (MCO) de décembre à février de 1950 à 2015

❖ Etape 1) Résultats du test de Dicker Fuller Augmenté

Il est à noter que les paramètres du modèle MCO ne peuvent être estimés que sur les séries chronologiques stationnaires. Dans le cadre de cette étude, le test de Dicker Fuller Augmenté (1981) est la première étape de l'élaboration du modèle. Il consiste à vérifier si les séries étudiées sont stationnaires, c'est-à-dire à savoir si les priorités statistiques varient ou pas dans le temps. On le qualifie aussi de test de racine unitaire qui estime l'hypothèse nulle de la racine unitaire.

Les variables migrations en latitude, en longitude et pression atmosphérique enregistrées au niveau de l'anticyclone des Açores, migrations en latitude, en longitude et pression atmosphérique enregistrées au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène, entre les mois de décembre et de février de 1950 à 2015 sont stationnaires à niveau (tableau 106). Elles sont donc intégrées d'ordre 0. Par contre, les variables TSO enregistrées au niveau des deux anticyclones subtropicaux ne sont pas stationnaires à niveau. Pour les rendre stationnaires, on les a transformées en différence première. Elles sont donc intégrées d'ordre 1. Par conséquent, il y a risque de cointégration.

Tableau 106 : Test de stationnarité de Dickey-Fuller Augmenté des variables (enregistrées au niveau des deux anticyclones subtropicaux entre les mois de décembre et de février) du modèle.

Variables		A niveau	Dif 1 ^{ère}	Dif 2 ^{ème}	Dif 3 ^{ème}
Açores	LnLatitude	-4,378***	/	/	/
	LnLongitude	-6,665 ***	/	/	/
	LnTSO	10,05	4,13	-3,50***	
	LnPression Atm	-7,556***	/	/	/
Ste Héène	LnLatitude	-7,800***	/	/	/
	LnLongitude	-7,375	/	/	/
	LnTSO	-1.37***	-1,73	-2,70	4,86***
	LnPression atm	-5,784***	/	/	/

(***, ** et * correspondent respectivement à la significativité au seuil 1%, 5% et 10%)

Réalisation: Auteur, 2020, estimation effectuée à partir du logiciel Stata, version 2.0

❖ Etape 2) Description des variables admises par le modèle

Il est question dans cette partie de décrire sommairement les variables climatiques qui sont acceptées par le modèle après le test de cointégration des variables (tableau 107). Ces variables expliquent mieux les quantités de précipitations enregistrées à Ngaoundéré entre décembre et février de 1950 à 2015.

Tableau 107 : Résultats du test de cointégration des équations pour l'estimation des paramètres du modèle pour les précipitations de Ngaoundéré.

Source	SS	df	MS			
Model	19.9046582	4	4.97616456	Number of obs =	66	
Residual	116.388643	61	1.90801054	F(4, 61) =	2.61	
Total	136.293301	65	2.09682002	Prob > F =	0.0442	
				R-squared =	0.1460	
				Adj R-squared =	0.0900	
				Root MSE =	1.3813	

Equation	Parms	chi2	P>chi2
_cel	8	83.29415	0.0000

Identification: beta is exactly identified

Johansen normalization restriction imposed

beta	Coef.	Std. Err.	z	P>|z|	[95% Conf. Interval]	
_cel						
prcipdcmarsngaoundr	1	.	.	.	.	.
latdcmarsaore	-22.51593	4.800311	-4.69	0.000	-31.92436	-13.10749
latdcmarsstehelne	10.9967	18.32305	0.60	0.548	-24.91582	46.90923
londcmarsaore	-13.83717	8.366691	-1.65	0.098	-30.23559	2.56124
londcmarsstehelne	8.128549	1.681403	4.83	0.000	4.83306	11.42404
tempdcmarsaore	125.7483	82.6132	1.52	0.128	-36.17063	287.6671
tempdcmarsstehelne	227.3439	85.03533	2.67	0.008	60.67771	394.0101
prssiondcmarsaores	-1836.693	240.7963	-7.63	0.000	-2308.645	-1364.74
prssiondcmarshelne	77.60182	586.6015	0.13	0.895	-1072.116	1227.32
_cons	11094.39	.	.	.	.	.

Sources : DMN, ASECNA, MINADER, NOAA
Réalisation: Auteur, 2019

Il ressort du tableau 107 ci-dessus que quatre principales variables enregistrées au niveau des deux anticyclones subtropicaux expliquent mieux la précipitation à Ngaoundéré entre décembre et février de 1950 à 2015. Il s'agit notamment de :

- la migration en latitude de l'anticyclone des Açores (**latAç**). Elle représente l'ensemble des positions dans le sens de la latitude de l'anticyclone des Açores pendant cette période;
- la migration en longitude de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène (**lonSh**) : représente l'ensemble des positions dans le sens de la longitude de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène pendant cette période;
- la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène (**TSO-Sh**) qui représente la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène pendant cette période

- la Pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène (**PresSh**) qui représente la pression atmosphérique de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène enregistrée pendant cette période.

La forme générale de l'équation de régression des quantités de précipitations à Ngaoundéré

$$\text{Log}(Pr)\text{Ngaoundéré} = \beta_0 + \beta_1 \log(\text{latAç}) + \beta_2 \log(\text{lonSh}) + \beta_3 \log(\text{TSO-Sh}) + \beta_4 \log(\text{Pres-Aç})$$

(Après test de Dickey-Fuller)

❖ Etape 3) Estimation de la significativité globale des variables

Le tableau 107 est le résultat de l'estimation de la significativité globale des variables pour la station de Ngaoundéré. Il ressort de ce tableau que la statistique de la Fisher calculée par le logiciel Stata 2.0 est $F=2,6$, et la probabilité associée est inférieure à 5% ($0,044 < 0,05\%$). Or la statistique lue dans la table de Fisher (comprise entre 4 et 61 degrés de liberté), au seuil de 5% est 1,38 : donc l'hypothèse nulle est rejetée et le modèle est globalement significatif. Ce résultat est conforme à la valeur de la statistique R^2 ajusté (0,14) qui renseigne aussi sur le modèle.

Il ressort de ce résultat que globalement, le modèle est significatif et de bonne qualité, car il y'a au moins une variable indépendante dans le modèle qui explique l'influence des facteurs déterminants des deux anticyclones subtropicaux sur les quantités de précipitations à Ngaoundéré. Par ailleurs, pour ce qui est de la significativité individuelle des variables corrélées, la statistique de Student estimée est supérieure à celle tabulée par la Student globale, on retient alors l'hypothèse de significativité de la variable, et la probabilité de rejet au seuil de 5% fournit par Stata 2.0.

❖ Etape 4) Estimation de la significativité individuelle des variables

Pour exprimer la significativité individuelle des variables, il suffit d'observer le comportement de la P-value sur la période de l'étude. La P-value est la probabilité d'obtenir une statistique aussi grande que la valeur observée sur l'échantillon, on peut l'interpréter comme le plus petit seuil de significativité pour lequel l'hypothèse nulle est acceptée (Gibbons J.D & Pratt, 1975). En d'autres termes, une variable est significative avec un intervalle de confiance de 95% si sa (Z) est supérieur à 1,67 en valeur absolue selon la loi de Student, ou bien si sa P-value est inférieure à 0,05 (voir le tableau de classification des degrés de liberté selon Student joint en annexe 3). Dans le cadre de cette étude, seules 04 variables (migration en longitude et TSO enregistrées au niveau de l'anticyclone des Açores ; migration en latitude et pression atmosphérique enregistrées au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène) sur les 08 étudiées présentent une "t-stat" faible en valeur absolue, elles sont donc non stationnaires. Par ailleurs, 03 variables (TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores ; migration en latitude et

pression barométrique enregistrées au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène) sur les 04 variables acceptées avec un intervalle de confiance à 95%. Du tableau 107, il ressort que la P-value intègre :

- la valeur 0 entre -30 et 2, pour la statistique entre la migration en longitude au niveau de l'anticyclone des Açores et la précipitation à Ngaoundéré ;
- la valeur 0 entre -36 et 287, pour la statistique entre la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores et la précipitation à Ngaoundéré ;
- la valeur 0 entre -24 et 46, pour la statistique entre la migration en latitude au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène et la précipitation à Ngaoundéré ;
- la valeur 0 entre -1078 et 1227, pour la statistique entre la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène et la précipitation à Ngaoundéré.

En conclusion, il est impossible de rejeter l'hypothèse H0 pour ces 04 variables.

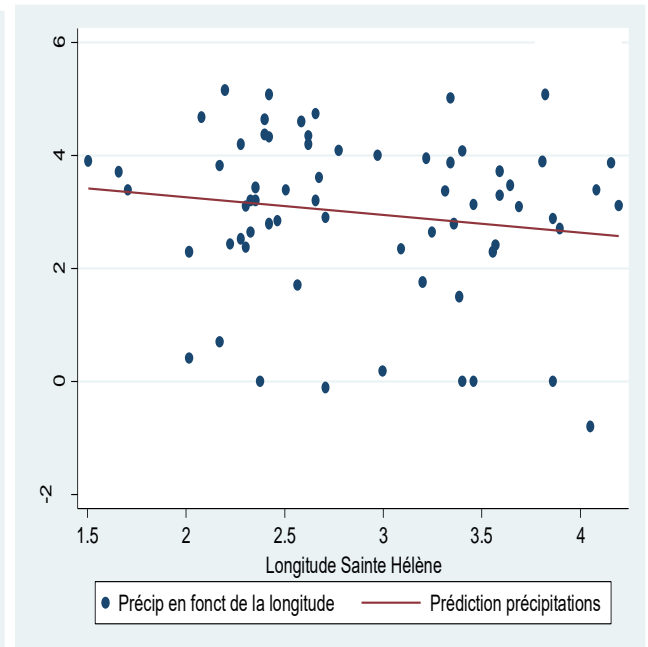
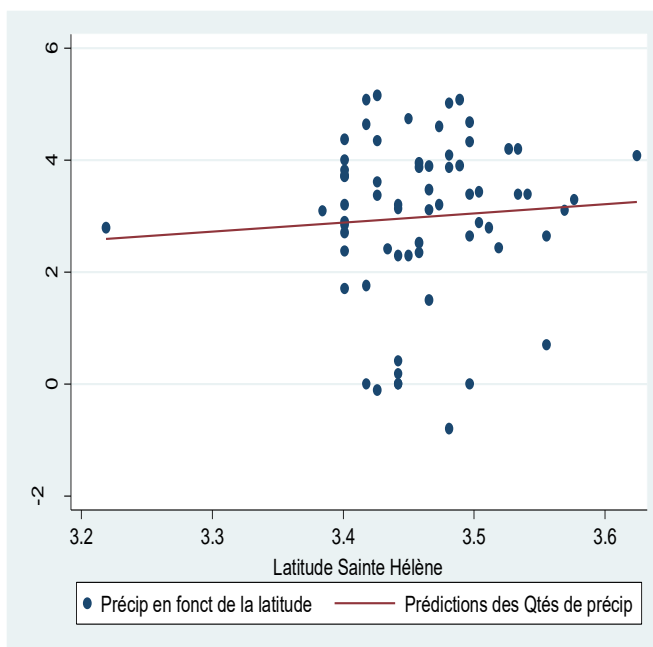
Selon le même tableau 107, les quatre autres variables présentent chacune une P-value supérieure en valeur absolue au seuil de 1,67 selon la loi de Student. Ces variables sont : la migration en latitude Açores (4,69) ; la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores (7,63), la migration en longitude de l'anticyclone des îles Sainte Hélène (4,83) et TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène (2,67). De plus l'intervalle de confiance à 95% pour ces 04 variables ne comprend pas 0. Il est donc possible dans ces cas de rejeter l'hypothèse H0.

D'un point de vue statistique et au vu de la probabilité qui leur est attribuée, les résultats de l'estimation indiquent que quatre variables sur les 08 (latitude Açores, pression barométrique Açores, longitude Sainte Hélène et TSO Sainte Hélène) sont significatives pour expliquer le comportement de la précipitation enregistrer entre décembre et février à Ngaoundéré.

❖ **Etape 5) Élaboration d'un variogramme de la précipitation à Ngaoundéré de décembre à février de 1950 à 2015**

La figure 114 montre le comportement d'un nuage de points des quatre variables (enregistrées au niveau des centres d'actions atmosphériques), identifiées plus haut, et qui expliquent le mieux le comportement de la précipitation enregistrée à Ngaoundéré de 1950 à 2015. Il s'agit entre autres de la migration en latitude au niveau de l'anticyclone des Açores, la migration en longitude de l'anticyclone des îles Sainte Hélène, la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores et la TSO enregistrée au niveau de

l'anticyclone des îles Sainte Hélène. La disposition aléatoire des nuages de point pour les 04 variables indique clairement qu'il s'agit là d'une relation aléatoire, mais que la significativité est plus importante entre les quantités de précipitations, la migration en latitude au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène (Fig. 125a) et la pression atmosphérique observée au niveau de l'anticyclone des Açores d'autre part (Fig.126b). En outre, en observant le sens positif (qui exprime l'intensité de la relation) de l'évolution de ces deux droites de régression prises individuellement, il ressort que plus l'anticyclone des îles Sainte Hélène migre entre 30°S et 40°S, et plus les quantités de précipitations sont supérieures à la moyenne (2,93mm). Par ailleurs, plus la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores est supérieure à la moyenne (1018,6hpa), et plus les quantités de précipitations enregistrées à Ngaoundéré sont supérieures à la moyenne (2,93 mm) (figure 114c).



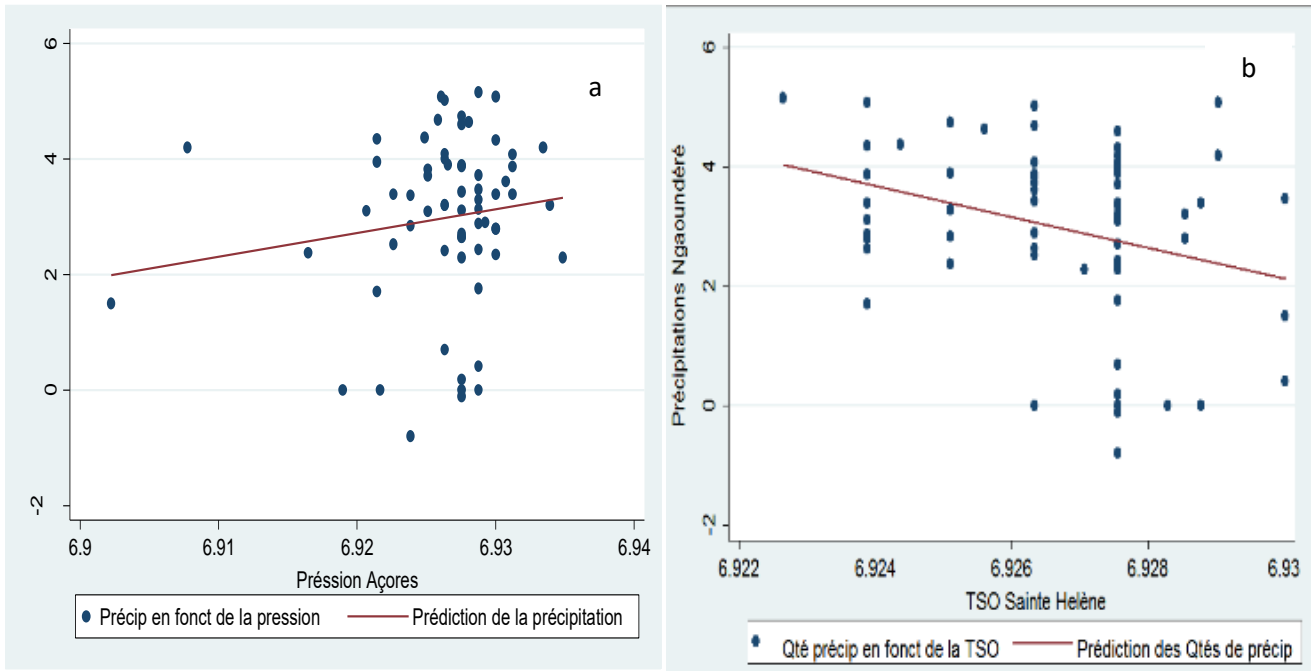


Figure 114 : Variogramme de la pluie à Ngaoundéré en fonction du comportement des facteurs déterminants du climat de décembre à février de 1950 à 2015

Sources : DMN, ASECNA, MINADER, NOAA
Réalisation : Auteur, 2018

L'analyse statistique ainsi achevée, il convient de procéder à une interprétation climatique des résultats obtenus.

❖ Etape 6) Interprétation et analyse des résultats de l'estimation

Il est question dans cette partie de procéder à une vérification si les variables explicatives utilisées dans ce modèle ont les signes attendus et de faire ressortir leur importance sur la pluviométrie de Ngaoundéré.

1) Les signes des variables explicatives de la fonction d'attractivité

Les signes des différentes variables explicatives de la fonction d'attractivité sont les suivants:

- le signe positif observé au tableau 120 montre que les chances d'enregistrer des quantités de précipitations au-dessus de la moyenne (2,93mm) à Ngaoundéré sont élevées entre décembre et février de 1950 à 2019, lorsque l'anticyclone des Açores migre du Sud vers le Nord (entre 30°N et 40°N) ;
- le signe négatif observé s'explique par le fait que les chances d'enregistrer des quantités de précipitations supérieures à la moyenne (2,93mm) à Ngaoundéré sont élevées lorsque l'anticyclone des îles Sainte Hélène migre de 4-50°W, dans une position majoritairement au-dessus de la position moyenne (autour de 23,76°W), inversement, les chances

d'enregistrer des quantités de précipitations inférieures à la moyenne (2,93mm) à Ngaoundéré sont élevées lorsque l'anticyclone des îles Sainte Hélène migre de 50-4°W, dans une position majoritairement en deçà de la moyenne (autour de 23,76°W) ;

- le signe positif observé indique que les chances pour que les quantités de précipitations enregistrées à Ngaoundéré soient supérieures à la moyenne (2,93mm) sont élevées lorsque la TSO de anticyclone est supérieure à la moyenne (25,42°C);
- le signe négatif observé indique que les chances pour que les quantités de précipitations enregistrées à Ngaoundéré soient supérieures à la moyenne (2,93mm) pendant cette période sont élevées lorsque la pression atmosphérique observée au niveau de l'anticyclone des Açores est inférieure à la moyenne (1018,64hpa), et inversement les chances pour que les quantités de précipitations enregistrées à Ngaoundéré soient inférieures à la moyenne (2,93mm) sont élevées lorsque la pression atmosphérique au niveau dudit anticyclone est supérieure à la moyenne (1018,64hpa).

2) Élaboration d'une équation logarithmique de régression multiple entre les variables sur la période comprise entre décembre et février

En tenant compte des quatre variables acceptées, et identifiées au tableau 107 ci-dessous, il ressort l'équation de régression (1) ci-après :

$$\text{Log(Pr)Ngaoundéré} = 11094,3 - 22,51 \log(\text{latAç}) + 8,12 \log(\text{lonSh}) + 125,74 \log(\text{TSO-Aç}) - 1836,69 \log(\text{Pres-Aç})$$

$$(0,000) \quad (0,000) \quad (0,12) \quad (0,000)$$

$$\text{Prob (F-statistic)} = 0,044 \quad R^2 = 0,14.$$

3) Interprétation des résultats statistiquement significatifs

Les variables statistiquement significatives sont au nombre de quatre (migration en longitude et TSO enregistrées au niveau de l'anticyclone des Açores ; migration en latitude et pression atmosphérique enregistrées au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène). Les quatre variables expliquent mieux les quantités de précipitations enregistrées à Ngaoundéré entre décembre et février de 1950 à 2015. Les impacts négatifs des deux variables (longitude et pression Sainte Hélène) et positifs pour les deux autres variables (la pression Açores et latitude Sainte Hélène) viennent confirmer les développements théoriques et les hypothèses selon lesquelles la dynamique des facteurs déterminants du climat observés au niveau des deux anticyclones subtropicaux influence significativement la pluviométrie de Ngaoundéré.

A partir des résultats obtenus, il est plus clair qu'entre décembre et février de 1950 à 2015, la pluviométrie de Ngaoundéré subit l'influence de plusieurs facteurs déterminants du système climatique global, parmi lesquels les plus significatifs qui sont la migration en latitude et longitude et la TSO au niveau de l'anticyclone des Açores d'une part; la migration en latitude et la pression atmosphérique au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène d'autre part.

➤ **Exemple de simulation des quantités de précipitations à Ngaoundéré en utilisant l'équation de régression multiple obtenue**

❖ **Etape 1, choix des hypothèses**

La simulation suppose au préalable que :

- on désigne une année de référence qui est 2019 ;
- toutes les variables corrélées soient restées constantes ;
- on désigne la variable à projeter, elle seule change dans le temps.

❖ **Etape 2, analyse des scénarios possibles**

Selon les résultats de la méthode des cinq gradations, obtenus au chapitre précédent, il a été question d'identifier les différentes classes sur les types de relations possibles entre les facteurs déterminants du climat et les quantités de précipitations enregistrées au niveau local. En se fondant sur cette classification, trois principaux scénarios permettent d'élaborer les prévisions des quantités de précipitations pour la même période à Ngaoundéré :

- scénario 1 : variable supérieure à la norme ;
- scénario 2 : variable égale à la norme ;
- scénario 3 : variable inférieure à la norme.

Le tableau 108 présente les prévisions des quantités de précipitations de décembre 2019 à février 2020 à Ngaoundéré.

Tableau 108 : Prévisions des quantités de précipitations à Ngaoundéré de décembre 2018 à février 2019

Variables	Simulation (Açores) de décembre 2019 à février 2020		Probab	Longitude (Sh) de déc à fév 2019	Log (longitude, Sh) de déc à fév 2019	TSO (Sh) de déc à fév 2019	Log TSO (Sh) de déc à fév 2019	Pression atmosph (Açores) de déc à fév 2019	Log (pression atm, Açores) de déc à fév 2019	Log(Pr) à Ngaoundéré et Prévisions des Précipitations de décembre 2020 à février 2021
	Migration	Latitude								
Année 1 : déc 2019 à fév 2020	Migration			34,8	1,54	25,42	1,40	1018,6	3	
Scénario 1	Sup à la norme	42-50°N	28,88%	34,8	1,54	25,42	1,40	1018,6	3	Excédentaires
Scénario 2	Egale à la norme	38-42°N	33,33%	34,8	1,54	25,42	1,40	1018,6	3	Excédentaires
Scénario 3	Inf à la norme	30-38°N	37,79%	34,8	1,54	25,42	1,40	1018,6	3	Déficitaires

Sources : DMN, ASECNA, MINADER, NOAA

Réalisation: Auteur, 2018

Les résultats de l'analyse indiquent que sur les trois scénarii, la probabilité d'enregistrer des quantités de précipitations inférieures à la norme est plus élevée pour les trois prochains mois (de décembre 2019 à février 2020) à Ngaoundéré.

2.2. Précipitations à Yaoundé et régression par les Moindres Carrés Ordinaires (MCO) de décembre à février de 1950 à 2015

Etape 1) Résultats du test de Dicker Fuller Augmenté

Les résultats du test de Dicker Fuller Augmenté sont les mêmes que ceux obtenus à la session 6.2

Etape 2) Description des variables admises par le modèle

Trois variables expliquent mieux les quantités de précipitations enregistrées à Yaoundé de décembre à février de 1950 à 2015. Il s'agit de :

- la migration en latitude de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène (*latSh*) ;
- la migration en longitude de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène (*lonSh*) ;
- la pression atmosphérique enregistrée au niveau l'île Sainte Hélène (*PresSh*).

Elaboration d'une équation globale de la régression de la précipitation à Yaoundé

$\text{Log}(Pr)_{\text{Yaoundé}} = \beta_0 + \beta_1 \log(\text{lat}A\zeta) + \beta_2 \log(\text{lonSh}) + \beta_3 \log(\text{TSO-Sh})$ (Après test de Dickey-Fuller)

Etape 3) Estimation de la significativité globale des variables

La statistique de la Fisher calculée par Stata 2.0 pour la station de Yaoundé est $F=5,29$ et la probabilité associée est inférieure à 5% ($0,00044 < 0,05\%$) (tableau 109). Or la statistique lue dans la table de Fisher au seuil de 5% est 0,34, elle est comprise entre 5 et 60 degrés de liberté : donc l'hypothèse nulle est rejetée et le modèle est globalement significatif. Ce résultat est conforme à la valeur de la statistique R^2 ajusté (0,14) qui donne des renseignements supplémentaires sur le modèle.

Tableau 109 : Résultats de l'estimation des paramètres du modèle de décembre à février par les MCO pour les précipitations de Yaoundé

Source	SS	df	MS			
Model	3.0743577	5	.614871539	Number of obs =	66	
Residual	6.96890043	60	.11614834	F(5, 60) =	5.29	
Total	10.0432581	65	.154511663	Prob > F =	0.0004	
				R-squared =	0.3061	
				Adj R-squared =	0.2483	
				Root MSE =	.34081	

prcipdcmarsyaound	Coef.	Std. Err.	t	P>|t|	[95% Conf. Interval]	
latdcmarsstehelne	1.680143	.7223177	2.33	0.023	.2352926	3.124994
londcmarsaore	-.4015569	.3189449	-1.26	0.213	-1.039542	.2364279
londcmarsstehelne	-.148509	.0622876	-2.38	0.020	-.2731027	-.0239153
prssiondcmarsaores	-9.142257	8.487269	-1.08	0.286	-26.11932	7.834808
prssiondcmarshele	-92.14263	25.12714	-3.67	0.001	-142.4044	-41.88088
_cons	702.9053	189.7166	3.71	0.000	323.4156	1082.395

Sources : DMN, ASECNA, MINADER, NOAA
Réalisation : Auteur, 2018

❖ Etape 4) Estimation de la significativité individuelle des variables

Pour le cas de Yaoundé, 02 variables (longitude et pression barométrique enregistrées au niveau de l'anticyclone des Açores) sur les 05 variables retenues présentent une "t-stat" faible en valeur absolue, elles sont donc non stationnaires. De plus, l'intervalle de confiance à 95%, intègre la valeur 0 :

- entre -1,03 et 0,23 pour la statistique qui concerne l'influence de la migration en longitude de l'anticyclone Açores et la précipitation à Yaoundé ;
- entre -26,11 et 7,83 pour la statistique qui concerne l'influence de la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores et la précipitation à Yaoundé.

De ce fait, il est impossible de rejeter l'hypothèse H_0 pour ces 02 variables.

Pour ce qui est des 03 autres variables, on constate bien que la P-value soit forte (latitude (2,33), longitude (2,38) et pression atmosphérique (3,67) enregistrées au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène). Cette P-value est supérieure en valeur absolue au seuil de 1,67 d'après la loi de Student. De plus l'intervalle de confiance à 95% pour ces 03 variables ne comprend pas 0. Il est donc possible dans ce cas de rejeter l'hypothèse H_0 .

❖ Etape 5) Élaboration d'un variogramme de la précipitation à Yaoundé de décembre à février de 1950 à 2015

La figure 115 présente le nuage de points qui exprime l'intensité de la relation entre les 04 principales variables (latitude Sainte Hélène et pression barométrique de l'île Sainte Hélène, longitude et pression Açores) qui expliquent le mieux l'influence des facteurs déterminants du climat sur les quantités de précipitations enregistrées à Yaoundé. Il ressort de cette figure 126 que globalement, à cause de l'éparpillement des différents points par rapport à la droite de régression, la relation est aléatoire et globalement de faible intensité entre les quantités de précipitations et les 04 variables sus-évoquées. Néanmoins en observant de près l'évolution des droites de régression, il ressort que l'intensité de la relation est plus forte entre les quantités de précipitations et la migration en latitude de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène, qui présente une droite de régression positive.

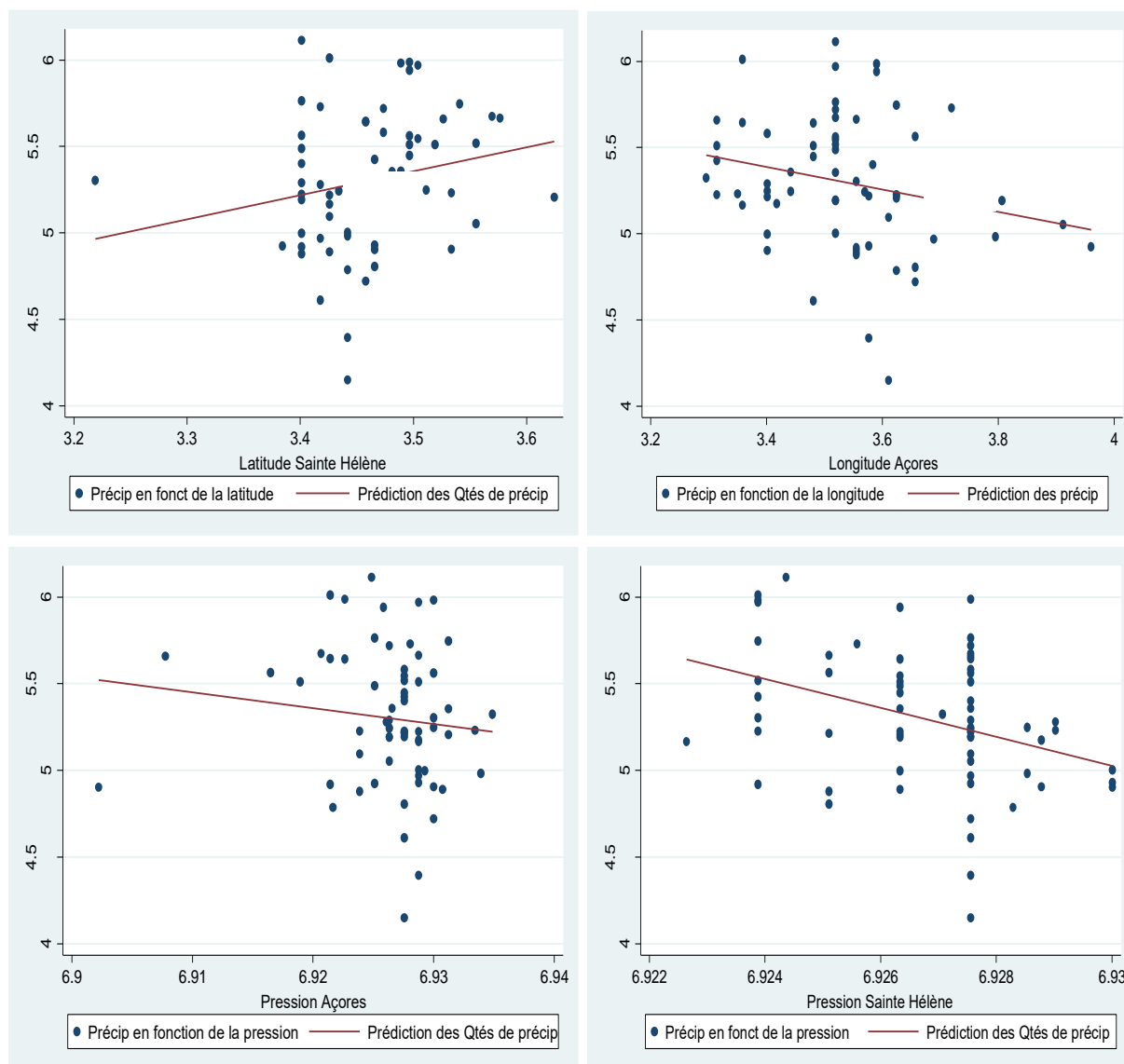


Figure 115 : Variogramme de la pluie à Yaoundé en fonction des facteurs déterminants du climat de décembre à février de 1950 à 2015

Sources : DMN, ASECNA, MINADER, NOAA

Au vu de la probabilité qui leur est attribuée, les résultats de l'estimation montrent que seules trois variables sont statistiquement significatives dans ce cas précis. L'étude statistique ainsi achevée, il convient de passer à l'analyse et à l'interprétation climatique des résultats obtenus.

❖ **Etape 6) Interprétation et analyse climatique des résultats de l'estimation**

Dans cette partie, il est question de vérifier si les variables explicatives utilisées dans le modèle ont les signes attendus, et ressortir leur importance sur la pluviométrie de Yaoundé.

1) Les signes des variables explicatives de la régression

Les signes des différentes variables explicatives en fonction de la variable expliquée sont les suivants :

- le signe positif observé dans le tableau 110 montre que les chances d'enregistrer des quantités de précipitations au-dessus de la moyenne (84,88mm) à Yaoundé sont élevées lorsque l'anticyclone des îles Sainte Hélène migre du Sud vers le Nord (entre 30-40°N) ;
- le signe négatif observé indique que les chances pour que les quantités de précipitations enregistrées soient supérieures à la moyenne (84,88mm) à Yaoundé sont élevées lorsque l'anticyclone des îles Sainte Hélène migre de l'Ouest vers l'Est (entre 80-5°W), inversement les chances pour que les quantités de précipitations enregistrées soient inférieures à la moyenne (84,88mm) à Yaoundé sont élevées lorsque ledit anticyclone migre de l'Est vers l'Ouest (entre 5-80°W) ;
- le signe négatif observé indique que les chances pour que les quantités de précipitations enregistrées soient supérieures à la moyenne (84,88mm) à Yaoundé sont élevées lorsque la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène est inférieure à la moyenne (1018,9hpa), et inversement les chances pour que les quantités de précipitations enregistrées soient inférieures à la moyenne (84,88mm) à Yaoundé sont élevées lorsque la pression atmosphérique enregistrée au niveau dudit anticyclone est supérieure à la moyenne (1018,9hpa).

2) Élaboration d'une équation logarithmique de régression multiple entre les variables

Il ressort du tableau 110 ci-dessus l'équation de régression (1) ci-après :

$$\begin{aligned} \text{Log(Pr)Yaoundé} &= 702,9 + 1,68\text{log(latSh)} - 0,14\text{log(lonSh)} - 92,14\text{log(PresSh)} \\ &\quad (0,023) \quad (0,02) \quad (0,001) \\ \text{Prob(F-statistic)} &= 0,0004 \quad R^2 = 0,3. \end{aligned}$$

3) Interprétation des résultats statistiquement significatifs

L'analyse de la régression linéaire a permis d'identifier 03 trois principaux facteurs, notamment la migration en latitude, en longitude et la pression atmosphérique enregistrées au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène (tableau 110). Ces trois facteurs sont statistiquement significatifs. Ils exercent donc une influence significative sur les quantités de précipitations enregistrées à Yaoundé sur la période allant de décembre à février de 1950 à 2015. La variation de l'impact des trois variables vient confirmer les développements théoriques et les hypothèses émises.

2.3. Précipitations à Bertoua et régression par les Moindres Carrés Ordinaires (MCO) de décembre à février de 1950 à 2015

Etape 1) Résultats du test de Dicker Fuller Augmenté

Les résultats du test de Dicker Fuller Augmenté sont les mêmes que ceux obtenus à la session (6.2).

Étape 2) Description des variables admises par le modèle

➤ Les variables acceptées par le modèle les suivantes :

- Précipitation enregistrée à la station de Bertoua (**Pr**)**Bertoua** ;
- Migration en latitude de l'anticyclone des Açores (**latAç**)
- Migration en latitude de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène (**latSh**) ;
- Migration en longitude de l'anticyclone des Açores (**lonAç**) ;
- Migration en latitude de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène (**lonSh**) ;
- TSO de l'anticyclone des Açores (**TSO-Aç**) ;
- TSO de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène (**TSO-Sh**) ;
- Pression de l'anticyclone des Açores (**PresAç**) ;
- Pression de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène (**PresSh**).

Elaboration d'une équation globale de la régression

$$\text{Log}(\text{Pr})\text{Bertoua} = \beta_0 - \beta_1 \log(\text{latAç}) - \beta_2 \log(\text{lonAç}) + \beta_3 \log(\text{lonSh}) + \beta_4 \log(\text{TSO-Aç}) + \beta_5 \log(\text{TSO-Sh}) -$$

$$\beta_6 \log(\text{PresAç}) \text{ (Après test de Dickey-Fuller)}$$

❖ Étape 3) Estimation de la significativité globale des variables

Selon le modèle MCO (tableau 110), la statistique de la Fisher calculée par le logiciel Stata 2.0 est $F=2,67$ et la probabilité associée est inférieure à 5% ($0,031 < 0,05\%$). Or la statistique lue dans la table de Fisher est 0,49. Elle varie entre 5 et 55 degrés de liberté au seuil de 5% : ainsi, l'hypothèse nulle est rejetée et le modèle est globalement significatif. Le même tableau révèle que les variables indépendantes sont responsables à 19% (R^2) des cas sur la distribution des quantités de précipitations à Bertoua.

Tableau 110 : Résultats du test de cointégration des équations pour l'estimation des paramètres du modèle pour les précipitations de Bertoua

Source	SS	df	MS	Number of obs =	61
Model	3.28267526	5	.656535052	F(5, 55) =	2.67
Residual	13.535104	55	.2460928	Prob > F =	0.0314
				R-squared =	0.1952
				Adj R-squared =	0.1220
Total	16.8177793	60	.280296321	Root MSE =	.49608

Cointegrating equations

Equation	Parms	chi2	P>chi2
_ce1	8	115.5822	0.0000

Identification: beta is exactly identified

Johansen normalization restriction imposed

beta	Coef.	Std. Err.	z	P>|z|	[95% Conf. Interval]	
_ce1						
prcpdcmarsbertoua	1	.	.	.	.	.
latdcmarsaore	-6.291051	1.061522	-5.93	0.000	-8.371596	-4.210506
latdcmarsstehelne	6.051204	4.078153	1.48	0.138	-1.941829	14.04424
londcmarsaore	-7.12896	1.85323	-3.85	0.000	-10.76122	-3.496695
londcmarsstehelne	2.135132	.3725626	5.73	0.000	1.404923	2.865342
tempdcmarsaore	40.09757	18.2695	2.19	0.028	4.290009	75.90513
tempdcmarsstehelne	64.23282	18.85881	3.41	0.001	27.27023	101.1954
prssiondcmarsaores	-423.3509	53.56482	-7.90	0.000	-528.336	-318.3658
prssiondcmarsstehelne	171.2703	129.7386	1.32	0.187	-83.01264	425.5532
_cons	1420.324	.	.	.	.	.

Sources : DMN, ASECNA, MINADER, NOAA
Réalisation: Auteur, 2018

Il ressort de ces résultats que le modèle est globalement significatif et de bonne qualité, car il y'a au moins une variable indépendante dans le modèle qui explique bien l'influence des facteurs déterminants des deux anticyclones subtropicaux sur les quantités de précipitations enregistrées à Bertoua.

❖ Etape 4) Estimation de la significativité individuelle des variables

Pour la pluviométrie de Bertoua, 02 variables (migration en longitude et pression atmosphérique enregistrées au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène) sur les 08 observées présentent une "t-stat" faible en valeur absolue, elles sont donc non stationnaires. De plus, l'intervalle de confiance à 95% pour ces 02 variables varie entre -1,9 et 14 pour la migration en latitude Açores et entre -83,03 et 425 pour la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène intègrent 0. De ce fait, il est impossible de rejeter l'hypothèse H0 pour ces 02 variables.

Les 06 autres variables enregistrées au niveau de l'anticyclone des Açores (latitude (-5,93), longitude (-3,85), pression atmosphérique (-7,9) et TSO (2,19)); longitude (5,73) et TSO (3,41) enregistrées au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène) présentent des P-values supérieures en valeur absolue à 1,67 d'après la classification de Student. De plus l'intervalle de confiance à 95% pour ces 06 variables ne comprend pas 0. Il est donc possible dans ces cas de rejeter l'hypothèse H0.

❖ Etape 5) Élaboration d'un variogramme de la pluie à Bertoua sur la période comprise entre décembre et février de 1950 à 2015

La figure 116 indique une relation de forte intensité entre les quantités de précipitations enregistrées à Bertoua et la migration du Sud vers le Nord de l'anticyclone des Açores d'une

part, les quantités de précipitations enregistrées à Bertoua et la migration vers l'Ouest de l'anticyclone des îles Sainte Hélène (5-80hpa) d'autre part. Les 03 autres figures (c,d,e) présentent une relation faible entre les quantités de précipitations, la migration en longitude, la pression atmosphérique et la TSO enregistrées au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène.

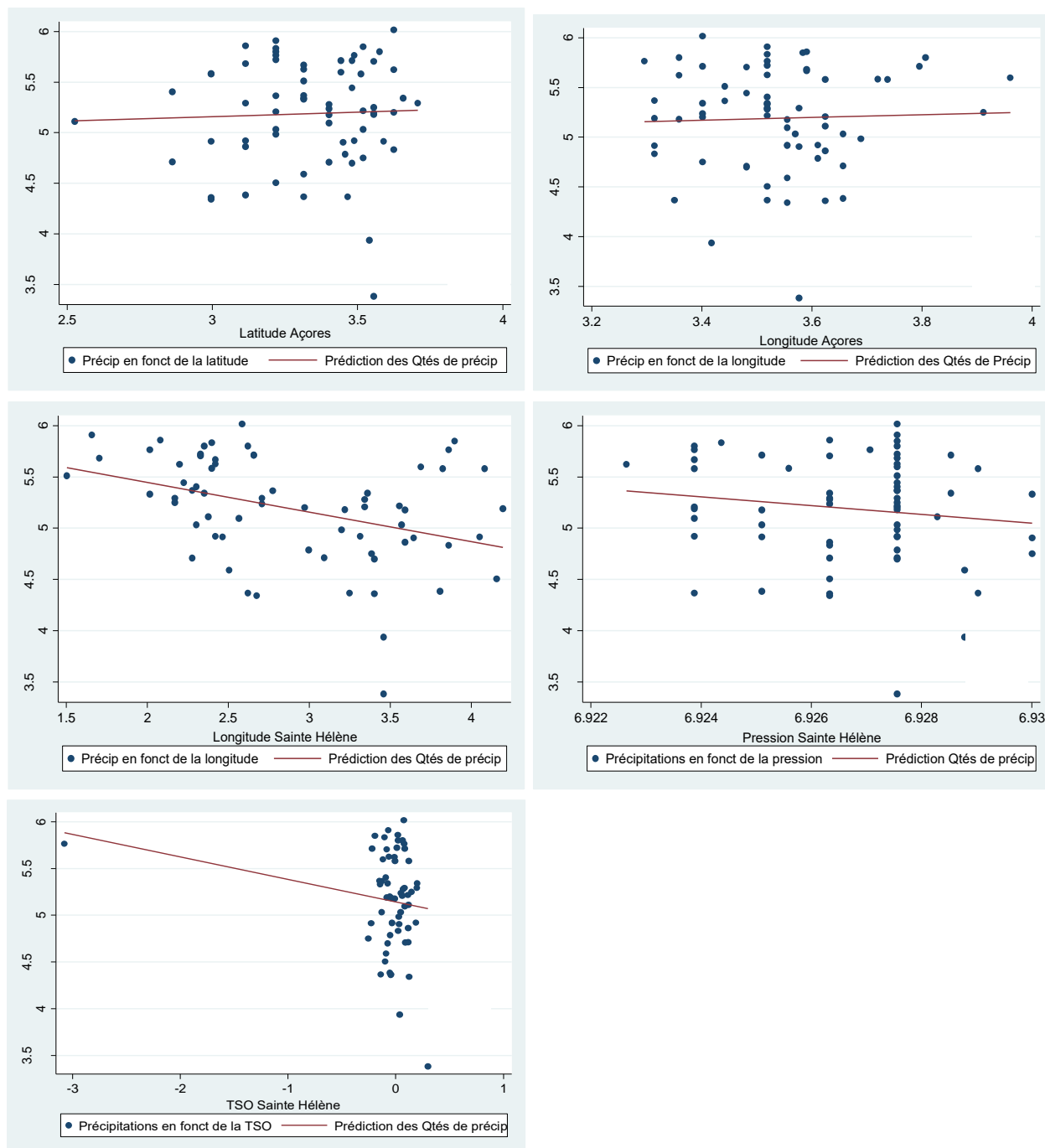


Figure 116 : Variogramme de la pluie à Bertoua en fonction des facteurs déterminants du climat de décembre à février de 1950 à 2015

Il ressort des résultats de l'estimation que les six variables sur les 08 observées sont statistiquement significatives sur la précipitation de Bertoua.

❖ Etape 6) Interprétation et analyse des résultats de l'estimation

Il est question dans cette partie de vérifier si les signes des variables explicatives observés dans le modèle ont une importance significative sur la pluviométrie de Bertoua.

1) Les signes des variables explicatives de la régression

Les signes des variables explicatives sont les suivants :

- le signe négatif observé au tableau 110 indique que les chances d'enregistrer des quantités de précipitations supérieures de la moyenne à Bertoua (88,31mm) sont élevées lorsque l'anticyclone des Açores migre du Nord vers le Sud (60-30°N), et inversement les chances d'enregistrer des quantités de précipitations inférieures à la moyenne (88,31mm) sont élevées lorsque ledit anticyclone migre du Sud vers le Nord (30-60°N) ;
- le signe positif observé au tableau indique que les chances pour que les quantités de précipitations enregistrées soient supérieures à la moyenne (88,31mm) à Bertoua sont élevées lorsque l'anticyclone des îles Sainte Hélène migre au-delà de sa position normale du Sud vers le Nord (60-30°S) ;
- le signe positif observé au tableau 110 indique que les chances pour que les quantités de précipitations enregistrées soient supérieures à la moyenne (88,31mm) à Bertoua sont élevées lorsque la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène est supérieure à la moyenne (1018,9hpa);
- le signe négatif observé indique que les chances pour que les quantités de précipitations enregistrées soient inférieures à la moyenne (88,31mm) à Bertoua sont élevées lorsque la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène est supérieure à la moyenne(1018,9hpa), et inversement les chances pour que les quantités de précipitations enregistrées à Bertoua soient supérieures à la moyenne (88,31mm) à Bertoua sont élevées lorsque pression atmosphérique enregistrée au niveau dudit anticyclone est inférieure à la moyenne (1018,9hpa);
- le signe positif observé de la TSO au niveau des deux anticyclones subtropicaux indiquent que les chances pour que les quantités de précipitations enregistrées soient supérieures à la moyenne (88,31mm) à Bertoua sont élevées lorsque la TSO desdits anticyclones est supérieure à la moyenne (26,09°C pour l'anticyclone des Açores et 25,4°C pour l'anticyclone des îles Sainte Hélène).

2) Elaboration de l'équation de l'estimation

L'équation (4) est issue de la régression entre les facteurs déterminants du climat et les quantités de précipitations enregistrées à Bertoua sur la période comprise entre le mois de

décembre et de février de 1950 à 2015. Les coefficients obtenus s'interprètent comme des élasticités. Ainsi lorsqu'on jugera qu'une variable a un impact positif, cela signifie que le signe de son coefficient est positif et l'impact est négatif dans le cas contraire.

$$\begin{aligned} \text{Log}(\text{Pr})\text{Bertoua} = & 1420,32 - 6,29\log(\text{latA}\zeta) - 7,12\log(\text{lonA}\zeta) + 2,13\log(\text{lonSh}) + 40,09\log(\text{TSO}- \\ & \text{A}\zeta) \\ & + 64,23\log(\text{TSO}-\text{Sh}) - 423,35\log(\text{PresA}\zeta) \\ & \qquad \qquad \qquad (-5,93) \qquad \qquad \qquad (-3,55) \qquad \qquad \qquad (5,73) \qquad \qquad \qquad (2,19) \\ & \qquad \qquad \qquad (3,41) \qquad \qquad \qquad (-7,90) \\ & \text{Prob}(F\text{-statistic}) = 0,031 \qquad \qquad \qquad R^2 = 0,19. \end{aligned}$$

3) Interprétation et analyse des résultats de l'estimation

La significativité desdites variables confirme l'impact des facteurs déterminants du climat enregistrés au niveau des deux anticyclones subtropicaux sur la pluviométrie à Bertoua sur la période comprise entre décembre et février de 1950 à 2015. La variation des six variables vient confirmer les développements théoriques et les hypothèses émises.

Les résultats obtenus indiquent que la pluviométrie de Bertoua subit l'influence de plusieurs facteurs déterminants du climat, dont les plus significatifs sont : la migration en latitude et en longitude, la pression barométrique et la TSO enregistrées au niveau de l'anticyclone des Açores ; la migration en longitude et la TSO enregistrées au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène.

2.4. Précipitations à Ebolowa et régression par les Moindres Carrés Ordinaires (MCO) de décembre à février de 1950 à 2015

Etape 1) Résultats du test de Dicker Fuller Augmenté

Les résultats du test de Dicker Fuller Augmenté sont les mêmes que ceux obtenus à la session (6.3).

Etape 2) Description des variables admises par le modèle

Les variables suivantes sont acceptées par le modèle :

- *précipitation à station d'Ebolowa (Pr)Ebolowa ;*
- *migration en latitude de l'anticyclone des Açores (log(latAζ) ;*
- *migration en longitude de l'anticyclone des Açores (Log(lonAζ) ;*
- *migration en longitude de l'anticyclone des îles Sainte Hélène (Log(lonSh) ;*
- *Température de surface au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène (Log(TSOSh) ;*
- *Pression atmosphérique au niveau des Açores (Log(PresAζ) ;*
- *Pression atmosphérique au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène (log(Pres-Sh).*

Elaboration d'une équation globale de la régression

$$\begin{aligned} \text{Log}(\text{Pr})\text{Ebolowa} = & \beta_0 + \beta_1\log(\text{latA}\zeta) - \beta_2\log(\text{lonA}\zeta) + \beta_3\log(\text{lonSh}) + \beta_4\log(\text{TSOSh}) \\ & + \beta_5\log(\text{PresA}\zeta) + \beta_5\log(\text{Pres-Sh}) \end{aligned}$$

Etape 3) Estimation de la significativité globale des variables

Le tableau 111 est le résultat de l'estimation des paramètres du modèle par les MCO pour la pluviométrie d'Ebolowa. Ce tableau indique que la statistique de la Fisher calculée par le logiciel Stata 2.0 est $F= 4,47$ et que la probabilité associée est inférieure à 5% (0,0017 à 0,05%). Il indique également que la statistique observée dans la table de Fisher est 3,91 à 5 et 55 degrés de liberté au seuil de 5%. On peut donc conclure que l'hypothèse nulle est rejetée et le modèle est globalement significatif.

Tableau 111 : Résultats du test de cointégration des équations pour l'estimation des paramètres du modèle pour les précipitations d'Ebolowa

Source	SS	df	MS	Number of obs = 61		
Model	1.35930147	5	.271860295	F(5, 55) =	4.47	
Residual	3.34275533	55	.06077737	Prob > F =	0.0017	
				R-squared =	0.2891	
				Adj R-squared =	0.2245	
Total	4.70205681	60	.078367613	Root MSE =	.24653	

Equation	Parms	chi2	P>chi2
_ce1	8	155.5193	0.0000

Identification: beta is exactly identified

Johansen normalization restriction imposed

beta	Coef.	Std. Err.	z	P>|z|	[95% Conf. Interval]	
_ce1						
prcipmarsebolowa	1	.	.	.	.	.
latdcmarsaore	.2214579	.109801	2.02	0.044	.0062519	.4366639
latdcmarsstehelne	-.1172097	.4200537	-0.28	0.780	-.9404998	.7060805
londcmarsaore	.611989	.1930862	3.17	0.002	.2335469	.990431
londcmarsstehelne	.0243342	.0391449	0.62	0.534	-.0523885	.1010568
tempdcmarsaore	-10.22549	1.887712	-5.42	0.000	-13.92534	-6.525643
tempdcmarsstehelne	4.052372	1.971273	2.06	0.040	.1887483	7.915997
prssiondcmarsaores	28.04478	5.519872	5.08	0.000	17.22603	38.86353
prssiondcmarshelne	68.10916	13.40841	5.08	0.000	41.82916	94.38917
_cons	-654.2133	.	.	.	.	.

Sources : DMN, ASECNA, MINADER, NOAA
Réalisation: Auteur, 2018

Globalement, on peut dire que le modèle est significatif et de bonne qualité, car il y'a au moins une variable dans ce modèle qui explique mieux l'influence des facteurs déterminants des 02 anticyclones subtropicaux sur la précipitation à Ebolowa.

❖ **Etape 4) Estimation de la significativité individuelle des variables**

Deux variables indépendantes (migration en latitude et en longitude de l'anticyclone des îles Sainte Hélène) sur les 07 variables observées présentent une "t-stat" faible en valeur absolue, et sont de ce fait non stationnaires. De plus, l'intervalle de confiance à 95% intègre 0 pour ces deux variables, notamment l'intervalle compris entre -0,94 et 0,7 pour la migration en latitude et celui compris entre -0,052 et 0,1 pour la migration en longitude de l'anticyclone des îles Sainte Hélène. Pour cela, il est impossible de rejeter l'hypothèse H0.

Par ailleurs, les cinq autres variables indépendantes présentent des P-values supérieures en valeur absolue au seuil de 1,67, tel que l'indique la loi de Student. Il s'agit notamment de la migration en latitude et en longitude (2,02), la TSO (5,42) et la pression atmosphérique (5,08) enregistrées au niveau de l'anticyclone des Açores ; la TSO (2,06) et la pression atmosphérique (5,08) enregistrées au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène. Il est à noter que l'intervalle de confiance à 95% pour ces 05 variables ne comprend pas 0. Dans ces conditions, l'hypothèse H0 est rejetée.

En conclusion, les résultats de l'estimatifs révèlent que les cinq variables indépendantes ci-dessus sont statistiquement significatives sur les quantités de précipitations enregistrées à Ebolowa sur la période comprise entre 1950 et 2015.

❖ **Etape 5) Elaboration d'un variogramme de la précipitation à Ebolowa sur la période comprise entre décembre et février de 1950 à 2015**

La figure 116 montre que sur les cinq variables, les intensités des relations sont plus fortes entre les quantités de précipitations enregistrées à Ebolowa et la migration en longitude de l'anticyclone des Açores d'une part (figure 116a), et entre les quantités précipitations et la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène. Il ressort également de cette figure qu'un cas d'aberration est observé entre les TSO enregistrées au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène et les quantités de précipitations enregistrées à Ebolowa.

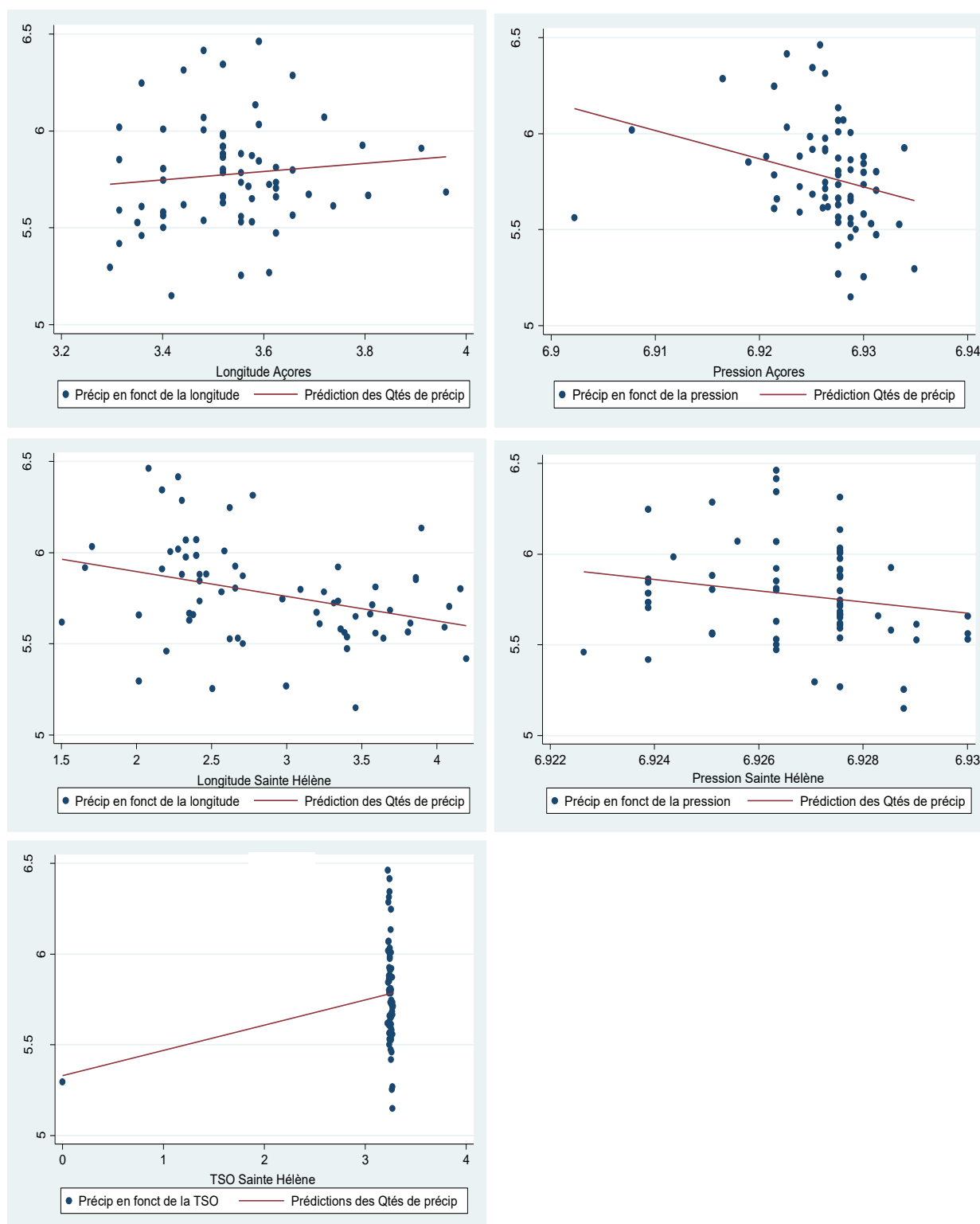


Figure 116 : Variogramme de la pluie à Ebolowa en fonction des facteurs déterminants du climat sur la période comprise entre décembre et février de 1950 à 2015

Sources : DMN, ASECNA, MINADER, NOAA
Réalisation: Auteur, 2018

❖ Etape 6) Interprétation et analyse des résultats de l'estimation

1) Les signes des variables explicatives de la fonction d'attractivité

Les signes des différentes variables explicatives de la fonction d'attractivité sont les suivantes :

- le signe positif obtenu au tableau 111 montre que les chances d'enregistrer des quantités de précipitations au-dessus de la moyenne (154,33mm) à Ebolowa sont élevées lorsque l'anticyclone des Açores migre du Sud vers le Nord dans la partie Nord de l'équateur ;
- le signe négatif observé indique que les chances d'enregistrer des quantités de précipitations au-dessus de la moyenne (154,33mm) à Ebolowa sont élevées lorsque la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores inférieure à la moyenne (26,09°C), inversement les chances d'enregistrer des quantités de précipitations supérieures à la moyenne (154,33mm) à Ebolowa sont élevées lorsque la TSO dudit anticyclone est supérieure à la moyenne (26,09°C) ;
- le signe positif observé indique que les chances d'enregistrer des quantités de précipitations au-dessus de la moyenne (154,33mm) sont élevées à Ebolowa lorsque la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène est supérieure à la moyenne (26,09°C) ;
- le signe positif de la pression atmosphérique enregistrée au niveau des deux anticyclones subtropicaux indiquent que les chances pour que les quantités de précipitations soient supérieures à la moyenne (154,33mm) à Ebolowa sont élevées lorsque la pression atmosphérique desdits anticyclones subtropicaux est supérieure à la moyenne (1018,6hpa pour l'anticyclone des Açores et 1018,9hpa pour l'anticyclone des îles Sainte Hélène).

2) *Elaboration d'une équation logarithmique de régression linéaire des quantités de précipitations à Ebolowa de décembre à février de 1950 à 2015*

L'équation ci-dessous est issue de la régression entre les facteurs déterminants du climat et les quantités de précipitations enregistrées à Ebolowa sur la période comprise entre décembre et février de 1950 à 2015. Les coefficients issus de cette régression s'interprètent comme des élasticités dans la régression. Ainsi pour toute variable avec un impact positif, cela signifierait que le signe de son coefficient est positif et l'impact est négatif dans le cas contraire.

$$\mathbf{Log(Pr)Ebolowa} = -654,21 + 0,22\log(latA\grave{c}) + 0,6119\log(lonA\grave{c}) + 0,024\log(lonSh) + 4,05\log(TSOSh) + 28,04\log(PresA\grave{c}) + 68,1\log(Pres-Sh)$$

$$\begin{array}{cccc} (2,02) & (-0,28) & (3,17) & (2,06) \\ (5,08) & (5,08) & & \end{array}$$

$$Prob(F-statistic) = 0,0017$$

$$R^2 = 0,28.$$

3) *Interprétation des résultats*

Sur les 07 variables indépendantes étudiées, cinq d'entre elles (migration en latitude et en longitude, TSO et pression atmosphérique enregistrées au niveau de l'anticyclone des Açores ; TSO et pression atmosphérique enregistrées au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène) sont statistiquement significatives (tableau 111). La significativité de ces variables confirme l'impact des facteurs déterminants du climat enregistrés au niveau des deux anticyclones subtropicaux sur la pluviométrie à Ebolowa sur la période comprise entre de décembre et février de 1950 à 2015.

Les résultats obtenus indiquent qu'entre les mois de décembre et les mois de février, la pluviométrie d'Ebolowa est le plus influencée par migration en latitude et en longitude, la TSO et la pression barométrique enregistrées au niveau de l'anticyclone des Açores ; la TSO et la pression barométrique enregistrées au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène.

2.5. Précipitations à Mamfe et régression par les Moindres Carrés Ordinaires (MCO) de décembre à février de 1950 à 2015

Etape 1) Résultats du test de Dicker Fuller Augmenté

Les résultats du test de Dicker Fuller Augmenté sont les mêmes que ceux obtenus à la session (6.5).

Etape 2) Description des variables admises par le modèle

Les variables ci-après sont acceptées par le modèle :

- *précipitation à station d'Ebolowa (Pr)Mamfe ;*
- *migration en latitude de l'anticyclone des Açores (log(latAç) ;*
- *migration en latitude de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène (Log(lonSh);*
- *migration en longitude de l'anticyclone des Açores (log(latAç) ;*
- *Température de surface au niveau de l'anticyclone des Açores (log(latAç) ;*
- *Température de surface au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène (Log(TSOSh) ;°*
- *Pression atmosphérique au niveau des Açores (Log(PresAç) ;*

Elaboration d'une équation globale de la régression

$$\text{Log}(\text{Pr})\text{Mamfe} = \beta_0 - \beta_1 \log(\text{latAç}) + \beta_2 \log(\text{latSh}) - \beta_4 \log(\text{lonAç}) + \beta_3 \log(\text{lonSh}) + \beta_5 \log(\text{TSO-Aç}) + \beta_6 \log(\text{TSO-Sh}) - \beta_7 \log(\text{PresAç})$$

Etape 3) Estimation de la significativité globale des variables

La statistique de la Fisher calculée par le logiciel Stata version 2.0 est F=2,95 pour le modèle d'estimation, et la probabilité associée (P>F) est inférieure à 5% (0,019<0,05%) (Tab. 112). La statistique observée dans la table de Fisher est 0,42 (entre 5 et 55 degrés de liberté) au seuil de 5% : donc l'hypothèse nulle est rejetée et le modèle est globalement significatif. Le

même tableau relève que les variables indépendantes sont responsables à 21% (R^2) des cas sur les quantités de précipitations enregistrées à Mamfe.

Tableau 112 : Résultats du test de cointégration pour l'estimation des variables du modèle pour les précipitations de Mamfe de décembre à février

Source	SS	df	MS	Number of obs =	61
Model	2.65784804	5	.531569608	F(5, 55) =	2.95
Residual	9.90477617	55	.180086839	Prob > F =	0.0197
				R-squared =	0.2116
				Adj R-squared =	0.1399
Total	12.5626242	60	.20937707	Root MSE =	.42437

Cointegrating equations

Equation	Parms	chi2	P>chi2
_ce1	8	94.13384	0.0000

Identification: beta is exactly identified

Johansen normalization restriction imposed

beta	Coef.	Std. Err.	z	P>|z|	[95% Conf. Interval]	
_ce1						
prcipmarsmamfe	1	.	.	.	.	.
latdcmarsaore	-34.32575	6.638793	-5.17	0.000	-47.33754	-21.31396
latdcmarsstehelne	43.18822	25.57473	1.69	0.091	-6.937335	93.31378
londcmarsaore	-33.52314	11.58418	-2.89	0.004	-56.22771	-10.81857
londcmarsstehelne	8.839886	2.330452	3.79	0.000	4.272284	13.40749
tempdcmarsaore	233.3283	114.2716	2.04	0.041	9.360099	457.2965
tempdcmarsstehelne	474.5024	118.0065	4.02	0.000	243.2139	705.7909
prssiondcmarsaores	-2658.411	333.6277	-7.97	0.000	-3312.309	-2004.513
prssiondcmarshelne	227.953	810.6445	0.28	0.779	-1360.881	1816.787
_cons	14583.32	.	.	.	.	.

Sources : DMN, ASECNA, MINADER, NOAA
Réalisation: Auteur, 2018

Il ressort de ces résultats que globalement, le modèle est significatif et de bonne qualité, car il y'a au moins une variable indépendante de ce modèle qui explique mieux l'influence des facteurs déterminants des deux anticyclones subtropicaux sur la distribution des quantités de précipitations enregistrées à Mamfe.

❖ Etape 4) Estimation de la significativité individuelle des variables

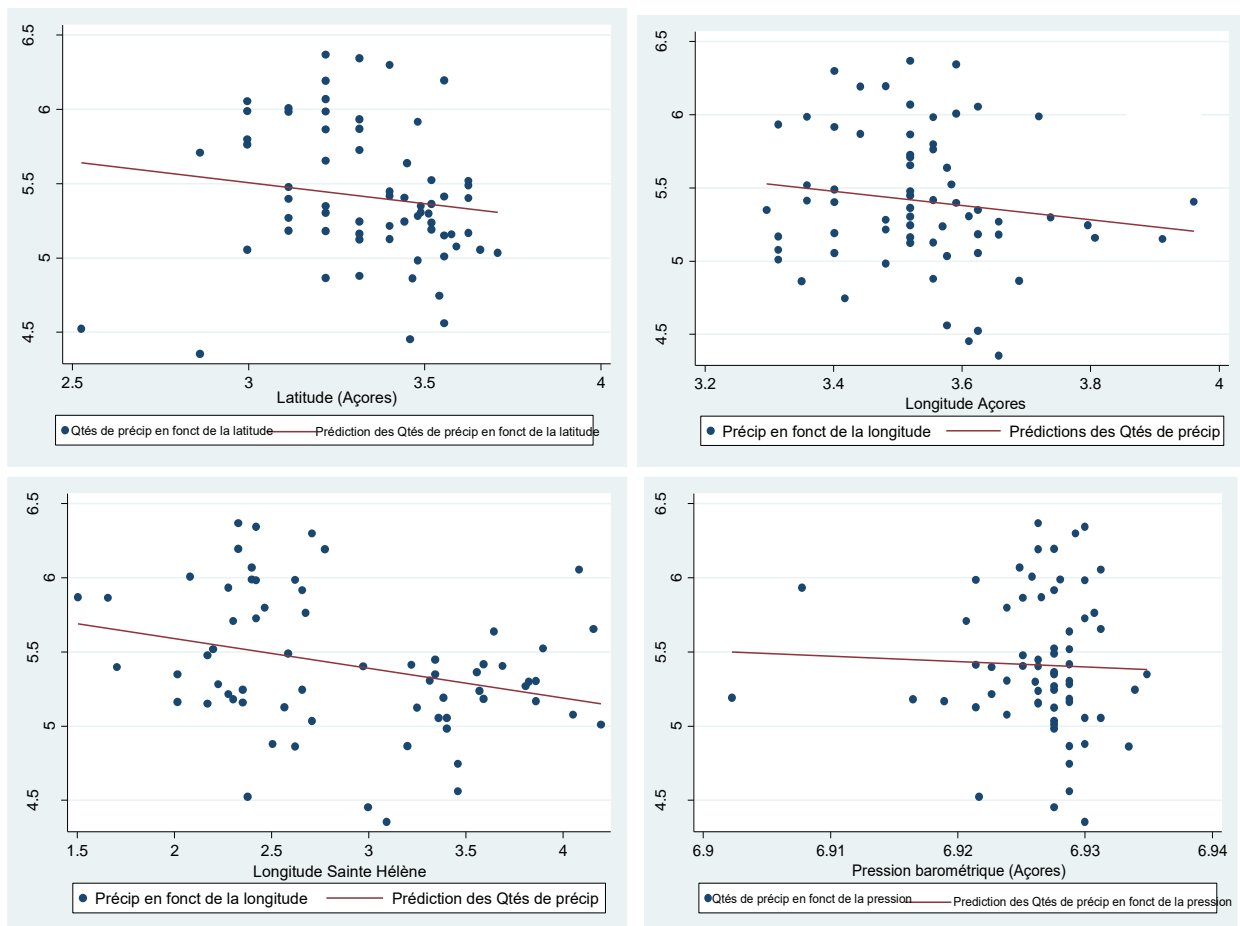
Une variable indépendante (la pression barométrique enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène) sur les 08 observées présente une "t-stat" faible en valeur absolue, elle est de ce fait non stationnaire. Le tableau 112 ci-dessus indique également que l'intervalle de confiance à 95% intègre 0, notamment l'intervalle allant de -1360,8 à 1816,7. De ce fait, il est impossible de rejeter l'hypothèse H0 pour cette variable.

Par ailleurs, les sept autres variables indépendantes présentent des P-value fortes en valeur absolue. Il s'agit notamment de la migration en latitude (-5,17) et en longitude (1,69), TSO (2,04) et pression barométrique (-7,97) enregistrées au niveau de l'anticyclone des Açores ; la migration en latitude (1,69) et en longitude (3,79), la TSO (4,02) enregistrées au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène. Ces P-values sont supérieures en valeur absolue au seuil de 1,67 telle que l'indique la loi de Student. De plus, l'intervalle de confiance à 95% pour ces 07 variables ne comprend pas 0, ce qui permet de rejeter l'hypothèse H0.

En conclusion, il ressort des résultats estimatifs que les sept variables indépendantes sont statistiquement significatives sur la distribution des quantités de précipitations à Mamfe.

❖ Etape 5) Élaboration d'un variogramme de la précipitation à Ngaoundéré de décembre à février de 1950 à 2015

La figure 118 présente la dispersion des nuages de points entre les quantités de précipitations enregistrées à Mamfe et les facteurs déterminants du climat observés au niveau des anticyclones subtropicaux des Açores et des îles Sainte Hélène. En observant les droites des tendances observées, il ressort des résultats obtenus que l'intensité de la relation est globalement faible entre les quantités de précipitations enregistrées à Mamfe et les six facteurs déterminants du climat enregistrés au niveau des deux anticyclones subtropicaux.



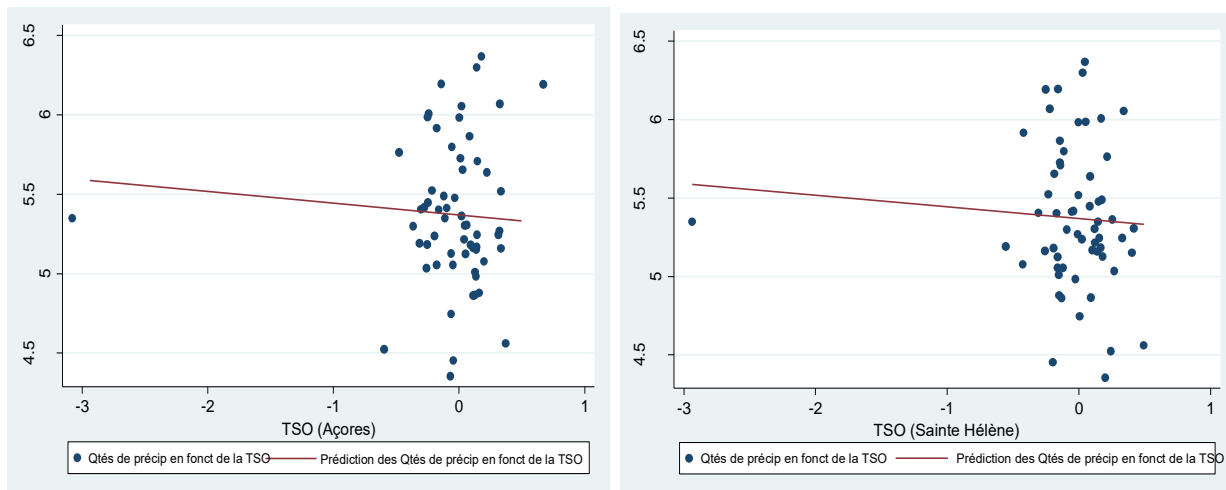


Figure 118 : Variogramme de la précipitation à Mamfe en fonction des facteurs déterminants du climat de décembre à février de 1950 à 2015

*Sources : DMN, ASECNA, MINADER, NOAA
Réalisation Auteur, 2018*

Etape 6) Interprétation et analyse des résultats de l'estimation

1) Les signes des variables explicatives

Les signes des différentes variables explicatives de la fonction d'attractivité sont les suivants:

- les signes négatifs observés au tableau 112 indiquent que les chances d'enregistrer des quantités de précipitations supérieures de la moyenne (92,6mm) sont élevées à Mamfe lorsque l'anticyclone des Açores migre entre 30-45°N et entre 20-60°W, et inversement les chances d'enregistrer des quantités de précipitations inférieures à la moyenne (92,6mm) à Mamfe sont élevées lorsque l'anticyclone des Açores migre entre 45-30°N et entre 60-20°W;
- les signes positifs observés indiquent que les chances d'enregistrer des quantités de précipitations supérieures à la moyenne à Mamfe sont élevées lorsque l'anticyclone des îles Sainte Héléne migre entre 30-45°N et entre 20-60°W;
- les signes positifs observés indiquent que les chances pour que les quantités de précipitations enregistrées à Mamfe soient supérieures de la moyenne (92,6mm) sont élevées lorsque la TSO observée au niveau desdits anticyclones subtropicaux est supérieure à la moyenne (26,09°C pour l'anticyclone des Açores et 25,42°C pour l'anticyclone des îles Sainte Héléne) ;
- le signe positif observé indique que les chances pour que les quantités de précipitations enregistrées à Mamfe soient supérieures à la moyenne (92,6mm) sont élevées lorsque la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores est supérieure à la moyenne (1018,64hpa).

2) *Élaboration d'une équation de régression multiple entre les variables sur la période comprise entre décembre et février à Mamfe*

L'équation ci-dessous est issue de la régression entre les facteurs déterminants du climat et les quantités de précipitations enregistrées entre les mois de décembre et de février de 1950 à 2015 à Mamfe. Ici également, les coefficients s'interprètent comme des élasticités, pour cela lorsqu'une variable a un impact positif, le signe de son coefficient est positif, il est négatif dans le cas contraire.

$$\begin{aligned} \text{Log}(\text{Pr})\text{Mamfe} = & 14583,32 - 34,32 \log(\text{latA}\check{c}) + 43,18 \log(\text{latSh}) - 33,52 \log(\text{lonA}\check{c}) + 8,83 \log(\text{lonSh}) \\ & + 233,3 \log(\text{TSO-A}\check{c}) + 474,5 \log(\text{TSO-Sh}) - 2658,4 \log(\text{PresA}\check{c}) \\ & \quad \quad \quad (-5,17) \quad \quad \quad (1,69) \quad \quad \quad (-2,89) \quad \quad \quad (3,79) \\ & \quad \quad \quad (2,04) \quad \quad \quad (4,02) \quad \quad \quad (-7,97) \\ \text{Prob}(F\text{-statistic}) = & 0,0019 \quad \quad \quad R^2 = 0,21. \end{aligned}$$

Avec (Pr)Mamfe : représente la précipitation enregistrée à Mamfe

3) *Interprétation des résultats*

Sur les 08 variables indépendantes étudiées (la migration en latitude et en longitude, la TSO et la pression barométrique enregistrées au niveau de l'anticyclone des Açores ; la migration en latitude et en longitude, la TSO enregistrées au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène) sont statistiquement significatives sur les quantités de précipitations enregistrées à Mamfe sur la période comprise entre décembre et février de 1950 à 2015. La significativité de ces variables confirme l'impact desdits facteurs observés au niveau des deux anticyclones subtropicaux et les quantités de précipitations enregistrées à Mamfe sur la période comprise entre décembre et février de 1950 à 2015. L'influence desdites facteurs confirme les développements théoriques et des hypothèses émises.

Les résultats de cette analyse indiquent que la pluviométrie de Mamfe subit l'influence des facteurs déterminants du système climatique global. Parmi ces, les plus significatifs sont : la migration en latitude et en longitude, la TSO et la pression barométrique observée au niveau de l'anticyclone des Açores ; la latitude, la longitude et la TSO observée au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène.

2.6. Précipitations à Douala et régression par les Moindres Carrés Ordinaires (MCO) de décembre à février de 1950 à 2015

Etape 1) Résultats du test de Dicker Fuller Augmenté

Les résultats du test de Dicker Fuller Augmenté sont les mêmes que ceux obtenus à la session (6.5).

Etape 2) Description des variables admises par le modèle

Les variables suivantes sont acceptées par le modèle :

- *précipitation à station d'Eboulawa (Pr)Douala ;*
- *migration en latitude de l'anticyclone des Açores (log(latAç) ;*
- *migration en longitude de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène (Log(lonSh);*
- *Température de surface au niveau de l'anticyclone des Açores (log(latAç) ;*
- *Pression atmosphérique au niveau de, l'île Sainte Hélène (Log(PresSh) ;*

Elaboration d'une équation globale de la régression

$$\text{Log(Pr)Douala} = \beta_0 - \beta_1 \log(\text{latAç}) + \beta_2 \log(\text{lonSh}) + \beta_3 (\log \text{TSOAç}) + \beta_3 \log(\text{TSO-PresAç}) - \beta_4 \log(\text{Pres Sh})$$

Etape 3) Estimation de la significativité globale des variables

Le logiciel Stata version 2.0 a permis de calculer le statistique de la Fisher pour la précipitation de Douala qui est $F=2,7$ et la probabilité associée est inférieure à 5% ($0,017 < 0,05\%$) (tableau 113). Par ailleurs, la table de Fisher comprise entre 7 et 58 degrés de liberté au seuil de 5% est 0,38. On peut donc rejeter l'hypothèse nulle et conclure que le modèle est globalement significatif.

Tableau 113 : Résultats de l'estimation des paramètres du modèle sur la période allant de décembre à février pour les précipitations de de Douala

Source	SS	df	MS	Number of obs = 66		
Model	2.78269696	7	.397528137	F(7, 58) =	2.70	
Residual	8.5527789	58	.147461705	Prob > F =	0.0173	
				R-squared =	0.2455	
				Adj R-squared =	0.1544	
Total	11.3354759	65	.174391936	Root MSE =	.38401	

prcipmarsdouala	Coef.	Std. Err.	t	P>|t|	[95% Conf. Interval]	
latdcmarsaore	-.2201769	.2288365	-0.96	0.340	-.6782429	.237889
londcmarsaore	-.3923743	.3870929	-1.01	0.315	-1.167225	.3824763
londcmarsstehelne	-.1416125	.0753714	-1.88	0.065	-.2924846	.0092597
tempdcmarsaore	8.276184	3.247955	2.55	0.014	1.774695	14.77767
tempdcmarsstehelne	-8.236267	3.250297	-2.53	0.014	-14.74244	-1.730091
prssiondcmarsaores	11.95271	10.35626	1.15	0.253	-8.777603	32.68303
prssiondcmarshele	-37.63983	29.19689	-1.29	0.202	-96.08375	20.80409
_cons	185.9718	221.7867	0.84	0.405	-257.9825	629.9262

Ledit test révèle un coefficient de détermination de 24%, ce qui signifie que globalement, 03 variables (la TSO observée au niveau de l'anticyclone des Açores, la migration en longitude et la TSO observées au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène) influencent à hauteur de 24%, la distribution des quantités de précipitations à Douala.

❖ Etape 4) Estimation de la significativité individuelle des variables

Pour Douala, 04 variables (migrations en latitude et en longitude, pression atmosphérique enregistrées au niveau de l'anticyclone des Açores ; la pression atmosphérique observée au

niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène) sur les 07 variables retenues présentent une "t-stat" faible en valeur absolue, elles sont donc non stationnaires. De plus, l'intervalle de confiance à 95%, allant de :

- -0,67 à 0,23, intègre 0 pour la migration en latitude de l'anticyclone des Açores;
- -1,16 à 0,38 intègre 0 pour la migration en longitude de l'anticyclone des Açores ;
- -8,77 à 32,68 intègre 0 pour la pression atmosphérique observée au niveau de l'anticyclone des Açores ;
- -96,08 à 20,8 intègre 0 pour la pression atmosphérique observée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène.

De ce fait, il est impossible de rejeter l'hypothèse H0 pour ces 04 variables.

Par ailleurs, les 03 autres variables (TSO Açores (2,55), longitude (-1,88) et TSO (-2,53) enregistrées au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène) présentent des P-values plus importantes. Ces P-values sont supérieures en valeur absolue au seuil de 1,67 d'après la loi de Student. De plus l'intervalle de confiance à 95% pour ces 03 variables ne comprend pas 0. Dans ces cas l'hypothèse H0 sera rejetée.

Au vu de la probabilité qui leur est attribuée, les résultats de l'estimation montrent que les trois variables (TSO Açores, longitude et TSO enregistrées au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène) sur les 08 étudiées présentent des résultats statistiquement significatifs sur la pluviométrie de Douala.

❖ **Étape 5) Élaboration d'un variogramme de la précipitation à Douala de décembre à février de 1950 à 2015**

La figure 130 présente le nuage de points entre les quantités de précipitations enregistrées à Douala et les trois variables qui présentent une relation significative avec lesdites précipitations. La même figure indique que la concentration des nuages de points sur la droite de régression est très importante entre la migration en longitude de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène et les quantités de précipitations à Douala. Il ressort également de cette figure que deux cas d'aberration sont observés entre les TSO observées au niveau des deux anticyclones subtropicaux et les quantités de précipitations enregistrées à Douala.

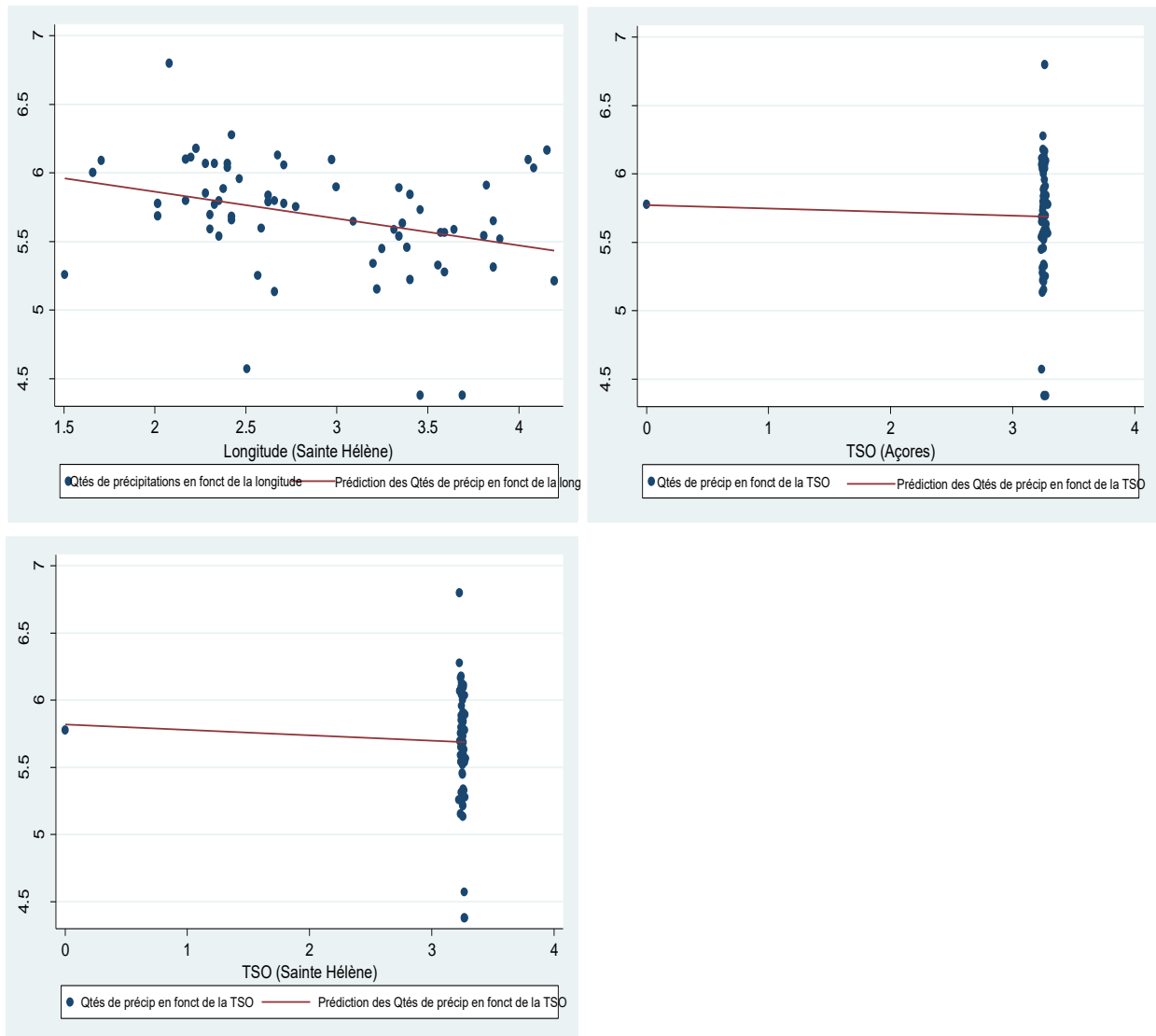


Figure 94: Variogramme de la pluie à Douala en fonction des facteurs déterminants du climat de décembre à février de 1950 à 2015

Sources : DMN, ASECNA, MINADER, NOAA
Réalisation: Auteur, 2018

❖ Etape 6) Interprétation et analyse des résultats de l'estimation

4) Signes des variables explicatives

Les signes des différentes variables explicatives s'expriment de la manière suivante :

- le signe négatif observé au tableau 113 indique que les chances pour que les quantités de précipitations enregistrées soient supérieures à la moyenne (147,66mm) à Douala sont élevées lorsque l'anticyclone des îles Sainte Hélène migre de 30-50°N, inversement les chances pour que les quantités de précipitations enregistrées soient inférieures à la moyenne (147,66mm) à Douala sont élevées lorsque ledit anticyclone migre de de 50-30°N ;
- le signe positif de la TSO observé indique que les chances pour que les quantités de précipitations enregistrées soient supérieures à la moyenne (147,66mm) à Douala sont

élevées lorsque la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores est supérieure à la moyenne (26,09°C);

- le signe négatif de la TSO observé indique que les chances pour que les quantités de précipitations enregistrées à Douala soient supérieures à la moyenne (147,66mm) sont élevées lorsque la TSO de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène est inférieure à la moyenne (24,42°C), et inversement les chances pour que les quantités de précipitations enregistrées soient inférieures à la moyenne (147,66mm) à Douala sont élevées lorsque la TSO dudit anticyclone est supérieure à la moyenne (24,42°C).

5) *Élaboration d'une équation de régression multiple entre les variables sur la période comprise entre décembre et février à Douala*

L'équation ci-dessous est issue de la régression entre les facteurs déterminants du climat et les quantités de précipitations enregistrées entre les mois de décembre et de février de 1950 à 2015 à Douala. Ici également, les coefficients s'interprètent comme des élasticités, pour cela lorsqu'une variable a un impact positif, le signe de son coefficient est positif, il est négatif dans le cas contraire.

$$\text{Log}(Pr)\text{Douala} = 185,97 - 0,2201\log(\text{latA}\check{c}) - 0,3923\log(\text{lonA}\check{c}) - 0,1416\log(\text{lonSh}) + 8,276184\log(\text{TSOA}\check{c}) - 8,2362\log(\text{TSOSh}) + 11,9527\log(\text{PresA}\check{c}) - 37,63\log(\text{PresSh})$$

$$\begin{array}{cccc} & (-0,96) & (-1,01) & (-1,88) & (2,55) \\ (-2,53) & (1,15) & (-1,29) & & \end{array}$$

$$\text{Prob}(F\text{-statistic}) = 0,017 \qquad R^2 = 0,24.$$

6) *Interprétation des résultats*

De ce qui précède, il ressort que trois variables indépendantes sont statistiquement significatives et de ce fait exercent une influence sur la dynamique des quantités de précipitations enregistrées à Douala pour la période allant du mois de décembre au mois de février de 1950 à 2015. Il s'agit notamment de la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores, de la migration en longitude et de la TSO enregistrées au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène. La significativité de ces 03 variables confirme l'impact des facteurs déterminants du climat observé au niveau des deux anticyclones subtropicaux sur la pluviométrie à Douala sur la période allant de décembre à février de 1950 à 2015. La variation de l'impact de ces trois variables confirme les développements théoriques et des hypothèses émises.

Il ressort des résultats obtenus que la pluviométrie de Douala subit l'influence des facteurs climatiques globaux dont les plus significatifs sont entre autres : la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores, la migration en longitude et la TSO enregistrées au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène.

3. RÉGRESSION PAR LES MOINDRES CARRÉS ORDINAIRES (MCO) DES VARIABLES SUR LA PERIODE COMPRISE ENTRE JUIN ET AOUT DE 1950 À 2015

3.1. Précipitations à Yaoundé et régression par les Moindres Carrés Ordinaires (MCO) de juin et d'août de 1950 à 2015

✚ Etape 1) Résultats du test de Dicker Fuller Augmenté

Le test de Dicker Fuller Augmenté a été effectué au tableau 114 entre les migrations en latitude, en longitude, la TSO et la pression atmosphérique, enregistrées au niveau de l'anticyclone des Açores, les migrations en latitude, en longitude, la TSO et la pression atmosphérique, enregistrées au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène entre les mois de juin et d'août de 1950 à 2015 pour établir la stationnarité entre les variables. Il ressort des résultats de ces tests que les migrations en latitude, en longitude et la pression atmosphérique enregistrées au niveau de l'anticyclone des Açores, les migrations en latitude, en longitude et la pression atmosphérique enregistrées au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène sont stationnaires à niveau, donc intégrées d'ordre 0. Par contre, les variables TSO enregistrées au niveau des deux anticyclones subtropicaux ne sont pas stationnaires à niveau. Pour les rendre stationnaires, il a fallu les transformer en différence première, dont intégrées d'ordre 1. Pour cela, il y'a risque de cointégration.

Tableau 114 : Test de stationnarité de Dickey-Fuller Augmenté des variables (enregistrées au niveau des deux anticyclones subtropicaux entre les mois de juin et d'août) du modèle

Variables		A niveau	Dif 1ère	Dif 2ème	Dif 3ème	Dif 4ème
Açores	LnLatitude	-7,218***	/	/	/	/
	LnLongitude	-6,071***	/	/	/	/
	LnTSO	-0,16	0,17	-1,05	-2,06***	/
	LnPression atm	-8,288***	/	/	/	/
Ste Hélène	LnLatitude	-6,612***	/	/	/	/
	LnLongitude	-7,306***	/	/	/	/
	LnTSO	-0,623	-0,546	-0,315	-0,954	-3,558***
	LnPression atm	-8,041***	/	/	/	/

(***, ** et * correspondent respectivement à la significativité au seuil 1%, 5% et 10%)

✚ Etape 2) Description des variables admises par le modèle

❖ Les variables suivantes sont acceptées par le modèle :

- Précipitation à station d'Ebolowa (**Pr**) Yaoundé ;

- Migration en longitude de l'anticyclone des Açores ($\log(\text{latAç})$);
- Migration en longitude de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène ($\text{Log}(\text{lonSh})$);
- Température de surface au niveau de l'anticyclone des Açores ($\log(\text{latAç})$);
- Température de surface au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène ($\text{Log}(\text{lonSh})$);
- Pression atmosphérique au niveau de, l'île Sainte Hélène ($\text{Log}(\text{PresSh})$).

❖ **Elaboration d'une équation globale de la régression**

$$\text{Log}(\text{Pr})_{\text{Yaoundé}} = \beta_0 + \beta_1 \log(\text{lonAç}) + \beta_2 \log(\text{lon Sh}) + \beta_3 \log(\text{TSOAç}) + \beta_4 \log(\text{TSOSh}) + \beta_5 \log(\text{Pres Sh})$$

✚ **Etape 3) Estimation de la significativité globale des variables**

Pour ce modèle, la statistique de la Fisher calculée par le logiciel Stata 2.0 est $F=2,25$, et la probabilité associée ($P>F$) est inférieure à 5% ($0,033 < 0,05\%$). La statistique observée dans la table de Fisher entre 9 et 51 degrés de liberté au seuil de 5% est 0,6 : donc l'hypothèse nulle est rejetée et le modèle est globalement significatif.

Il ressort de cette analyse que globalement, le modèle est significatif et de bonne qualité, car il y'a au moins une variable indépendante de ce modèle qui explique bien l'influence des facteurs déterminants des deux anticyclones subtropicaux sur la pluviométrie à Yaoundé.

✚ **Etape 4) Estimation de la significativité individuelle des variables**

Le même tableau 114 révèle que trois variables indépendantes (la TSO (1,31) enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores, la migration en longitude (1,25) et la TSO enregistrées au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène (1,11)) présentent une "t-stat" faible en valeur absolue, elles sont donc non stationnaires. De plus, les intervalles de confiance à 95% intègrent 0 pour les valeurs comprises entre -2,7 et 1,16 pour la TSO enregistrée au niveau des Açores, entre -2,7 et 0,58 pour la migration en longitude et entre -1,15 et 0,33 pour la TSO enregistrée au niveau des îles Sainte Hélène. Au vu de ces résultats, il est impossible de rejeter l'hypothèse H_0 . De ce fait, ces 03 variables ne sont pas significatives.

Tableau 114 : Résultats de l'estimation des paramètres du modèle pour les précipitations de Douala de juin à août

Source	SS	df	MS			
Model	5.22138573	5	1.04427715	Number of obs =	61	
Residual	20.5998352	55	.374542458	F(5, 55) =	2.79	
				Prob > F =	0.0258	
				R-squared =	0.2022	
				Adj R-squared =	0.1297	
Total	25.8212209	60	.430353682	Root MSE =	.612	

pryaoudja	Coef.	Std. Err.	t	P>|t|	[95% Conf. Interval]	
lonaja	-.3853491	.2249517	-1.71	0.092	-.8361624	.0654641
lonshja	-.1099017	.0837987	-1.31	0.195	-.2778381	.0580348
dddddtaja	.4455163	.3573015	1.25	0.218	-.2705318	1.161564
dddddtshja	-.4094808	.3696704	-1.11	0.273	-1.150317	.3313553
pshja	-114.2851	45.8815	-2.49	0.016	-206.2336	-22.33647
_cons	798.5462	317.9306	2.51	0.015	161.399	1435.693

Sources : DMN, ASECNA, MINADER, NOAA
Réalisation: Auteur, 2018

En outre, deux variables indépendantes (la migration en longitude de l'anticyclone des Açores et la pression barométrique enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène) sur les 08 observées présentent une "t-stat" fortes en valeur absolue, supérieures au seuil de 1,67 telle que prévoit la loi de Student. De même, l'intervalle de confiance à 95% pour ces 02 variables ne comprend pas 0, ce qui permet de rejeter l'hypothèse H0.

Il ressort des résultats estimatifs ci-dessus que de juin à août de 1950 à 2015, deux variables indépendantes, notamment : la migration en longitude de l'anticyclone des Açores et la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène sont statistiquement significatives.

Etape 5) Elaboration d'un variogramme de la précipitation sur la période comprise entre les mois de juin et d'août de 1950 à 2015 à Yaoundé

Deux variables (migration en longitude de l'anticyclone des Açores et la pression atmosphérique enregistrées au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène) présentent une dispersion aléatoire des nuages de points sur la droite de régression au niveau des deux anticyclones subtropicaux (figure 119). De plus le sens des tendances des droites de régression indique que l'intensité de la relation est faible et contradictoire entre les variables.

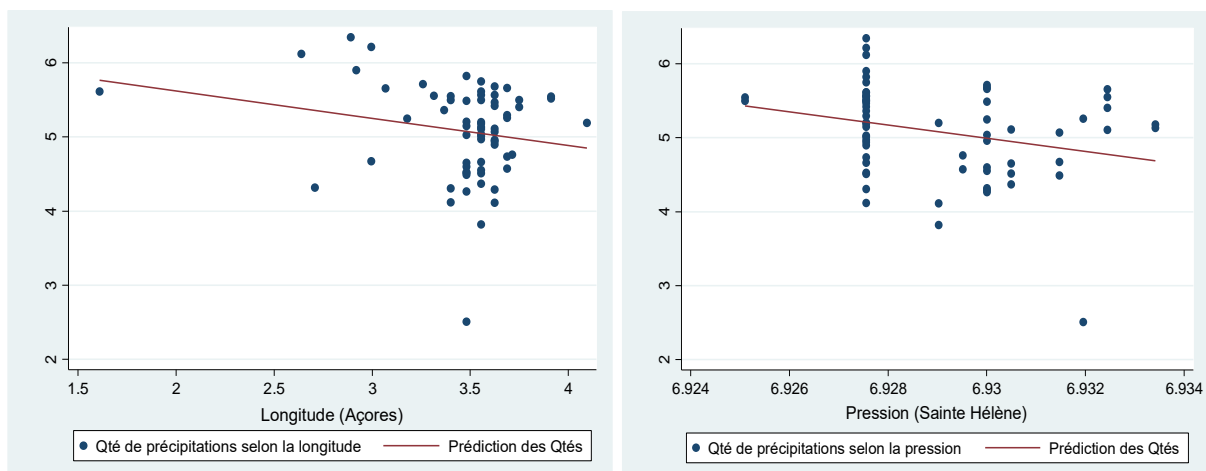


Figure 120 : Variogramme de la pluie à Yaoundé en fonction des facteurs déterminants du climat de juin à août de 1950 à 2015

Sources : DMN, ASECNA, MINADER, NOAA
Réalisation : Auteur, 2018

Etape 6) Interprétation et analyse des résultats de l'estimation

1) Les signes des variables explicatives

Les différents signes des variables explicatives de la fonction d'attractivité sont entre autres :

- le signe négatif observé au tableau 114 indique que les chances d'enregistrer des quantités de précipitations au-dessus de la moyenne (345mm) à Yaoundé sont élevées lorsque l'anticyclone des Açores migre de 30-50°N, et inversement lorsque l'anticyclone des Açores migre de 50-30°N;
- le signe négatif indique que les chances pour que les quantités de précipitations enregistrées à Yaoundé soient inférieures à la moyenne (345mm) sont élevées lorsque la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène est supérieure à la moyenne (1018,9hpa), inversement les chances pour que les quantités de précipitations enregistrées à Yaoundé soient supérieures à la moyenne (345mm) sont élevées

lorsque la pression atmosphérique enregistrée au niveau dudit anticyclone est inférieure à la moyenne (1018,9hpa).

2) *Élaboration d'une équation de régression multiple entre les variables sur la période comprise entre juin et août à Yaoundé*

L'équation ci-dessous est issue de la régression entre les facteurs déterminants du climat et les quantités de précipitations enregistrées entre les mois de juin et d'août de 1950 à 2015 à Yaoundé.

$$\mathbf{Log(Pr)Yaoundé} = 798,54 - 0,385 \log(lonAç) - 0,1099 \log(lonSh) + 0,4455 \log(TSOAç) + 0,4094 \log(TSOSh) - 144,28 \log(Pres Sh)$$

$$\begin{matrix} & (-1,71) & (-1,31) & (1,25) & (-1,11) \\ (-2,49) & & & & \end{matrix}$$

$$Prob(F\text{-statistic}) = 0,02 \quad R^2 = 0,20.$$

3) *Interprétation des résultats statistiquement significatifs*

Deux variables (la migration en longitude de l'anticyclone des Açores et la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène) sur les 08 étudiées sont statistiquement significatives. La significativité de ces variables confirme l'impact des facteurs déterminants du climat enregistrés au niveau des deux anticyclones subtropicaux sur la pluviométrie à Yaoundé de juin à août de 1950 à 2015. L'influence de ces variables confirme le développement théorique et les hypothèses émises.

Entre juin et août de 1950 à 2015, la pluviométrie de Yaoundé subit l'influence des facteurs déterminants globaux, parmi lesquels les plus significatifs sont la migration en longitude de l'anticyclone des Açores et la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène.

3.2. Précipitations à Bamenda et régression par les Moindres Carrés Ordinaires (MCO) de juin et d'août de 1950 à 2015

✚ Etape 1) Résultats du test de Dicker Fuller Augmenté

Les résultats du test de Dicker Fuller Augmenté sont les mêmes que ceux obtenus à la session (6.1).

✚ Etape 2) Description des variables admises par le modèle

❖ Les variables ci-après sont acceptées par le modèle :

- Précipitation à station d'Ebolowa (**Pr**)Bamenda ;
- Migration en latitude de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène ($\log(latSh)$);
- Migration en longitude de l'anticyclone des Açores ($\log(lonAç)$);
- Température de surface au niveau de l'anticyclone de l'île Sh ($\log(TSh)$);
- Pression atmosphérique au niveau de l'anticyclone de l'île Sh ($\log(PresSh)$).

❖ **Elaboration d'une équation globale de la régression**

$$\text{Log}(Pr)\text{Bamenda} = \beta_0 + \beta_1 \log(\text{latSh}) + \beta_2 \log(\text{TSO A}\zeta) + \beta_3 \log(\text{TSOSh}) + \beta_4 \log(\text{Pre})$$

✚ **Etape 3) Estimation de la significativité globale des variables**

Le tableau de régression pour le modèle d'estimation (tableau 115) a permis de fixer la statistique de la Fisher $F=2,65$, et la probabilité associée ($P>F$) inférieure à 5% ($0,041 < 0,05\%$). Ainsi, la statistique observée dans la table de Fisher au seuil de 5% est 0,19 entre 4 et 61 degrés de liberté. Ce qui permet de rejeter l'hypothèse nulle H_0 et de considérer le modèle comme globalement significatif. Par ailleurs, le même tableau 130 relève un degré de détermination de 9% (R^2) des cas des variables indépendantes sur les quantités de précipitations enregistrées à Bamenda de 1950 à 2015.

Tableau 115 : Résultats de l'estimation des paramètres du modèle pour les précipitations de Bamenda de juin à août

Source	SS	df	MS			
Model	.394989445	4	.098747361	Number of obs =	66	
Residual	2.27633759	61	.03731701	F(4, 61) =	2.65	
Total	2.67132704	65	.041097339	Prob > F	= 0.0418	
				R-squared	= 0.1479	
				Adj R-squared	= 0.0920	
				Root MSE	= .19318	

prbamendaja	Coef.	Std. Err.	t	P>|t|	[95% Conf. Interval]	
latshja	-.3849505	.2658638	-1.45	0.153	-.9165779	.146677
taja	2.90459	1.46281	1.99	0.052	-.0204797	5.82966
tshja	-3.018938	1.538059	-1.96	0.054	-6.094477	.0566012
pshja	-29.21826	13.0855	-2.23	0.029	-55.38432	-3.052186
_cons	210.3656	90.66017	2.32	0.024	29.07933	391.6518

Sources : DMN, ASECNA, MINADER, NOAA
Réalisation: Auteur, 2018

Il ressort que globalement, le modèle est significatif et de bonne qualité, car il y'a au moins une variable indépendante de ce modèle qui explique le mieux l'influence des facteurs déterminants des deux anticyclones subtropicaux sur la période comprise entre juillet et août de 1950 à 2015 sur les quantités de précipitations enregistrées à Bamenda.

✚ **Etape 4) Estimation de la significativité individuelle des variables**

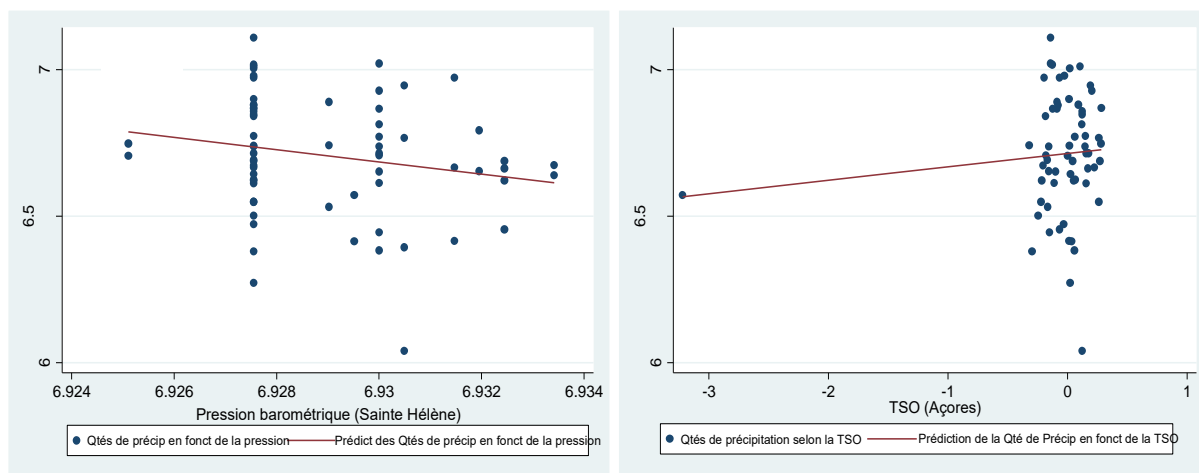
Une variable indépendante (la migration en latitude de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène) sur les 04 retenues présentent une "t-stat" faible (1,45) en valeur absolue, elle est donc non stationnaire. De plus, l'intervalle de confiance à 95%, pour cette variable allant de -0,91 à 0,14 observée au niveau dudit anticyclone intègrent 0. De ce fait, il est impossible de rejeter l'hypothèse H_0 .

En outre, les trois autres variables indépendantes (TSO (1,99) au niveau de l'anticyclone des Açores ; TSO (-1,96) et pression atmosphérique (-2,23) enregistrées au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène) présentent des P-values fortes en valeur absolue, supérieures au seuil de 1,67, telles que le prévoit la loi de Student. Par ailleurs, l'intervalle de confiance à 95% pour ces 03 variables ne comprend pas 0, ce qui permet de rejeter l'hypothèse H0.

Il ressort des résultats estimatifs que les trois variables indépendantes (TSO au niveau de l'anticyclone des Açores ; TSO et pression atmosphérique enregistrées au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène) sont statistiquement significatives.

✚ Etape 5) Elaboration d'un variogramme de la précipitation sur la période comprise entre les mois de juin et d'août de 1950 à 2015 à Bamenda

L'utilisation des nuages de points a permis d'évaluer l'intensité de la relation entre les différentes variables. Il ressort de la figure 121 que les trois variables (pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène et la TSO enregistrée au niveau des deux anticyclones subtropicaux). Ladite figure révèle que la relation est inverse entre la pression barométrique enregistrée au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène et les quantités de précipitation à Bamenda, tandis que la relation est non linéaire entre les quantités de précipitations et la TSO enregistrée au niveau des deux anticyclones subtropicaux.



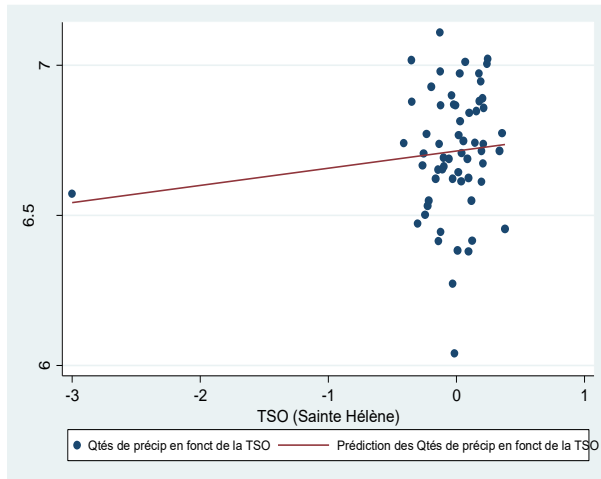


Figure 121 : Variogramme de la pluie à Bamenda en fonction des facteurs déterminants du climat de juin à août de 1950 à 2015

❖ Etape 6) Interprétation et analyse des résultats de l'estimation

1) Les signes des variables explicatives

Les signes des différentes variables explicatives de la fonction d'attractivité sont les suivantes :

- le signe positif observé au tableau 115 indique que les chances pour que les quantités de précipitations enregistrées à Bamenda soient supérieures à la moyenne (1119,8mm) sont élevées lorsque la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores est supérieure à la moyenne (27,14°C);
- le signe négatif observé au tableau 123 indique que les chances pour que les quantités de précipitations enregistrées à Bamenda soient inférieures à la moyenne (1119,8mm) sont élevées lorsque la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène est supérieure à la moyenne (23,75°C), inversement les chances pour que les quantités de précipitations enregistrées à Bamenda soient supérieures à la moyenne (1119,8mm) sont élevées lorsque ladite TSO est inférieure à la moyenne (23,75°C);
- le signe négatif observé au tableau 123 indique que les chances pour que les quantités de précipitations enregistrées à Bamenda soient supérieures à la moyenne (1119,8mm) sont élevées lorsque la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène est inférieure à la moyenne (23,75°C), et inversement les chances pour que les quantités de précipitations enregistrées à Bamenda soient inférieures à la moyenne (1119,8mm) sont élevées lorsque ladite pression enregistrée au niveau dudit anticyclone tropical est supérieure à la moyenne (23,75°C).

2) *Elaboration d'une équation de régression multiple sur la période comprise entre juin et août de 1950 à 2015*

L'équation ci-dessous est issue de la régression linéaire entre les différentes variables utilisées dans le modèle sur la période comprise entre juin et août de 1950 à 2015 pour la station de Bamenda. Pour ce modèle, les coefficients s'interprètent comme des élasticités, c'est ainsi que lorsqu'une variable a un impact positif, le signe de son coefficient est positif, il est négatif dans le cas contraire.

$$\text{Log(Pr)Bamenda} = 210,3656 - 0,38495 \log(\text{latSh}) + 2,9045 \log(\text{TSOA}\zeta) - 3,0189 \log(\text{TSOS}h) - 29,218 \log(\text{Pres}h)$$

$$(-1,45) \quad (1,99) \quad (-1,96) \dots \quad (-2,23)$$

$$\text{Prob}(F\text{-statistic}) = 0,041 \quad R^2 = 0,14.$$

Avec (Pr) Bamenda : *Quantités de précipitations enregistrées à la station de Bamenda*

3) *Interprétation des résultats*

Trois variables indépendantes (TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores ; TSO et pression barométrique enregistrées au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène) sur les 08 étudiées sont statistiquement significatives, dont exercent une influence sur les quantités de précipitations enregistrées à Bamenda sur la période comprise entre juin et août 1950 à 2015. La significativité de ces variables confirme l'impact des facteurs déterminants du climat enregistrés au niveau des deux anticyclones subtropicaux sur la pluviométrie à Bamenda de juin à août de 1950 à 2015. L'influence de ces trois variables confirme les développements théoriques et des hypothèses émises.

Entre juin et août de 1950 à 2015, la pluviométrie de Bamenda subit l'influence des facteurs déterminants globaux dont les plus significatifs sont la TSO au niveau de l'anticyclone des Açores, la TSO et la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des îles Sainte Hélène.

4. LIMITES DU MODELE

Bien que ce model présente des résultats significatifs, de nombreuses limites subsistent et pourraient être l'objet d'une amélioration. Parmi les limites, on note l'insuffisance des variables. En effet, pour rendre plus robuste, le modèle devra être étoffé de variables, dans un contexte global ou d'autres centres d'actions atmosphériques existent et exercent une influence tout aussi significatives sur le climat local. Parmi des facteurs note l'existence des épisodes El Niño, des anticyclones Egypto-Lybien, de l'Afrique du Sud, des Mascareignes, la dépression Equatoriale, la migration du Front Inter Tropical. De plus, le modèle pourra être fournit des données relatives

aux facteurs locaux qui exercent une influence toute aussi significative sur la dynamique du climat local.

DISCUSSION

Les études de Giles Mahé (2006) sur « la variabilité pluie-débit en Afrique de l'Ouest et Centrale au 20^{ème} siècle » ont permis de montrer par des méthodes quantitatives comment les régimes hydro-climatiques subissent la variabilité des pluies. Cette variabilité est fonction de facteurs liés à la distribution spatio-temporelle des pluies et à l'évolution de l'occupation du sol et des états de surface, ceci variant suivant les régions. Un examen plus approfondi des relations pluies-débits a permis d'avoir une connaissance plus approfondie sur les régimes climatiques liés à la mousson ouest-africaine et d'éclairer utilement notre compréhension sur ce type de relations.

Les résultats de ces travaux ont montré que l'humidité au passage plus ou moins prolongé du flux de mousson en provenance de la partie Sud de l'Océan Atlantique, où l'on retrouve l'anticyclone de l'île Sainte Hélène est majoritairement à l'origine des pluies dans toute l'Afrique de l'Ouest, la façade occidentale de l'Afrique Centrale et le nord de l'Angola. Les variations climatiques en régions tropicales et équatoriales sont donc en partie liées aux variations de l'activité du flux de mousson. Par ailleurs, la variabilité des précipitations de ce fait, peut être analysée à travers le suivi de facteurs atmosphériques et océaniques qui influencent sur les différentes phases d'activité du flux de mousson, de l'évaporation et à la circulation des masses d'air au-dessus de l'Océan, jusqu'aux mécanismes générateurs de pluies.

A partir des analyses statistiques multi variées, Janicot (1992), Fontaine et Janicot (1992) ont pu établir la relation de causalité entre la variabilité du contenu en vapeur d'eau, du flux de vapeur d'eau et le flux de mousson ; les relations entre la variabilité des précipitations et les vents méridiens et zonaux sur plusieurs niveaux de pression, et en particulier les jets africains et tropicaux au-dessus de l'Afrique de l'Ouest, qui soufflent d'est en ouest. Ces études ont également permis d'établir un lien de causalité entre la variabilité climatique et la position en latitude de la zone de convergence intertropicale (ZCIT) le long du méridien 28°W, et d'avoir une idée plus précise sur l'état d'équilibre entre les masses d'air boréales et australes.

Dans la même veine, les travaux de Hastenrath (1984, 1991) bien que parcellaires, se sont intéressés aux relations entre l'atmosphère et la ZITC au-dessus de l'Atlantique et les pluies en Afrique. Sans ignorer les travaux de Gu et Adler (2006) sur les relations entre TSM, ZITC et le climat global, qui ont pu repérer les positions de la ZITC à partir des estimations des pluies par satellite. Les résultats de ces estimations indiquent une relation positive entre la position en latitude de la ZITC et le signal ENSO uniquement entre avril et juillet. D'autres travaux comme

ceux de Janicot (1996) avaient établies une relation étroite entre les pluies en Afrique de l'Ouest et le signal ENSO.

Dans le cadre de cette recherche, l'usage des méthodes quantitatives, notamment les MCO et les tests de corrélation multifactoriels a permis d'établir des liens dynamiques de causalité entre les facteurs déterminants du climat observés au niveau des principaux deux anticyclones subtropicaux que sont les Açores et l'île Sainte Hélène et la dynamique spatiale et temporelle de la pluviométrie au Cameroun sur la période comprise entre 1950 et 2015. Il ressort des résultats de cette étude qu'une meilleure connaissance du comportement de ces principaux facteurs permet de mieux comprendre et de prédire la pluviométrie dans la zone du Golfe de Guinée et au Cameroun en particulier.

CONCLUSION

La présente étude avait pour objectif de mettre en évidence le lien dynamique entre les facteurs déterminants du climat observés au niveau des anticyclones des Açores et de l'île Sainte Hélène et la dynamique des quantités de précipitations au Cameroun de 1950 à 2015. Grâce à des méthodes de statistiques inférentielles, notamment les méthodes de régressions par les MCO et les tests de corrélation multifactoriels de Bravais Pearson, pour établir le lien dynamique entre les facteurs déterminants du climat observés au niveau des deux anticyclones subtropicaux et la dynamique spatiale et temporelle des quantités de précipitations au Cameroun de 1950 à 2015. Il ressort des résultats obtenus par le modèle de régression MCO qu'entre le mois de décembre et le mois de mars, la pluviométrie de Ngaoundéré subit l'influence de plusieurs facteurs déterminants du climat parmi lesquels les plus significatifs tels que la migration en longitude et la TSO enregistrées au niveau de l'anticyclone des Açores ; la migration en latitude et la pression barométrique enregistrées au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène. Pour ce qui est de la pluviométrie de Yaoundé sur la même période, l'étude révèle une plus forte influence de la migration en latitude, en longitude et la pression barométrique enregistrées au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène. Pour ce qui est de la pluviométrie de Bertoua, l'influence significative avec la migration en latitude et en longitude, la pression barométrique et de la TSO enregistrées au niveau de l'anticyclone des Açores d'une part, et d'autres parts la migration en longitude, et la TSO enregistrées au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène. Les résultats indiquent une influence significative de la migration en latitude et en longitude et de la TSO et de la pression barométrique, enregistrées au niveau de l'anticyclone des Açores d'une part, et d'autres parts la TSO et la pression barométrique enregistrée au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène sur la distribution des quantités de précipitations à Ebolowa. Les analyses statistiques ont pu relever l'importance de la migration en latitude et en longitude, la TSO et

pression barométrique observés au niveau de l'anticyclone des Açores ; la migration en latitude et en longitude, la TSO observées au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène sur la distribution des quantités de précipitations à Mamfe. Par ailleurs, pour ce qui est de la pluviométrie de Douala, trois principaux facteurs ont été les plus significatifs, notamment la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores, la migration en longitude et la TSO enregistrées au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène. À l'opposé, en élaborant une estimation de la P-value issue de l'observation de la Fisher, grâce au logiciel Stata version 2.0, il ressort des observations que les probabilités de la Fisher entre 5 et 54 degrés de liberté pour la station de Bafoussam et entre 4 et 61 degré de libertés pour la station de Bamenda au seuil de 5% sont toutes supérieures à 0,05%, ce qui a permis de rejeter l'hypothèse nulle et de procéder au test de corrélation de Bravais Pearson pour les deux stations. La réalisation du test de Bravais Pearson a permis de mettre en évidence une liaison significative au degré 5% entre les quantités de précipitations enregistrées à Bafoussam et la migration en latitude au niveau de l'anticyclone des Açores, la migration en longitude au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène, la TSO Açores, la TSO et la pression barométrique enregistrées au niveau de l'île Sainte Hélène. Pour ce qui est de la station de Bamenda, ledit test a permis de mettre en évidence la migration en longitude et la pression barométrique enregistrée au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène sur la même période.

Le test de corrélation de Pearson relève qu'entre les mois d'avril et de juin de 1950 à 2015, la corrélation est significative au seuil 5% entre les quantités de précipitations enregistrées dans les stations de Garoua et de Yaoundé et la migration en latitude de l'anticyclone des Açores. Ledit test mentionne également une significativité au même seuil (5%) entre les quantités de précipitations enregistrées à Bertoua, Bafoussam et Bamenda et la migration en latitude de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène. Il en est de même en ce qui concerne les quantités de précipitations enregistrées à Bertoua, Yaoundé et Bamenda et la migration en longitude de l'anticyclone des Açores. Il a aussi été relevé une corrélation significative au seuil 5% entre les quantités de précipitations enregistrées à Garoua, Ngaoundéré, Bafoussam, Bamenda et Douala et la migration en longitude de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène. Par ailleurs, la corrélation est significative au seuil 5% entre les quantités de précipitations enregistrées à Bertoua, Yaoundé, Bafoussam et Bamenda et la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores, tandis qu'elle est significative au même seuil de significativité entre les quantités de précipitations enregistrées à Ngaoundéré, Yaoundé et Douala et la TSO observée au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène. Il ressort aussi une significativité au seuil de 5%

entre les quantités de précipitations enregistrées à Maroua, Ngaoundéré, Yaoundé et Douala et la pression barométrique enregistrée au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène.

Entre les mois juillet et d'août de 1950 à 2015, la corrélation est significative au seuil 5% entre les quantités de précipitations enregistrées dans la station de Ngaoundéré et la migration en latitude de l'anticyclone des Açores. Ladite corrélation est significative au même seuil (5%) entre les quantités de précipitations enregistrées à Garoua, Ngaoundéré, Ebolowa, Bamenda et Mamfe et la migration en latitude de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène. Il en est de même en ce qui concerne les quantités de précipitations enregistrées à Ngaoundéré, Yaoundé et Mamfe et la migration en longitude de l'anticyclone des Açores. Le test indique que la corrélation est significative au seuil 5% entre les quantités de précipitations enregistrées à Maroua, Yaoundé et Douala et la TSO observée au niveau de l'anticyclone des Açores. Le même test révèle une corrélation au seuil 5% entre les quantités de précipitations enregistrées à Maroua, Ngaoundéré, Bertoua, Bafoussam et Mamfe et la pression barométrique enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores, et par ailleurs une corrélation au seuil 5% entre les quantités de précipitations enregistrées à Maroua, Garoua, Ebolowa, Bertoua, Yaoundé, Bamenda, Douala et la pression observée au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène.

Entre septembre et novembre de 1950 à 2015, la corrélation est significative au seuil 5% entre les quantités de précipitations enregistrées dans les stations de Garoua, Ngaoundéré, Yaoundé et Douala et la migration en latitude de l'anticyclone des Açores. Elle est significative au même seuil (5%) entre les quantités de précipitations enregistrées à Bamenda et la migration en latitude de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène. Le test révèle également une corrélation significative au même seuil de significativité entre les quantités de précipitations enregistrées à Garoua, Ebolowa, Bertoua, Yaoundé et Bafoussam et la migration en longitude de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène. Les résultats indiquent une corrélation significative au seuil 5% entre les quantités de précipitations enregistrées à Yaoundé, Bafoussam, Bamenda, Mamfe et Douala et la TSO observée au niveau de l'anticyclone des Açores d'une part et d'autres parts une corrélation significative entre les quantités de précipitations enregistrées à Bertoua, Yaoundé, Bafoussam, Bamenda, Mamfe et Douala, la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores. Il ressort aussi que la corrélation est significative au même seuil entre les quantités de précipitations enregistrées à Maroua, Bertoua, Yaoundé, Bafoussam, Bamenda et Douala la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène.

CHAPITRE 5

INFLUENCE DES ÉPISODES EL NIÑO SUR LA PLUVIOMETRIE AU CAMEROUN DE 1950 A 2015

INTRODUCTION

Les chapitres précédents ont permis d'établir le lien qui existe entre les facteurs tels que les Températures de Surface de l'Océan (TSO) atlantique au niveau des deux anticyclones subtropicaux (Açores et Sainte Hélène), la pression atmosphérique au niveau desdits anticyclones, la position du Front Inter Tropical, l'activité de la mousson en provenance de la partie Sud-Ouest du Cameroun et la dynamique spatiale et temporelle de la pluviométrie au Cameroun de 1950 à 2015. Bien avant cette recherche, les résultats des travaux de (A. J. Clarke, L. SHU, 2000 ; Olivier Dewitte, 2001 ; Yves du Penhoat, 2008 ; OMM, 2015 ; E. M. Rasmusson, T. H. Carpenter) ont pu démontrer que d'autres facteurs non négligeables exercent une influence sur le rythme et les régimes pluviométriques en Afrique tropicale et sur le Golfe de Guinée. Ces facteurs qui prennent leur source au-delà de l'océan atlantique exercent au même titre que celui-ci, une action significative sur le climat du Cameroun. Il s'agit entre autres facteurs, du des épisodes El Niño et/ou La Niña observés au Pacifique. C'est de la prise en compte de l'importance de ces différents facteurs, identifiés tant au niveau de l'océan atlantique qu'au niveau de l'océan Pacifique, qu'on pourrait comprendre les perturbations climatiques observés au Cameroun. L'objectif de ce chapitre est de faire une analyse de l'influence des épisodes El Niño sur la dynamique spatiale et temporelle de la pluviométrie au Cameroun de 1950 à 2015. Les résultats de cette analyse permettront d'améliorer les prévisions climatiques au niveau local.

1. LE PHENOMENE ENSO ET LA PLUVIOMETRIE AU CAMEROUN

1.1. Le phénomène El Niño, l'inter connectivité entre les océans et le climat dans le Golfe de Guinée.

Le noyau de la dynamique des interactions océan-atmosphère qui provoque le phénomène ENSO se situe dans le domaine océanique indo-pacifique (Chiang J. C, 2000). Des auteurs tels que Deser C, 1993 ; Chelton D. B et al, 2001, Chelton et al, 2010, etc. estiment que le phénomène ENSO s'associe à des facteurs tels que la température de surface océanique (TSO), la Pressions Atmosphériques (PA) à différentes positions géographiques, le déplacement des centres d'action atmosphériques, pour réchauffer l'immense réservoir d'eau superficielle qui s'étend du centre de l'Océan Pacifique jusqu'aux côtes du Pérou et de l'Equateur à l'Est, et modifier les masses d'air intertropicales (alizés) qui affectent toute la planète. Comme la redistribution de l'énergie emmagasinée à plusieurs niveaux de l'océan se fait ressentir à des

échelles de temps plus grandes que les échelles synoptiques atmosphériques, celle-ci joue un rôle fondamental dans la variabilité climatique à l'échelle planétaire. Dans le même ordre d'idée, A Sornika (1988) ; Godard et al (1993) ; Dewitte (2001) ; Rasmusson et al (1982) ; Ropelewski et al (1987 et 1996) ; Bradley et al (1987) ; H Diaz et al (1992) ont pu montrer qu'en fonction de son intensité, l'épisode El Niño s'accompagne de répercussions climatiques plus ou moins prononcées, qui affectent les régions de l'Afrique Australe et de l'Est. Dans le Sud, l'Est de l'Afrique, ainsi que les Hauts Plateaux éthiopiens, il provoque une hausse des températures qui s'accompagne d'une intense sécheresse.

Dans la zone du Golfe de Guinée où se situe le Cameroun, au-delà de la considération de l'impact global des masses d'air provenant de l'océan pacifique et issues des épisodes El Niño, se pose le problème de l'inter connectivité entre les océans (Pacifique, Indien et Atlantique). Pour justifier l'importance de ces téléconnexions, des auteurs tels que Balas et al. (2007), évoquent les réactions saisonnières des TSO en particulier dans les océans Pacifique et Atlantique, en lien avec la dynamique de la ZCIT pour expliquer la dynamique et le rythme saisonnier des pluies dans le Golfe de Guinée.

1.2. Évolution mensuelle moyenne des intensités des épisodes El Niño et des quantités de précipitations au Cameroun de 1950 à 2015

De par sa position géographique, en lien avec les océans sus-évoqués, le Cameroun à le double avantage de s'ouvrir non seulement dans sa partie Sud-Ouest à l'océan atlantique, mais aussi de bénéficier de la proximité du Sahara dans sa partie Nord. Pour Amougou et al (2016), ces deux entités posent de sérieux problèmes de la répartition de la température, et même de la distribution spatiale et temporelle de la pluviométrie au niveau local, dans un contexte où les saisons ou intersaisons n'ont plus la même durée, et où les cycles saisonniers subissent en permanence des perturbations.

Le tableau 116 présente les caractéristiques des intensités **saisonniers** des épisodes El Niño selon la NOAA (2016) et des quantités de précipitations saisonnières dans les stations régionales du Cameroun de 1950 à 2015.

Tableau 116 : Caractéristiques des intensités mensuelles moyennes des épisodes El Niño et des quantités de précipitations saisonnière dans les stations régionales du Cameroun de 1950 à 2015

Variables		Observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
Intensités El Niño			0,5	2,4	1,05	0,63
Précipitation s	Maroua	252	0	251	67,46	72,83
	Garoua		0,0	329	87,89	87,53
	Ngaoundéré		0	476	133,15	103,35
	Yaoundé		9	339	131,57	63,38
	Bertoua		7	277	129,6	61,39

Ebolowa	23	312	148,47	60,07
Bafoussam	2	309	148,98	87,69
Bamenda	4	489	196,58	134,23
Mamfe	16	792	326,76	228,35
Douala	8	560	261,55	160,44

La collecte des intensités El Niño se fait selon la NOAA sur 03 mois consécutifs : JJA= Juin-Juillet-Août; JAS=Juillet-Août-Septembre ;ASO=Août-Septembre-Octobre ;SON=Septembre-Octobre-Novembre ;OND=Octobre-Novembre-Décembre ; NDJ=Novembre-Décembre-Janvier; DJF=Décembre-Janvier-Février; JFM=Janvier-Février-Mars ; FMA=Février-Mars-Avril ; MAM=Mars-Avril-Mai ; AMJ=Avril-Mai-Juin ; MJJ= Mai-Juin-Juillet.

Les intensités El Niño se calculent sur la base des anomalies des TSO et/ou de la pression atmosphérique, obtenus au niveau de l'Océan Pacifique (dans la zone de référence Niño 3.4), et ne considèrent que l'indice positif, supérieur ou égal à la normale qui est 0,5°C.

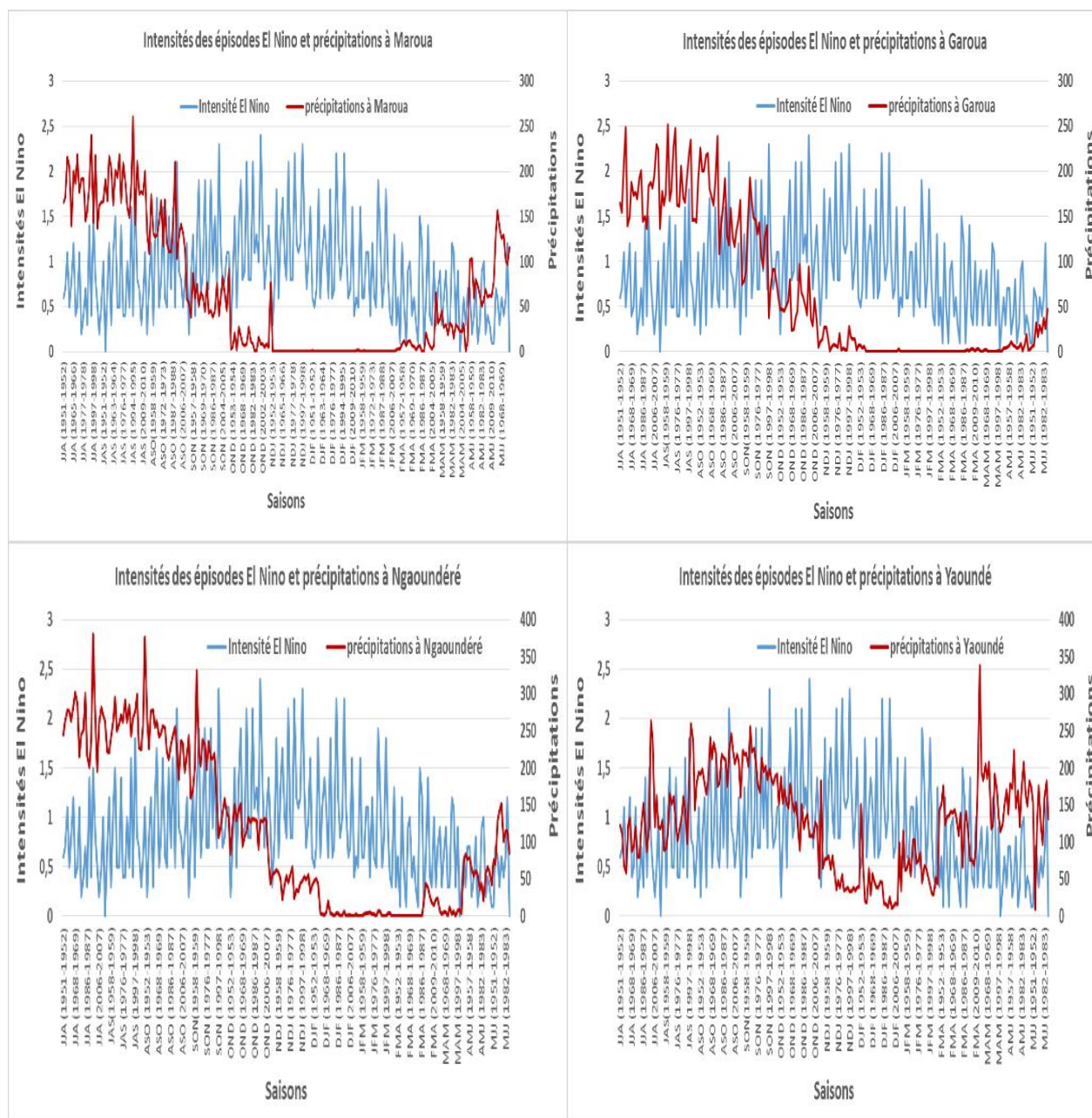
*Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER, NOAA
Réalisation : Auteur, 2018*

Il ressort de ce tableau une forte variabilité des intensités des épisodes El Niño et des paramètres pluviométriques dans les différentes stations régionales du Cameroun. Ledit tableau met en relief les écarts significatifs enregistrés entre les valeurs maximales et les valeurs minimales des différentes variables étudiées. Ces écarts sont de 1,9 pour les intensités El Niño, de 251 mm pour les quantités de précipitations à Maroua, de 329 mm à Garoua, de 476mm à Ngaoundéré, de 339 mm à Yaoundé, de 277 mm à Bertoua, 312 mm à Ebolowa, 309 mm à Bafoussam, 489 mm à Bamenda, 792 mm à Mamfe et 560 mm à Douala. Ce qui montre clairement le contraste des intensités des plus forts et des plus faibles El Niño d'une part, et entre les saisons sèches et pluvieuses d'autre part. Par ailleurs, en observant la variation de l'écart-type, il ressort du tableau 130 que la variabilité est plus significative à Mamfe (228,2 mm), puis Douala (160,44 mm), et moins significative à Maroua (72,83 mm), puis Ebolowa (60,07 mm) et Bertoua (61,33 mm).

Selon la NOAA, les fluctuations mensuelles des intensités des épisodes El Niño s'accompagnent d'une variation des quantités de précipitations pour les mêmes mois pour les 10 stations Régionales du Cameroun de 1950 à 2015. Les intensités des épisodes El Niño varient entre 0°C et 2,5°C, tandis que les quantités de précipitations varient d'une localité à une autre. En se basant sur les mêmes échelles de collecte des données de la NOAA, les cumuls de précipitations mensuelles varient de 0 à 251mm pour la localité de Maroua ; de 0 à 329 mm pour Garoua ; de 0 à 476 mm pour Ngaoundéré ; de 9 à 339 mm Yaoundé ; de 7 et 277 mm pour Bertoua ; de 23 à 312 mm pour Ebolowa ; de 2 à 309 mm pour Bafoussam ; de 4 à 489 mm Bamenda ; de 16 à 792 mm pour Mamfe et de 8 à 560 mm pour Douala.

La figure 122 révèle que pour la majorité des cas, un déphasage est observé entre les fluctuations les épisodes El Niño et les quantités de précipitations enregistrées dans les différentes localités. En d'autres termes indépendamment des localités, quand les intensités des

épisodes El Niño augmentent, les quantités de précipitations diminuent, et vice versa, lorsque les intensités des épisodes El Niño diminuent, les quantités des épisodes Niño augmentent.



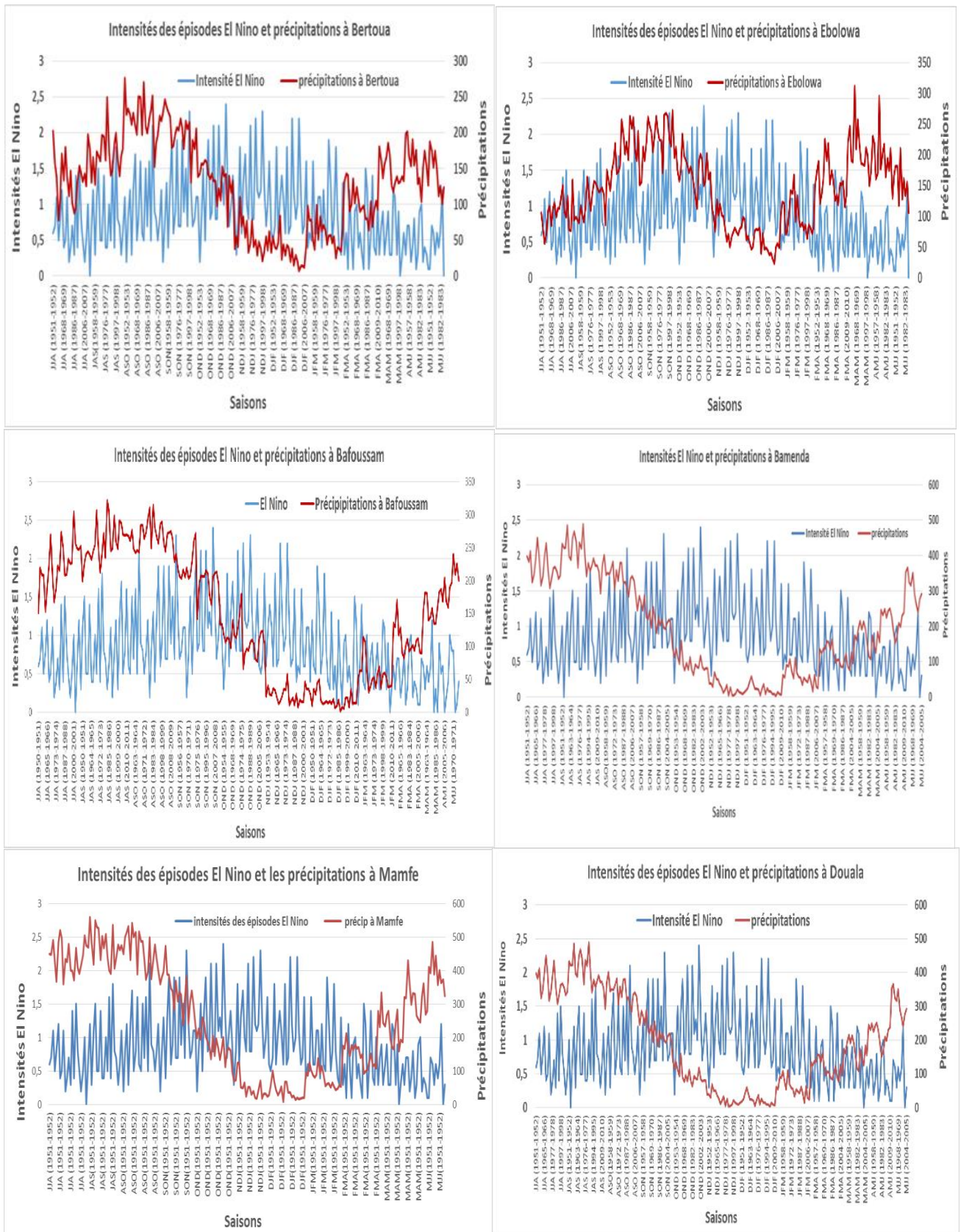
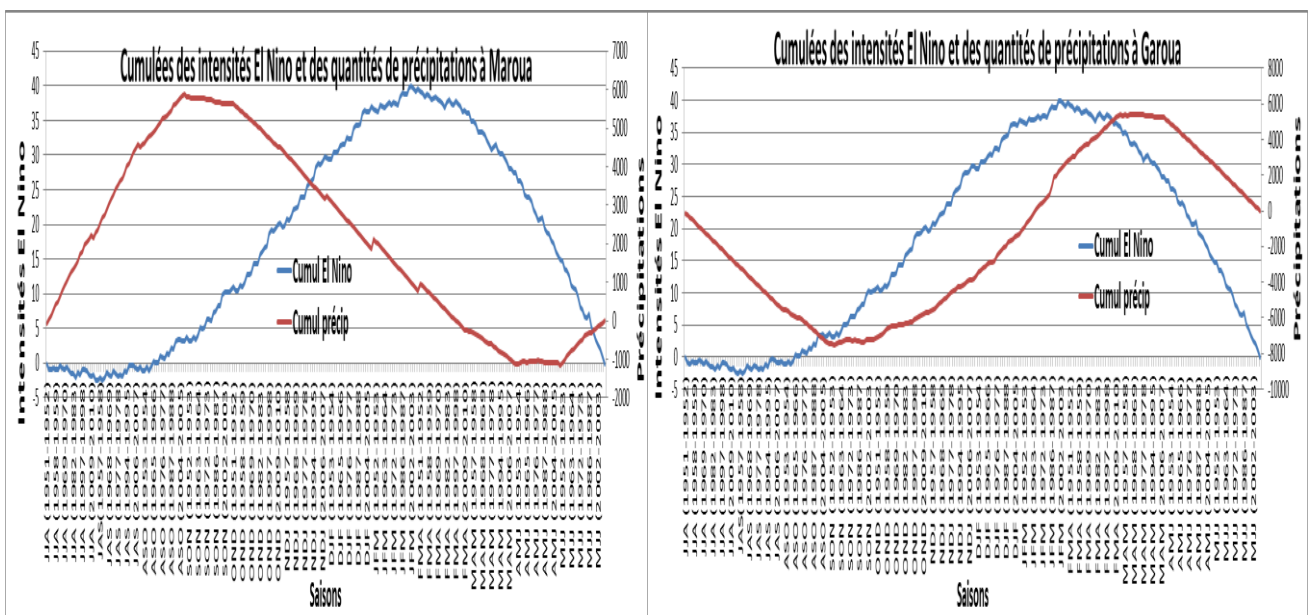


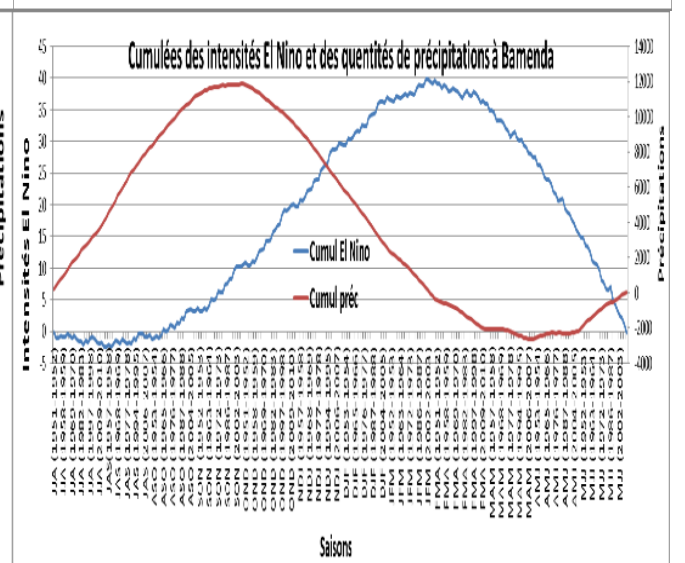
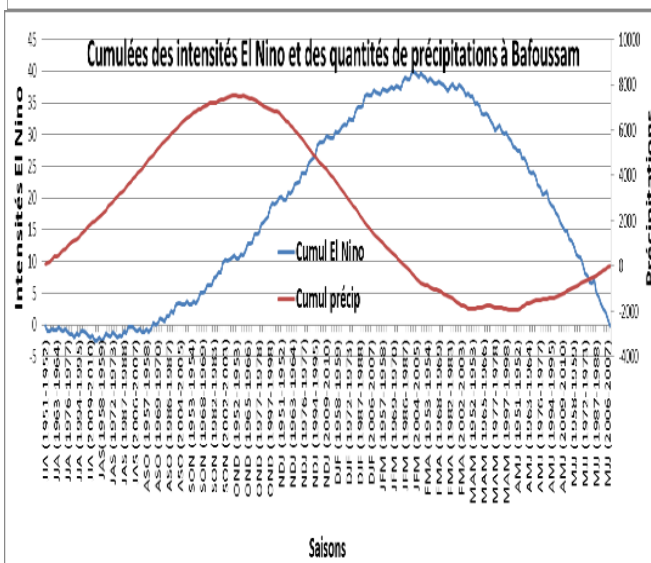
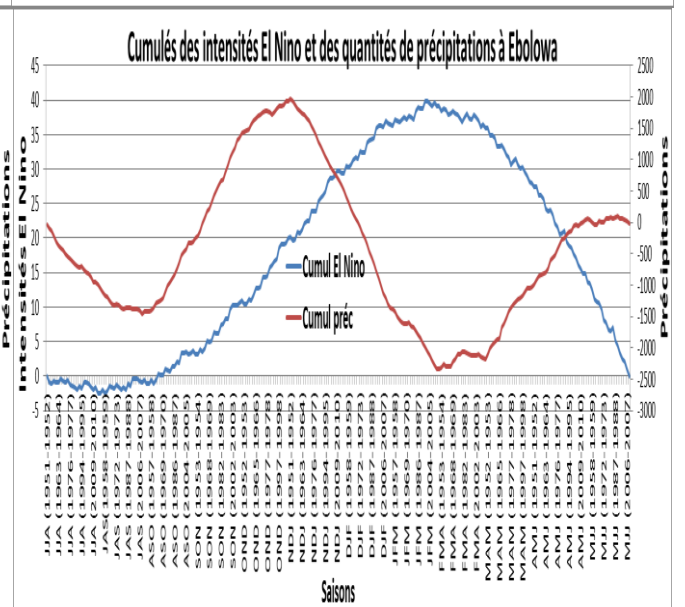
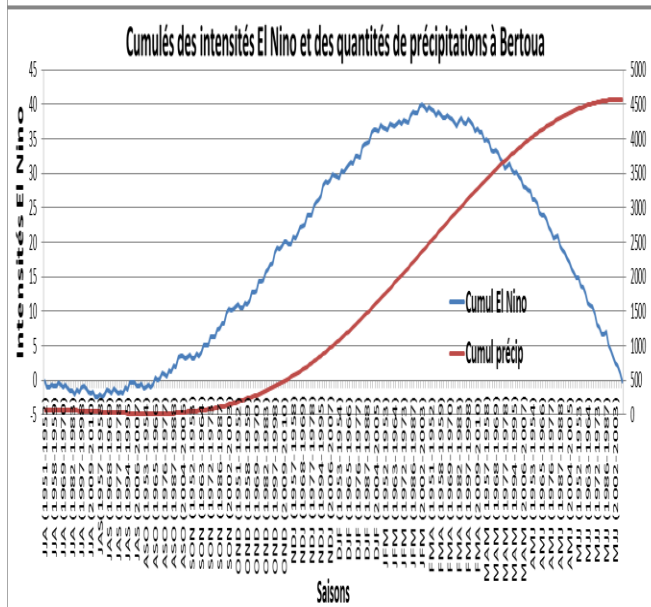
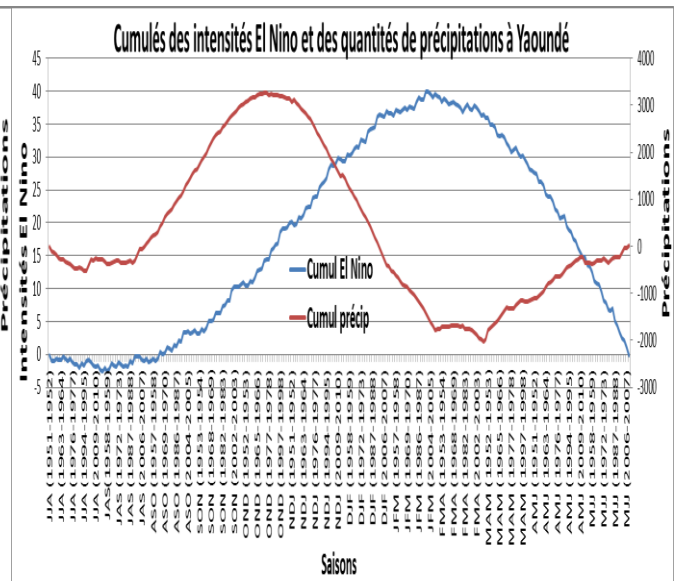
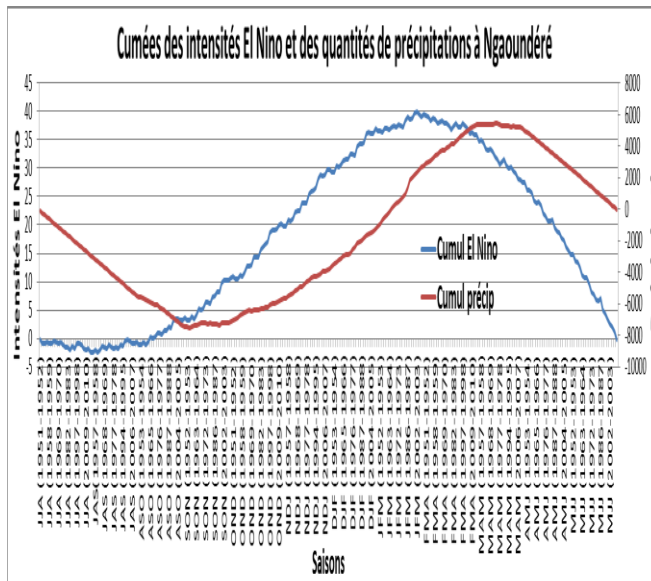
Figure 122 : Intensités des épisodes El Niño (à l'échelle mensuelle moyenne selon la NOAA) et précipitations dans les stations Régionales du Cameroun

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER, NOAA
 Réalisation : Auteur, 2018

La figure 123 ci-dessous présente les courbes cumulatives des intensités mensuelles des épisodes El Niño selon la NOAA, et des quantités de précipitations enregistrées pour les mêmes mois de 1950 à 2015 dans les 10 stations régionales du Cameroun. Les résultats de ces graphiques révèlent trois types de liaisons entre les variables corrélées :

- une liaison linéaire négative, au cours de laquelle les intensités des épisodes El Niño et les quantités de précipitations évoluent en sens inverse. Dans ce cas, la pente reste inchangée quel que soit la valeur de l'intensité de l'épisode El Niño. Ce type de relation est observée entre les intensités des épisodes El Niño et les quantités de précipitations enregistrées à Maroua, Bertoua, Bafoussam, Bamenda, Douala et Mamfe ;
- une liaison linéaire positive, au cours de laquelle les intensités des épisodes El Niño et les quantités de précipitations enregistrées évoluent dans le même sens, avec une pente différente selon le niveau d'évolution des intensités des épisodes El Niño. Il s'agit de la liaison entre les intensités des épisodes El Niño et la précipitation enregistrée à Garoua et à Ngaoundéré ;
- une liaison non-linéaire non monotone qui admet une relation fonctionnelle de type sinusoïdale entre les intensités des épisodes El Niño et les quantités de précipitations enregistrées. Dans ce cas, les quantités de précipitations peuvent augmenter ou diminuer en fonction des intensités des épisodes El Niño. Il s'agit dans ce cas de la liaison entre les intensités des épisodes El Niño et la précipitation enregistrée à Yaoundé et à Ebolowa.





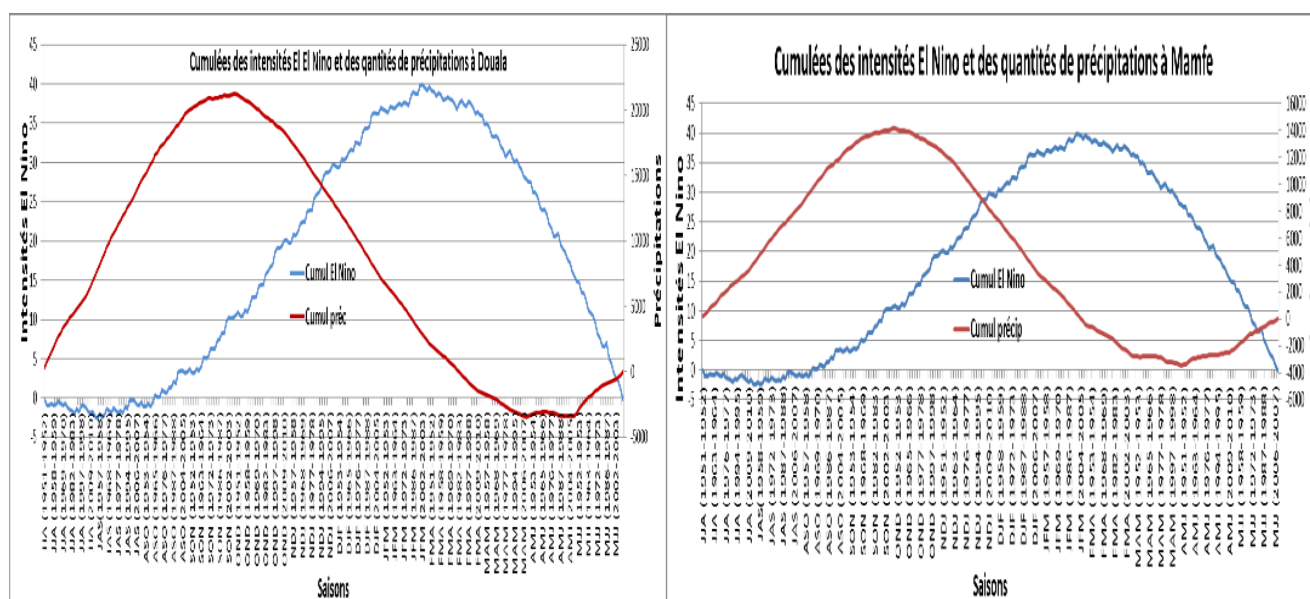


Figure 123 : Évolution cumulée des intensités des épisodes El Niño et des quantités de précipitations au Cameroun de 1950 à 2015.

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER, NOAA

Réalisation : Auteur, 2018

1.3. Significativité de la relation entre les intensités des épisodes El Niño et la précipitation au Cameroun

a) Autocorrélation des séries temporelles

Le tableau 117 ci-dessous présente les coefficients de corrélation de Bravais Pearson pour illustrer les différents schémas d'importance et de direction des relations entre les intensités des épisodes El Niño et les quantités de précipitations enregistrées dans les différentes stations régionales du Cameroun.

Tableau 117 : Corrélations entre les intensités des épisodes El Niño et les quantités de précipitations enregistrées de 1950 à 2015.

Episodes	Correlations	Mroua	Groua	Ngdéré	Ydé	Btoua	Ebwa	Bsam	Bda	Dla	Mmfe
El Niño/ Précipitations	Pearson Correlation	-0,184**	0,020	0,023	-0,11	-0,111	-0,121	-0,220**	-0,223**	-0,196**	-0,18**
	Sig. (2-tailed)	0,006	0,769	0,730	0,091	0,098	0,069	0,001	0,001	0,003	0,007
	N	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER, NOAA

Réalisation : Auteur, 2018

Les résultats du tableau 131 indiquent une corrélation significative au seuil 10% entre les intensités des épisodes El Niño et les quantités de précipitations enregistrées à Maroua, Bafoussam, Bamenda, Douala et Mamfe. Les résultats dudit tableau indiquent que la corrélation présentée est significative et négative entre les intensités des épisodes Niño et les quantités de précipitations à Maroua, Bafoussam, Bamenda, Douala et Mamfe entre 1950 et 2015. Ce qui démontre d'un point de vue statistique, une évolution antagoniste entre les intensités des

épisodes Niño observées au niveau de l’océan atlantique et les quantités de précipitations à Maroua, Bafoussam, Bamenda, Douala et Mamfe entre 1950 et 2015.

b) Analyse de la variation du coefficient de détermination

Le tableau 118 ci-dessous présente la variation des coefficients de détermination pour les 10 stations régionales du Cameroun. Il est cependant à noter que d’un point de vue climatologique, un faible coefficient de détermination n’est pas toujours synonyme d’une absence ou d’une faible causalité entre les variables. Au contraire, compte tenu de l’importance planétaire des facteurs climatiques (épisode El Niño), même les coefficients de détermination les plus faibles statistiquement n’excluent pas une relation de causalité significative.

Tableau 118 : Coefficient de détermination entre les quantités de précipitations enregistrées au Cameroun et l’intensité des épisodes El Niño de 1950 à 2015.

Localités	Mroua	Groua	Ngdéré	Ydé	Btoua	Ebwa	Bda	Bfsam	Dla	Mfe
El Niño/ précipitations	3,38%	0,04%	0,052%	1,276%	1,23%	1,46%	4,84%	4,97%	3,84%	3,24%

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER, NOAA
Réalisation : Auteur, 2018

Le tableau 118 relève que les plus faibles coefficients de déterminations sont observés entre les intensités des épisodes El Niño et les quantités de précipitations enregistrées à Garoua (0,04%) et à Ngaoundéré (0,052%), respectivement dans les zones soudano-sahélienne et les Hautes Savanes Guinéennes, tandis que les coefficients de détermination les plus élevés sont observés entre les intensités des épisodes El Niño et les quantités de précipitations enregistrées à Bamenda (4,84%) et à Bafoussam (4,97%), dans la zone des Hauts Plateaux du Cameroun. Elles sont comprises entre 1,23% et 1,46% dans la zone forestière à pluviométrie bimodale (Yaoundé, Bertoua et Ebolowa).

Les intensités des épisodes El Niño exercent une influence sur les quantités de précipitations enregistrées à l’échelle mensuelle moyenne au Cameroun. Cette influence s’exprime à travers la variation du coefficient de détermination, qui est la traduction du degré de significativité entre les intensités des épisodes El Niño et les quantités de précipitations enregistrées au Cameroun de 1950 à 2015. Il ressort de l’analyse que la significativité est plus importante entre les intensités des épisodes El Niño et les quantités de précipitations enregistrées à Bamenda (4,84%) et Bafoussam (4,97%) et moins importante à Garoua (0,04%) et à Ngaoundéré (0,052%).

2. LES ÉPISODES EL NIÑO ET LA PLUVIOMÉTRIE À L'ÉCHELLE SAISONNIÈRE AU CAMEROUN DE 1950 À 2015 : Eléments de base pour l'élaboration des prévisions climatiques saisonnières

2.1. Les épisodes El Niño et la pluviométrie à l'échelle saisonnière à Maroua dans la Région de l'Extrême-Nord

Les effets des épisodes El Niño se font ressentir à Maroua à travers les arrivées en majorité précoces des premières pluies (fin mai et début juin). Elles sont suivies des fins précoces des saisons des pluies (fins septembre et débuts octobre). Par ailleurs, la longueur de la saison des pluies et les quantités de précipitations enregistrées pendant la saison sèche augmentent significativement. Pour ce qui est de la longueur de la saison des pluies, elle a difficilement dépassé 04 mois par an, avec un volume moyen de 786,7 mm de pluies sur la période (tableau 119). Sur les 20 épisodes El Niño étudiés, les quantités de précipitations diminuent pendant les saisons sèche et pluvieuse les années avant les épisodes El Niño. En ce qui concerne la distribution des quantités de précipitations pendant les saisons sèche et pluvieuse, les moyennes sont de 08 et de 04 mois respectivement par an pour les 02 saisons, tandis que le volume pluviométrique moyen pendant la saison sèche a rarement dépassé 59 mm de pluies.

Tableau 119 : Caractéristiques saisonnières des variables pluviométriques à Maroua les années avant, pendant et après les épisodes El Niño.

Variables les années avant El Niño	Observations (années)	Moyenne			Min			Max			Probabilité d'enregistrer des cas excédentaires (%)			Probabilité d'enregistrer des cas déficitaires (%)		
		Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après
Nombre de jours saisons sèches (jour)	20	17	57,36	47	0	16	0	56	89	73	36,84	52,63	60,80	63,15	47,37	39,13
Dates débuts saisons des pluies (jour de l'année)		142,6	151	155	100	120	110	180	188	199	52,63	42,10	47,60	47,36	57,90	52,38
dates fins saisons des pluies (jour de l'année)		261,3	260,4	269	241	231	248	292	285	292	47,36	47,36	50	52,63	52,60	50
longueur saisons des pluies (jours)		118,7	109,5	114	80	50	68	161	157	170	63,15	52,63	52,63	36,84	47,40	47,36
longueur saisons sèches (jours)		246,3	255,4	251	204	208	195	285	315	297	36,84	47,40	44,44	63,15	52,60	55,55
Précipitations saisons des pluies (jours)		786,7	738,5	736	361	557	407	1112	904	970	47,36	57,90	42,85	52,63	42,10	57,14
Nombre de jours saisons des pluies (jours)		59,7	84,76	77	30	2	2,9	73	318	205	68,42	31,60	31,57	31,58	68,40	68,42
Précipitations saisons sèches (jours)		58,71	10,6	16	2	0	0	163	39	43	36,84	36,84	29,40	63,15	63,15	70,58

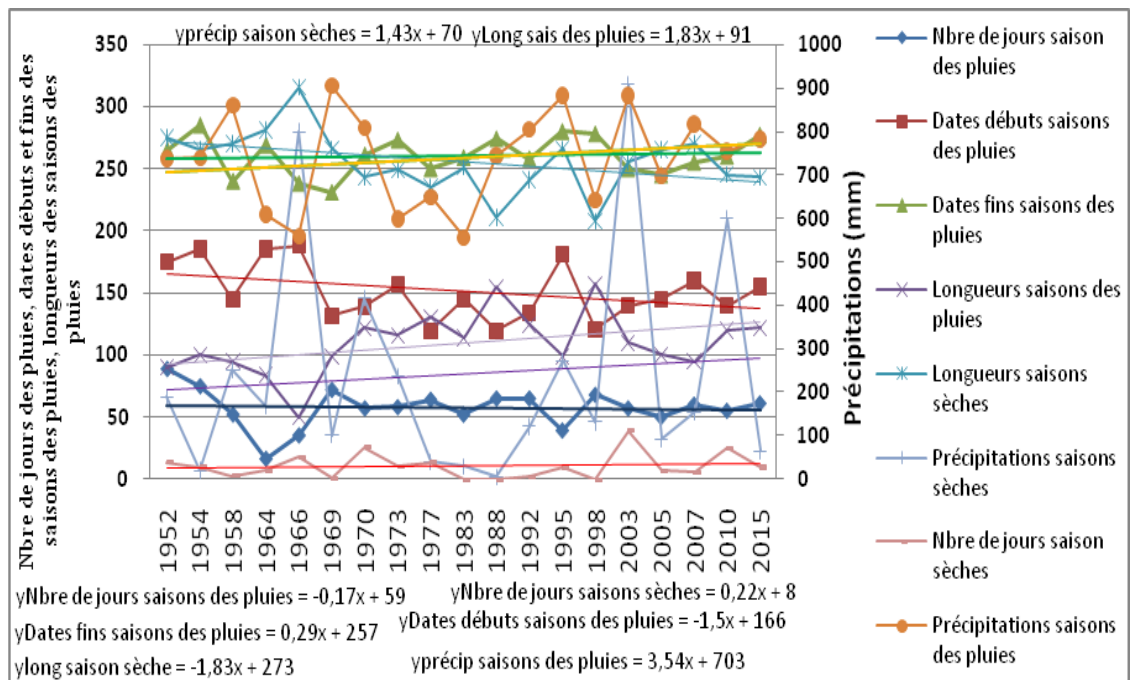
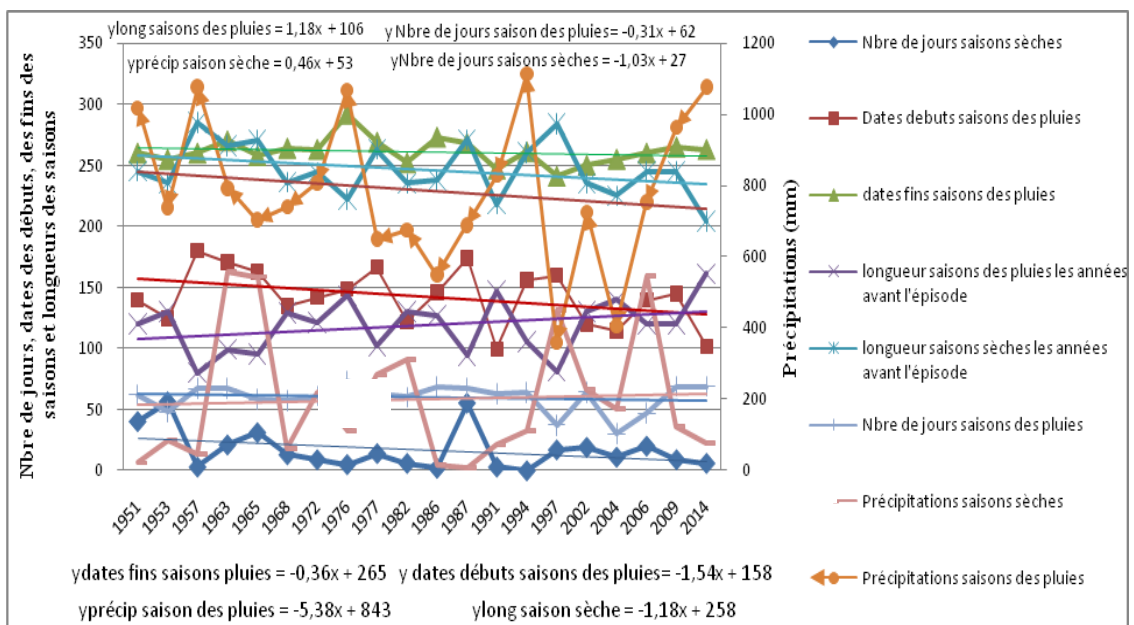
Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

Longueur de la saison des pluies varie entre 03 et 04 mois, tandis que la saison sèche atteint pour la grande majorité des cas le record de 08 mois et demi. En même temps que les pluies augmentent, le nombre de jours des pluies pendant la saison sèche augmente aussi. Le

tableau 135 ci-dessus révèle que pendant les phases El Niño, Maroua reçoit en moyenne 85 et 738,5 mm, respectivement pendant les saisons sèche et pluvieuse. Ces pluies tombent respectivement en moyenne sur 57 jours pendant la saison des pluies et sur 11 jours pendant la saison sèche.

Les années El Niño proprement dites sont marquées par des démarrages précoces (fin mai début juin) de la saison des pluies à Maroua, tandis que les fins desdites saisons surviennent en majorité tardivement, entre la mi-septembre et le début du mois d'octobre. La figure 124 indique que les phases El Niño s'accompagnent d'une augmentation des quantités de précipitations pendant les saisons sèche et pluvieuse.



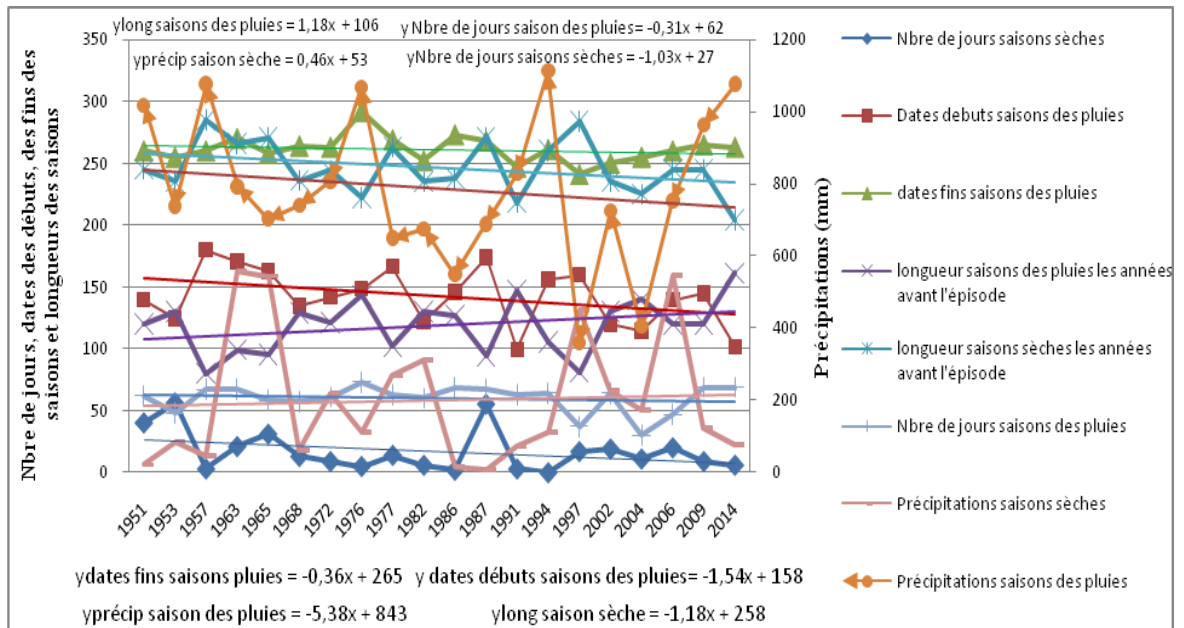


Figure 125 : Evolution de la pluviométrie les années avant (a) pendant (b) et après (c) les épisodes El Niño à Maroua de 1950 à 2015

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

La figure 125c indique que les années après les épisodes El Niño s'accompagnent d'un début précoce de la saison des pluies, et d'une fin précoce de ladite saison. Par ailleurs, la même figure indique que les pluies diminuent significativement pendant les deux saisons (sèche et pluvieuse) les années après lesdits épisodes.

Les moyennes annuelles sont respectivement de 736 mm pendant la saison des pluies, et 16 mm de pluies pendant la saison sèche (tableau 120c). Les résultats indiquent également que les pluies tombent sur des périodes de plus en plus courtes (environ deux mois et demi pendant les saisons des pluies et 16 jours en moyenne pendant la saison sèche). Par ailleurs, ledit tableau révèle que le nombre de jours des pluies est en augmentation pendant la saison sèche. Il ressort également que la longueur de la saison sèche diminue, tandis qu'elle augmente pendant la saison des pluies. Les moyennes sont respectivement de 144 jours (environ 04 mois) pendant la saison des pluies et 251 jours (08 mois et demi) pendant la saison sèche.

La dynamique des épisodes El Niño s'accompagne d'une forte variation de la longueur des saisons des pluies à Maroua. Le tableau 120 présente la variation de la longueur des saisons des pluies à Maroua les années avant, pendant et après lesdits épisodes de 1950 à 2015. Ledit tableau montre que la longueur de la saison des pluies varie entre 04 et 06 mois les années avant ledit épisode à Maroua. Les pluies pendant cette période démarrent soit au mois d'avril, soit au mois de mai ou encore au mois de juin, pour s'achever entre les mois de septembre et d'octobre. Ainsi, cinq cas de figure sont observés : la période comprise entre mai et octobre, qui représente 30% sur les 20 cas observés ; la période comprise entre juin et septembre qui représente 40% sur les 20 cas observés ; la période comprise entre avril et septembre qui représente 5% sur les 20

cas observés ; la période comprise entre juin et septembre qui représente 15% sur les 20 cas observés ; et la période comprise entre avril et septembre qui représente 10% sur les 20 cas observés.

Tableau 120 : Dynamique de la longueur de la saison des pluies à Maroua les années avant, pendant et après les épisodes El Niña

Tableau 120a : les années avant les épisodes El Niño

Période	Effectifs (nbre d'années)	Fréquences (%)
mai-octobre	06	30
juin-septembre	08	40
juin-oct	01	5
mai-septembre	03	15
avril-septembre	02	10
Effectif total (nbre d'années)	20	100

Tableau 120b : Les années à épisode El Niño

Période	Effectifs (nbre d'années)	Fréquences (%)
juin-septembre	05	25
juillet-octobre	06	30
mai-août	01	5
mai-octobre	07	35
avril-septembre	01	5
Effectif total (nbre d'années)	20	100

Tableau 120c : Les années après les épisodes El Niño

Période	Effectifs (nbre d'années)	Fréquences (%)
mai-septembre	08	40
juin-sept	07	35
juillet-octobre	03	15
juin-octobre	02	10
Effectif total (nbre d'années)	20	100

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER
Réalisation : Auteur, 2017

Pour ce qui est des années à épisodes El Niño proprement dites, le même tableau relève que la longueur des saisons des pluies varie entre 04 et 06 mois. Les périodes les plus récurrentes sont comprises entre le mois de juin et de septembre, qui représente 25% sur les 20 cas observés ; la période comprise entre le mois de juillet et d'octobre représente 30% des 20 cas observés et la période comprise entre le mois de mai et d'octobre représente 35% sur les 20 cas observés.

Les années après les épisodes El Niño présentent une forte concentration de la saison des pluies entre les mois de mai et de septembre, qui représente 70% sur les 20 années étudiées. Pour cette période, 40% des cas restent concentrés sur cinq mois, entre le mois de mai et de septembre.

2.2. Pluviométrie à l'échelle saisonnière à Garoua les années avant, pendant et après les épisodes El Niño

Les années avant les épisodes El Niño s'accompagnent pour la plupart des cas d'une arrivée précoce (début du mois d'avril) des premières pluies, qui s'arrêtent tardivement (vers la

mi-octobre). Ce dysfonctionnement des dates des démarrages et des fins des saisons des pluies s'accompagne à son tour d'une augmentation des quantités de précipitations pendant les deux saisons pluviométriques (sèche et pluvieuse) et même de la longueur desdites saisons. Les moyennes enregistrées sont respectivement de 1200 mm pendant la saison des pluies, et de 65 mm de pluies pendant la saison sèche. Sur le plan de la distribution saisonnière, il ressort que les pluies tombent en moyenne sur 34 jours pendant la saison sèche, et sur 03 mois pendant la saison des pluies.

Tableau 75 : Caractéristiques saisonnières des variables pluviométriques à Garoua avant, pendant et après les épisodes El Niño

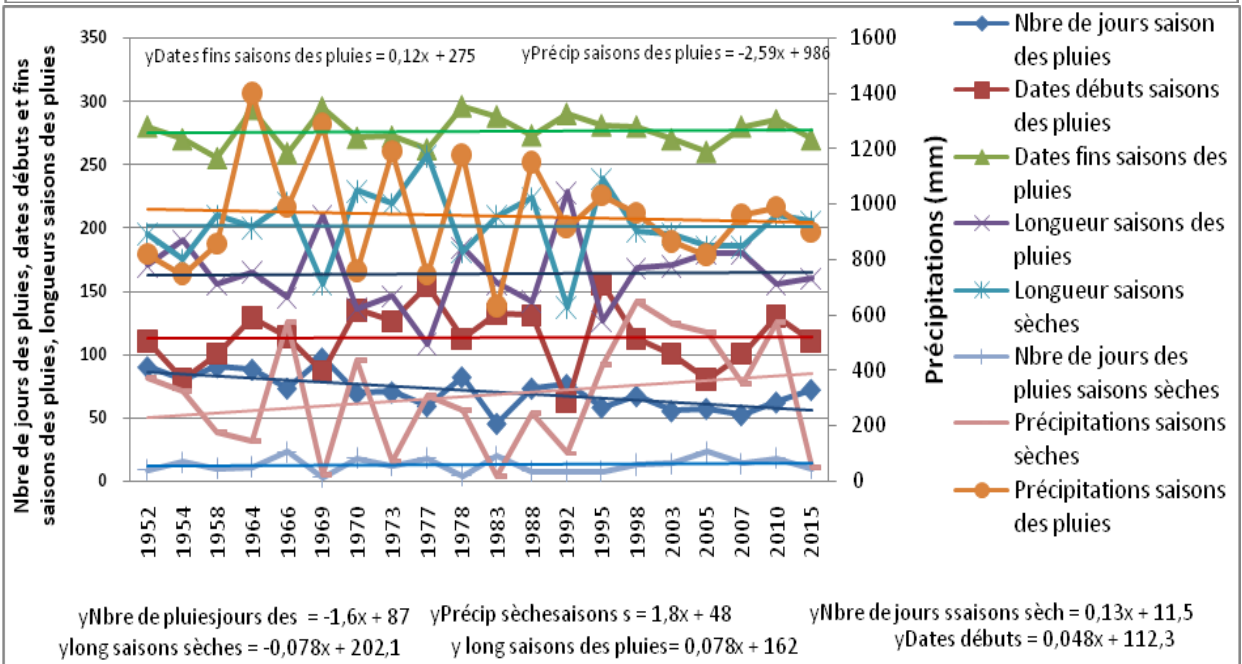
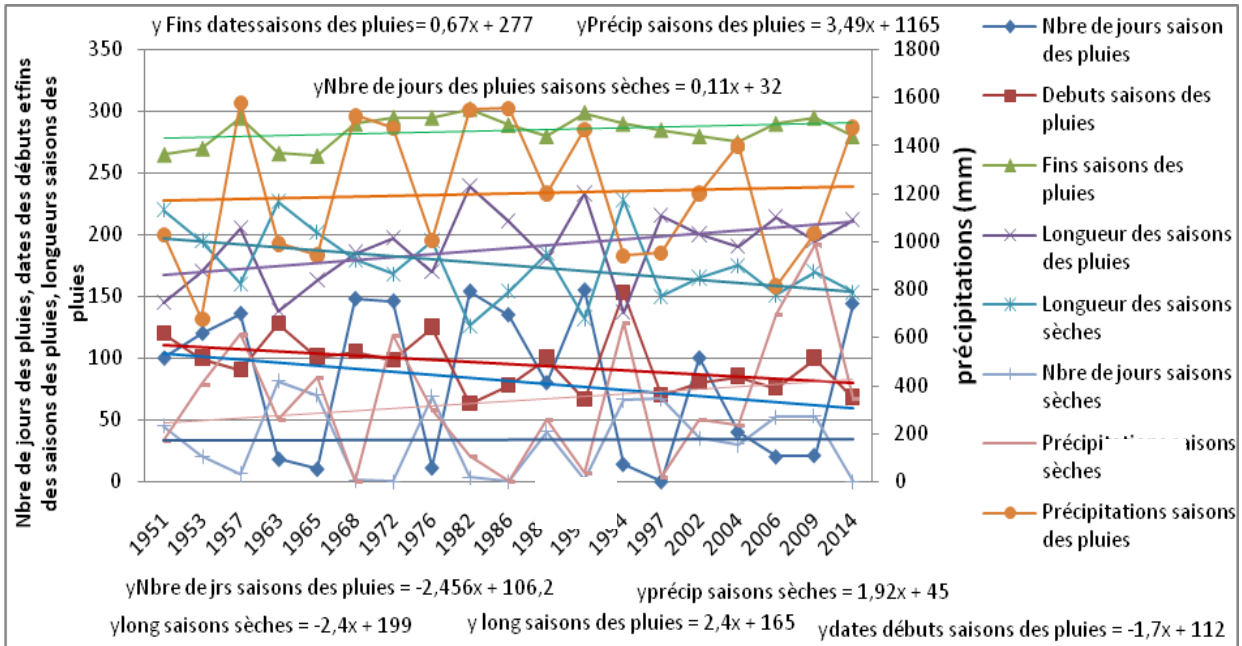
Variables les années avant El Niño	Observations (années)	Moyenne			Min			Max			Probabilité d'enregistrer des cas excédentaires (%)			Probabilité d'enregistrer des cas déficitaires (%)		
		Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après
Nombre de jours saisons sèches (jrs)	20	82	70,75	71	0	45	52	155	97	91	52,6	21	50	47,36	79	50
Dates débuts saisons des pluies (jr de l'année)		95	112,9	111	63	62	60	153	155	159	52,6	42,1	50	47,36	57,9	50
dates fins saisons des pluies (jr de l'année)		284	276,5	284	264	255	269	302	296	296	57,9	57,9	61,1	42,10	42,1	38,8
longueur saisons des pluies (jrs)		189	163,6	174	137	108	111	239	228	227	57,9	52,6	66,6	42,10	47,3	33,3
longueur saisons sèches (jrs)		176	201,3	191	126	137	138	228	257	254	42,1	50	50	57,89	50	50
Précipitations saisons des pluies (mm)		1200	958,9	859	677	628	472	1577	1401	1092	52,63	50	50	47,36	50	50
Nombre de jours saisons des pluies (jrs)		34	12,9	15	0	3	1	81	23	31	52,6	50	50	47,36	50	50
Précipitations saisons sèches (mm)		65	67,6	94	.1	3,4	.4	192	142	218	42,1	50	44,4	57,89	50	55,5

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

Il est à noter qu'au cours des phases Niño, la saison des pluies se rallonge, les quantités et le nombre de jours des pluies enregistrées pendant la saison sèche augmentent simultanément. En outre, pendant les phases El Niño, les localités de Garoua cumulent en moyenne 68 mm de pluies pendant la saison sèche, étalées sur 13 jours en moyenne, alors que les quantités de pluies et le nombre de jours des pluies enregistrés avoisinent les 959 mm de pluies étalées sur 71 jours en moyenne.

Les années El Niño par contre, s'accompagnent en général d'un début de la saison des pluies vers la fin du mois d'avril, et d'une fin de saison en majorité entre la fin du mois de septembre et le début du mois d'octobre (figure 126).



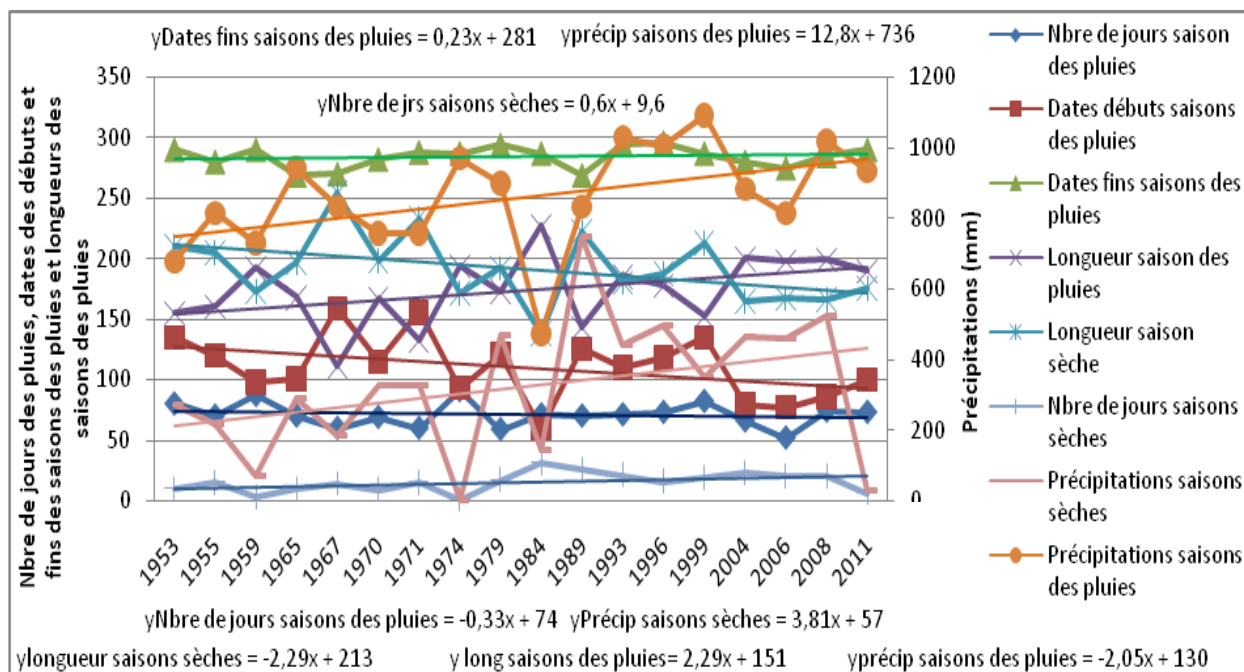


Figure 126 : Évolution de la pluviométrie les années avant (a) pendant (b) et après (c) les épisodes El Niño à Garoua de 1950 à 2015

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER
Réalisation : Auteur, 2017

Les années après les épisodes El Niño sont marquées par des démarrages de la saison vers la fin du mois d'avril, suivi d'une fin de saison des pluies vers la mi-octobre. Les quantités de pluies enregistrées pendant les deux saisons (sèche et pluvieuse) augmentent à Garoua les années après ces épisodes. La moyenne enregistrée est de 859 mm pendant la saison des pluies étalée sur 71 jours, tandis qu'elles dépassent à peine les 94 mm pendant la saison sèche. D'un autre côté, le nombre de jours et la longueur de la saison des pluies augmentent simultanément. Sur les 06 mois et demi (en moyenne) que dure la saison sèche, les 94 mm de pluies enregistrées après les épisodes El Niño s'étalent en moyenne sur 15 jours. Comme il faut s'y attendre, les épisodes El Niño exercent une influence significative sur la longueur des saisons des pluies à Garoua.

Le tableau 122a présente la variation de la longueur de la saison des pluies les années avant, pendant et après les épisodes El Niño de 1950 à 2015. Il ressort dudit tableau que la longueur de la saison des pluies est majoritairement concentrée entre 05 et 07 les années avant les épisodes El Niño. Les proportions les plus importantes indiquent qu'à 60% des cas sur les 20 épisodes étudiés, la saison des pluies est concentrée entre le mois de mai et d'octobre.

Tableau 76 : Dynamique de la longueur de la saison à Garoua
les années avant, pendant et après les épisodes El Niño

Tableau 122a : Les années avant les épisodes El Niño

Période	Effectifs (nbre d'années)	Fréquences (%)
Mai-Oct	12	60
Avril- Novembre	03	15
Mars-Octobre	04	20
Mars- Septembre	01	5
Effectif total (nbre d'années)	20	100

Tableau 122b : Les années à épisodes El Niño

Période	Effectifs (nbre d'années)	Fréquences (%)
Mai-septembre	09	50
Avril-Septembre	05	25
Juin-septembre	03	15
Juillet-Octobre	01	5
Juin-Oct	02	10
Effectif total (nbre d'années)	20	100%

Tableau 122c : Les années après les épisodes El Niño

Période	Effectifs (nbre d'années)	Fréque nces (%)
Mai-Septembre	06	40
Mai-Oct	03	15
Avril-Octobre	04	20
Juin-Sept	03	15
Juin-Octobre	02	10
Effectif total (nbre d'années)	20	100

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

Pendant les épisodes El Niño, la saison des pluies se concentre majoritairement entre le mois de mai et de septembre, soit sur 50% des cas sur les 20 épisodes observés. Le deuxième cas concerne la période comprise entre le mois d'avril et de septembre, qui représente 28% des 20 épisodes.

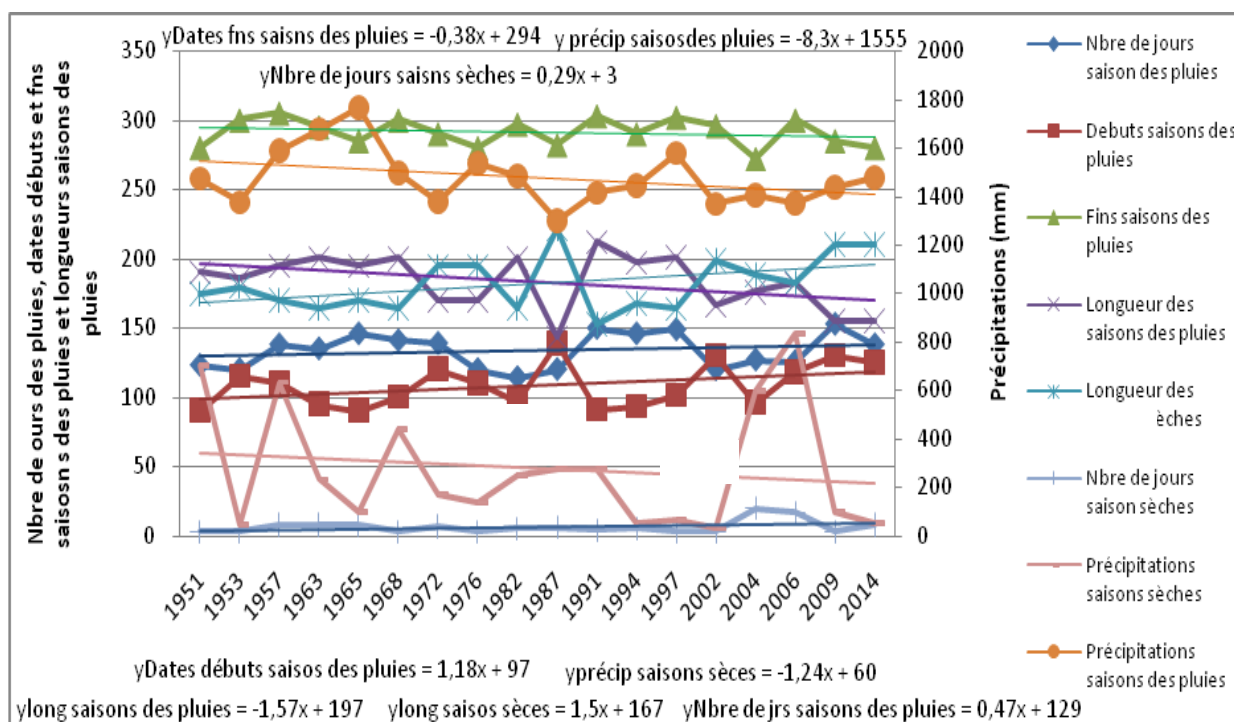
2.3. Les épisodes El Niño et la pluviométrie à Ngaoundéré dans la Région de l'Adamaoua

Le climat de la zone des hautes savanes guinéennes est beaucoup contrasté entre 1950 et 2015. Les années avant les épisodes El Niño sont caractérisées par des démarrages souvent précoces des saisons pluies (première quinzaine du mois d'avril), lesquelles saisons finissent tardivement (fin octobre). L'évolution de la pluviométrie dans la Région est fortement marquée par une forte variabilité saisonnière des quantités de précipitations, qui globalement diminuent pendant les saisons (sèche et pluvieuse). La longueur des saisons des pluies se rallonge et se rapproche de 07 mois. Les moyennes respectives sont de 134 jours pendant la saison des pluies, et de 7 jours pendant la saison sèche. De plus, la saison sèche ne s'étend que sur 05 mois, soit un

mois en moins que d'habitude. Cette variabilité saisonnière pourrait entraîner d'énormes conséquences sur les activités des populations.

Les années El Niño proprement dites présagent des débuts tardifs, et des fins tardives des saisons des pluies (figure 127b). Les premières pluies apparaissent pour la majorité à la deuxième quinzaine du mois d'avril, pour s'arrêter entre la fin du mois de septembre et le début du mois d'octobre. La même figure indique une diminution des tendances du volume des précipitations pendant les saisons (sèche et pluvieuse). D'un épisode à l'autre, les moyennes saisonnières n'ont pas dépassé 1420 mm de pluies pendant la saison des pluies. Il en est de même de la saison sèche, dont les quantités de pluies enregistrées ont rarement dépassé 86 mm de pluies. Il est également à noter que les quantités de pluies enregistrées pendant la saison sèche les années desdits épisodes, diminuent au même rythme que la longueur de la saison sèche (86 mm de pluies en moyenne sur 07 mois).

Les années après les épisodes El Niño sont caractérisées par des débuts souvent précoces de la saison des pluies à Ngaoundéré (mi-avril) et des fins tout aussi précoces (mi-octobre), (figure 127c).



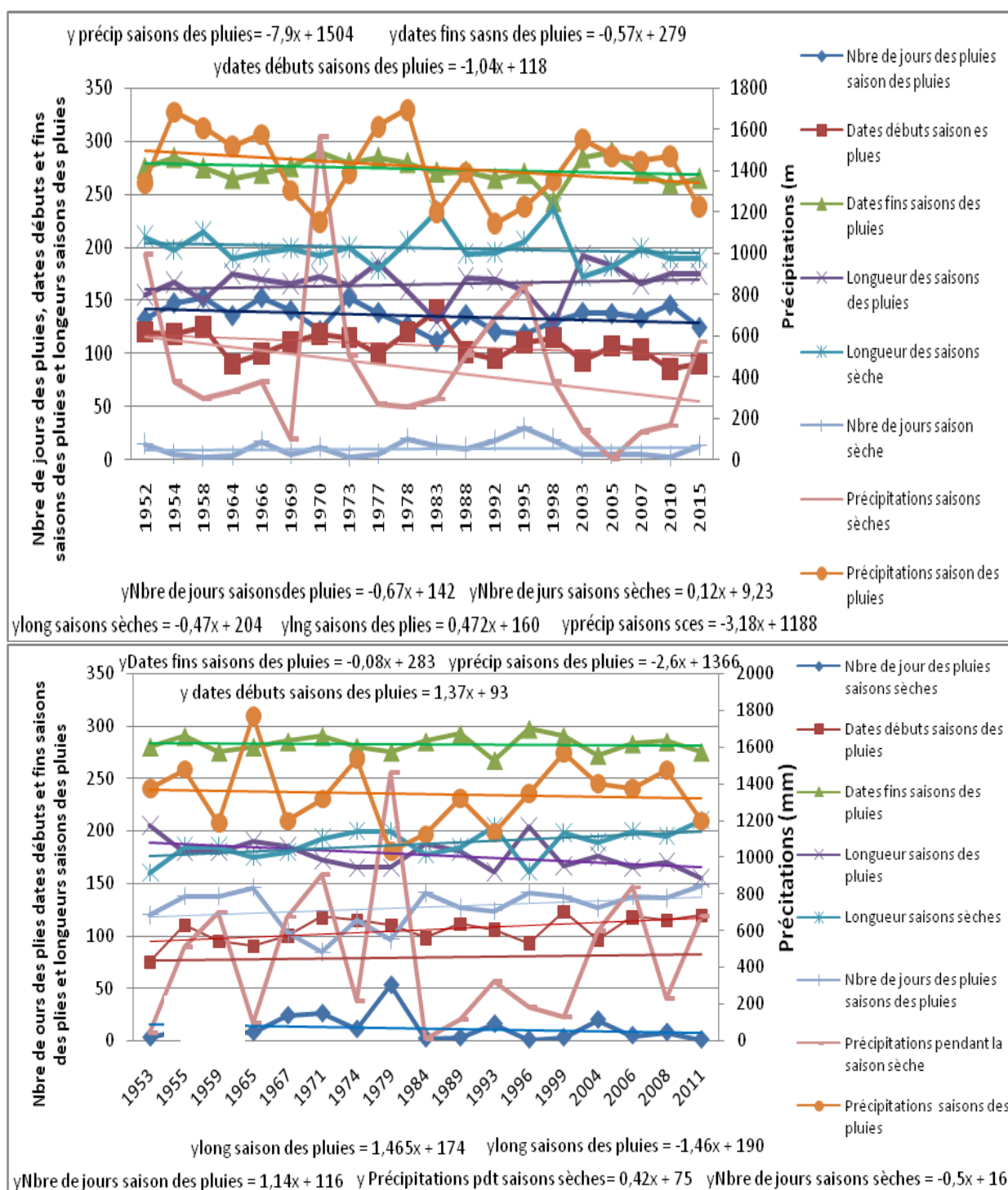


Figure 95 : Évolution de la pluviométrie les années avant (a) pendant (b) et après (c) les épisodes El Niño à Niangoundéré de 1950 à 2015

Les volumes pluviométriques sont en majorité excédentaires pendant la saison des pluies (11 années sur les 20). La moyenne pluviométrique enregistrée pendant ladite saison est de 1342 mm de pluies, étalées sur 127 jours. Par ailleurs, l'évolution des tendances pluviométriques indique que le nombre de jours des pluies pendant la saison sèche diminue simultanément avec la longueur de la saison des pluies. Pendant la saison sèche, les pluies s'étalent sur 12 jours en

moyenne, tandis que la saison des pluies dépasse difficilement 06 mois, dont 180 jours en moyenne. Le tableau 123 indique qu'il pleut en moyenne 79 mm de pluies, étalées sur 127 jours. De plus, ladite saison (sèche) se rallonge progressivement, et les records de 07 mois sont de plus en plus atteints.

Le tableau 123 indique qu'à 65% des cas la saison des pluies dure 05 mois (d'avril à octobre) les années avant les épisodes El Niño à Ngaoundéré. Ledit tableau indique qu'à 25% des cas elle dure 05 mois (mai-octobre).

Tableau 77: Dynamique de la longueur de la saison des pluies à Ngaoundéré les années avant, pendant et après les épisodes El Niño

Tableau 123a : Les années avant les épisodes El Niño

Période	Effectifs (nbre d'années)	Fréquences (%)
Mai- Octobre	05	25
Avril-Octobre	13	65
Avril-Sept	02	10
Effectif total (nbre d'années)	20	100

Tableau 123b : Les années à épisodes El Niño

Période	Effectifs (nbre d'années)	Fréquences (%)
Mars- Octobre	01	5
Avril- Octobre	10	50
Avril-Sept	07	35
Mai-Sept	02	10
Effectif total (nbre d'années)	20	100

Tableau 123c : Les années après les épisodes El Niño

Période	Effectifs (nbre d'années)	Fréquences (%)
Mars- Octobre	01	5
Avril- Octobre	10	50
Avril-Sept	07	35
Mai-Sept	02	10
Effectif total (nbre d'années)	20	100

Les années à épisode El Niño concentrent 85% de la longueur de la saison des pluies entre les mois d'avril et d'octobre (Tab.123b). Sur cette fourchette, à 50% des cas la longueur de ladite saison se concentre entre le mois d'avril et d'octobre.

Pour ce qui est des années après lesdits épisodes, à 65% des cas la saison des pluies reste concentrée entre le mois d'avril et d'octobre, soit sur 06 mois. Le tableau 123c montre qu'à 20% des cas, la des pluies saison reste concentrée entre le mois de mai et d'octobre.

La saison des pluies semble plus longue, avec les records de 06 mois, les années pendant et après les épisodes El Niño. Elle a difficilement dépassé 05 mois les années avant lesdits épisodes.

2.4. Les épisodes El Niño et la pluviométrie à l'échelle saisonnière à Yaoundé dans la Région du Centre

2.4.1. Pluviométrie à Yaoundé pendant les petites saisons sèche et pluvieuse les années avant, pendant et après les épisodes El Niño

Les travaux de Suchel (1972 et 1988), Djoufack (2005), Tsalefac (2003 et 2007); Amougou (2015 et 2016), et Mena (2015) indiquent que plusieurs mécanismes régissent la dynamique du climat du Cameroun. Dans la zone forestière à pluviométrie bimodale, les épisodes El Niño sont au cœur de la recherche, et de nombreuses conclusions attestent que ces épisodes sont l'un des facteurs déterminants qui exerce une influence sur la distribution quantitative de la pluviométrie au Cameroun.

Les années avant les épisodes El Niño s'accompagnent d'une irrégularité des volumes pluviométriques pendant la petite saison des pluies à Yaoundé (tableau 124). Ces années présentent des démarrages tardifs de la saison des pluies (fin du mois de mars), et des arrêts tardifs (fin juin) desdites saisons. Les résultats indiquent une diminution quantitative de quantités de précipitations pendant les 02 petites saisons (sèche et pluvieuse). Les moyennes enregistrées sont respectivement de 649 mm pendant la petite saison des pluies, et de 103 mm de pluies pendant la petite saison sèche. Par ailleurs, le nombre de jours des pluies diminue pour les deux saisons climatiques. Il pleut sur 48 jours en moyenne (avec un record de 67 jours en 1963) pendant la saison des pluies qui s'étend sur une moyenne de 03 mois et demi.

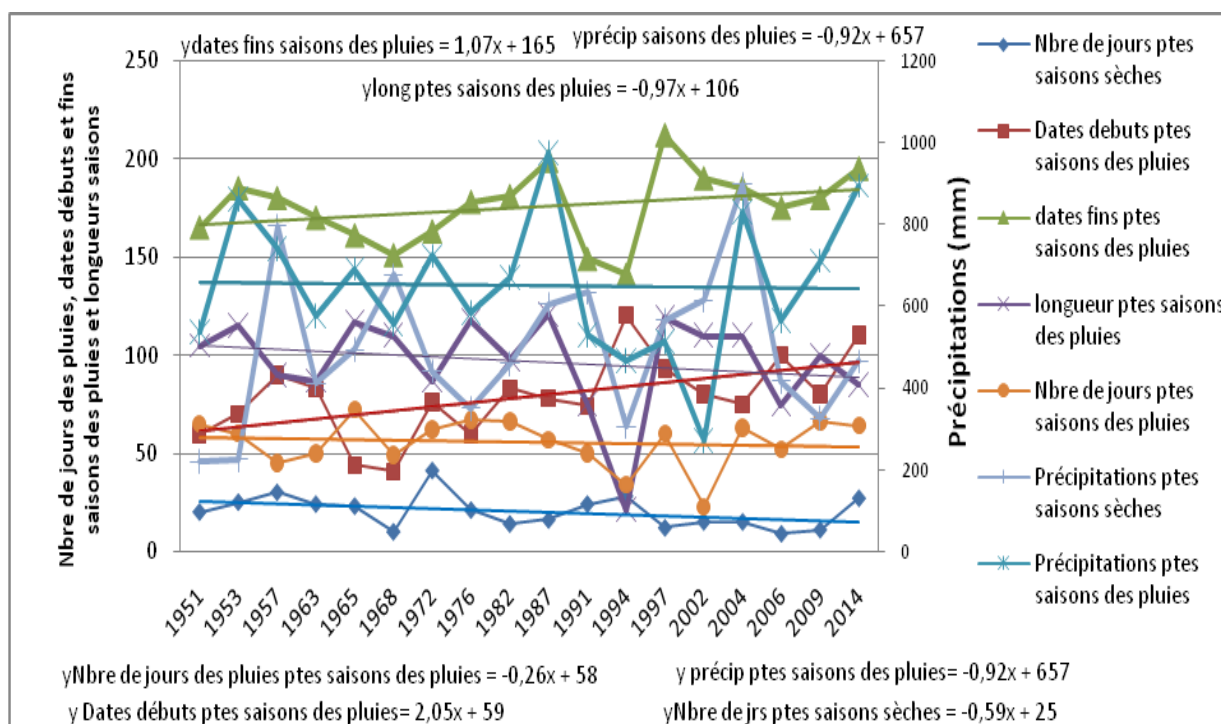
Tableau 78: Caractéristiques des variables pluviométriques pendant les petites saisons (sèche et pluvieuse) à Yaoundé avant, pendant et après les épisodes El Niño.

Variables les années avant El Niño	Observations (années)	Moyenne			Min			Max			Probabilité d'enregistrer des cas excédentaires (%)			Probabilité d'enregistrer des cas déficitaires		
		Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après
Nombre de jours saisons sèches (jrs)	20	20	56	24	9	24	14	41	74	40	50	55	47,05	50	45	52,94
Dates débuts saisons des pluies (jrs de l'année)		79	82	70	41	54	42	120	121	98	50	45	64,7	50	55	35,29
dates fins saisons des pluies (jrs de l'année)		176	176	177	141	150	150	212	198	210	55,55	50	41,17	44,44	50	58,82
longueur saisons des pluies (jrs)		97	91	107	21	52	64	121	114	137	61,11	55	47,05	38,8	45	52,94
longueur saisons sèches (jrs)		56	94	99	23	11	15	72	261	187	61,11	40	47,05	38,88	60	52,94
Précipitations saisons des pluies (mm)		649	676	712	270	367	498	974	1033	1139	50	50	47,05	50	50	52,94
Nombre de jours saisons des pluies (jrs)		20	56	24	9	24	14	41	74	40	50	55	47,05	50	45	52,94
Précipitations saisons (mm) sèches		306	48	180	96	77	67	197	148	178	38,88	35	58,82	61,11	65	41,18

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER
Réalisation : Auteur, 2017

Pendant les phases El Niño, la petite saison des pluies démarre tardivement (fin mars) et finit tardivement (fin juin) à Yaoundé. Pour cette localité, cette dynamique des saisons s'accompagne d'un recul de la petite saison des pluies d'une vingtaine de jours par rapport à la moyenne habituelle, et d'un rallongement de ladite saison, avec une moyenne qui atteint 03 mois. L'évolution du rythme pluviométrique pendant la petite saison des pluies montre qu'à Yaoundé les années El Niño s'accompagnent d'une augmentation des quantités de pluies pendant la saison sèche (94 mm en moyenne), tandis qu'elles diminuent pendant la saison des pluies (676 mm), étalées sur 16 jours en moyenne pendant la saison sèche, et sur deux mois environ pendant la saison des pluies.

Les années après les épisodes El Niño sont particulières en ce sens qu'elles s'accompagnent d'un démarrage tardif (fin mars-début avril) de la petite saison des pluies, et d'une fin précoce de ladite saison (fin juin) à Yaoundé, ce qui conduit à un raccourcissement de la petite saison des pluies, qui atteint de moins en moins les 04 mois habituels (figure 128). L'évolution des tendances des précipitations indique que Yaoundé reçoit moins de précipitations pendant petite la saison des pluies les années après lesdits épisodes, tandis que qu'elles augmentent pendant la petite saison sèche.



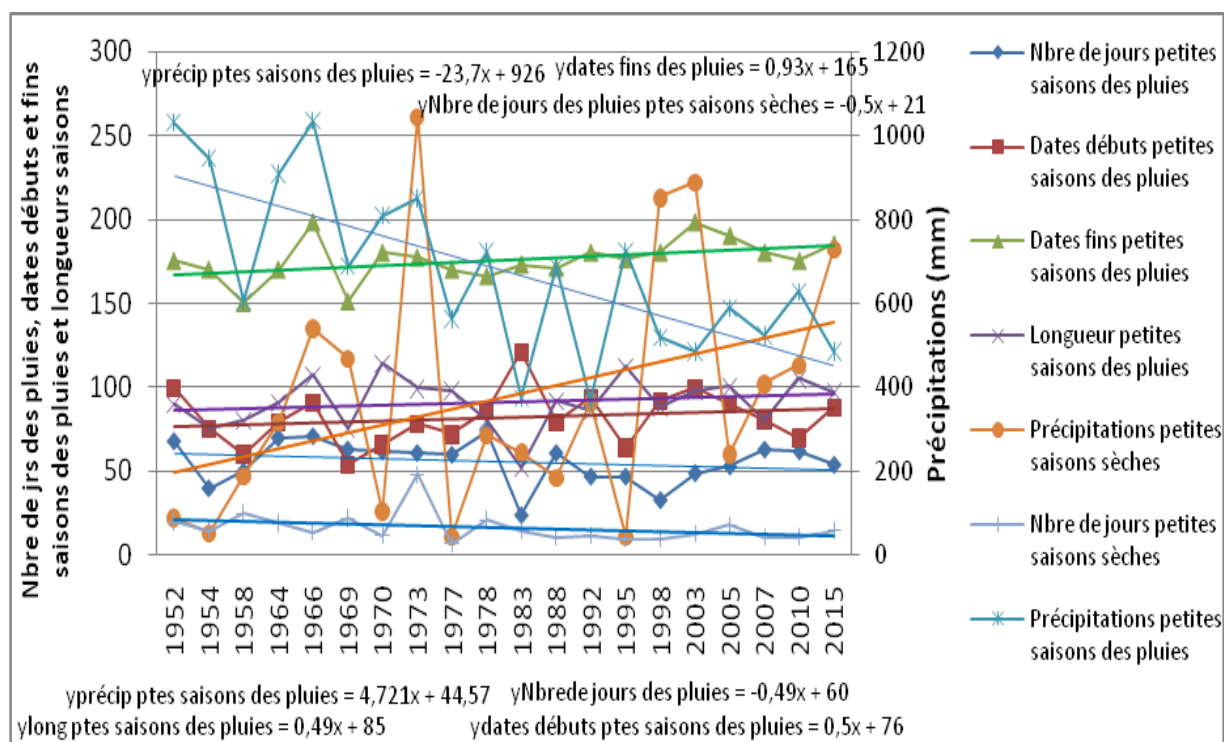
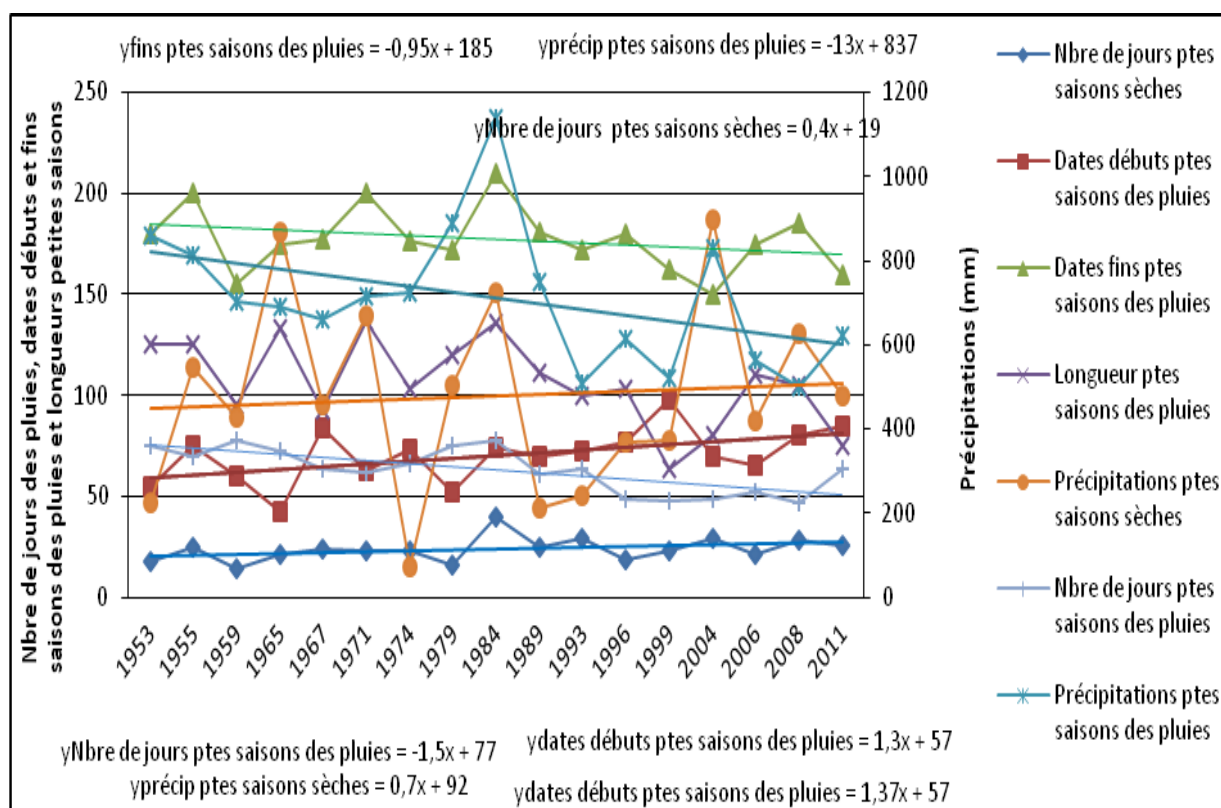


Figure 96: Évolution de la pluviométrie pendant les petites saisons (sèche et pluvieuse), les années avant (a), pendant (b) et après (c) les épisodes El Niño à Yaoundé de 1950 à 2015

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER
Réalisation : Auteur, 2017

Le tableau 125 présente la dynamique de la longueur de la saison des pluies à Yaoundé les années avant, pendant et après les épisodes El Niño. Le tableau met en exergue la longueur de la saison des pluies les années avant lesdits épisodes. Il ressort dudit tableau que pour la majorité des cas (55%) les pluies démarrent entre le mois de mars et de juin, soit sur 3mois et demi.

Tableau 79: Dynamique de la longueur de la petite saison des pluies à Yaoundé les années avant, pendant et après les épisodes El Niño

Tableau 125a: Les années avant l'épisode El Niño

Période	Effectifs (nbre d'années)	Fréquences (%)
Mars-juin	13	55
Avril-juillet	03	15
Fév-juin	02	10
Mars-juillet	01	5
Avril-mai	01	5
Effectif total (nbre d'années)	20	100

Tableau 125b: Les années à épisodes El Niño

Période	Effectifs (nbre d'années)	Fréquences (%)
Mars-juillet	03	15
Mars-mai	03	15
Mars-juin	10	50
Avril-juin	04	20
Effectif total (nbre d'années)	20	100

Tableau 125c: Les années après l'épisode El Niño

Période	Effectifs (nbre d'années)	Fréquences (%)
fev-juillet	01	5
mars-juin	14	70
fev-juin	02	10
avril-juin	02	10
avril-juillet	01	5
Effectif total (nbre d'années)	20	100

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER
Réalisation : Auteur, 2017

Pendant lesdits épisodes, à 70% des cas, les pluies démarrent au mois de mars pour se terminer au mois de juin les années à épisode El Niño proprement dites (tableau 125b). La plus grande proportion (50% des cas) reste cependant comprise entre le mois de mars et de juin.

Pour les années à épisode El Niño, la longueur de la petite saison des pluies se focalise la plupart des cas, soit 70% des cas entre les mois de mars et de juin, soit sur 03 mois. Seulement trois années sur les vingt observées, la fin de la petite saison des pluies a atteint le mois de juillet.

La petite saison des pluies s'étale en majorité sur trois mois les années avant, pendant et après les épisodes El Niño. Cette proportion varie cependant d'une période à une autre. Cette proportion est de 55% les années avant lesdits épisodes, à 50% pendant les épisodes et à 70% après les épisodes.

2.4.2. Pluviométrie à Yaoundé pendant les grandes saisons sèche et pluvieuse les années avant, pendant et après les épisodes El Niño de 1950 à 2015

Pour la majorité des cas observés, la grande saison des pluies commence tôt à Yaoundé, et se termine tard les années avant lesdits épisodes. Les premières pluies se signalent vers la fin du mois d'août pendant la grande saison des pluies, et s'arrêtent à partir de la mi-novembre. Ce disfonctionnement s'accompagne d'un rallongement graduel de la longueur de la grande saison des pluies qui se rapprochent de plus en plus de 04 mois. Les séries pluviométriques enregistrées signalent une augmentation des quantités de précipitations pendant les grandes saisons (sèche et pluvieuse). Les moyennes sont respectivement de 643 mm pendant la grande saison des pluies et de 133 pendant la grande saison sèche. De plus, les volumes de précipitations enregistrés s'étalent respectivement sur 55 jours (en moyenne par an) pendant la grande saison des pluies, et sur 16 jours en moyenne par an pendant la grande saison sèche (tableau 126).

Tableau 80: Caractéristiques des paramètres pluviométriques pendant les grandes saisons sèche et pluvieuse à Yaoundé les années avant, pendant et après les épisodes El Niño.

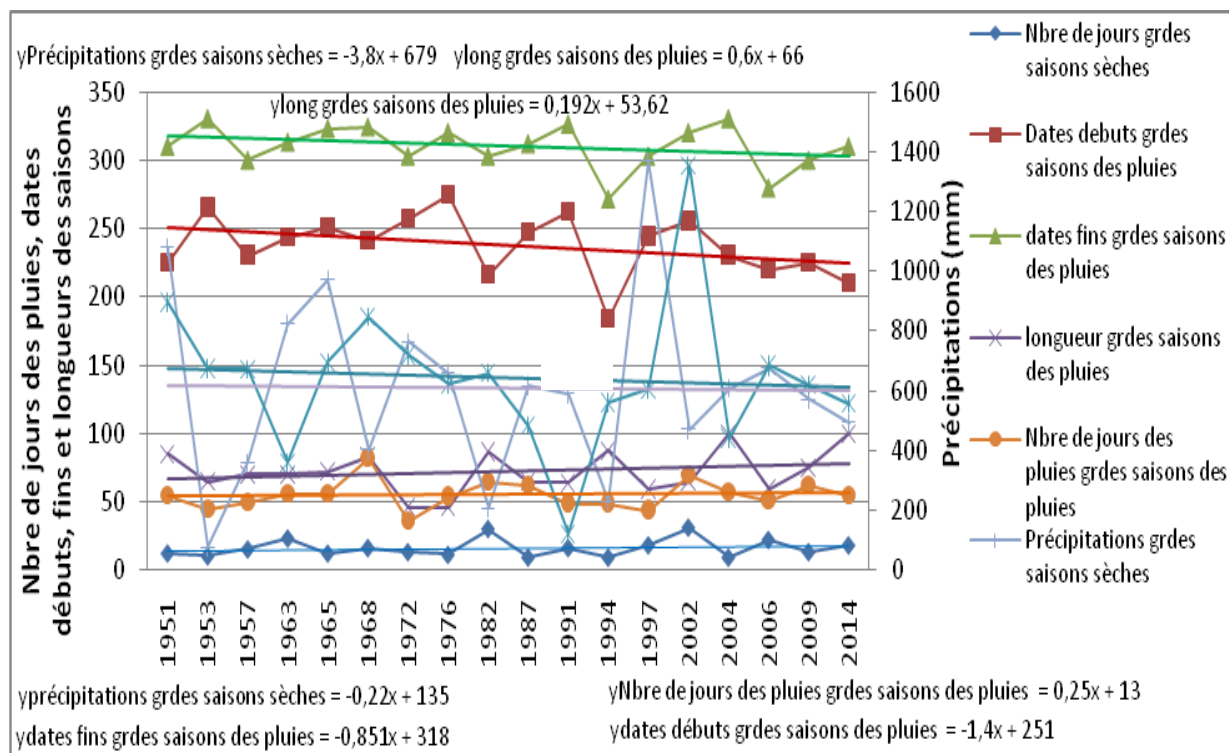
Variables les années avant El Niño	Observations (années)	Moyenne			Min			Max			Probabilité d'enregistrer des cas excédentaires (%)			Probabilité d'enregistrer des cas déficitaires (%)		
		Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après
Nombre de jours saisons sèches (jrs)	20	16	19	62	9	7	47	31	45	75	42,10	47,36	42,10	0,57	52,63	57,89
Dates débuts saisons des pluies (jrs de l'année)		238	237	242	184	210	221	274	273	262	57,89	52,63	42,10	0,42	47,36	57,89
dates fins saisons des pluies (jrs de l'année)		310	310	316	272	295	302	330	333	329	57,89	47,36	47,36	0,42	52,63	52,63
longueur saisons des pluies (jrs)		72	71	75	46	45	50	100	110	104	36,84	42,10	36,84	0,63	57,89	63,15
longueur saisons sèches (jrs)		55	117	99	36	26	11	82	241	166	42,10	36,84	52,63	0,57	63,15	47,36
Précipitations saisons des pluies (mm)		643	624	694	122	337	442	1352	841	978	47,37	52,63	57,89	0,52	47,36	42,10
Nombre de jours saisons des pluies (jr)		16	19	62	9	7	47	31	45	75	42,11	47,36	47,36	0,57	52,63	52,63
Précipitations saisons sèches (mm)		233	152	115	37	46	27	299	85	44	47,37	57,89	52,63	0,52	42,10	47,36

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER
Réalisation : Auteur, 2017

Pendant les années à épisodes El Niño, les pluies démarrent précocement pendant la grande saison des pluies (fin août), et s'arrêtent tardivement (fin octobre - début novembre), provoquant alors un rallongement de ladite saison, qui avoisine les 03 mois et demi. Parallèlement, l'évolution des tendances pluviométriques indique que la grande saison des pluies

diminue et s'oppose à la grande saison sèche en augmentation. Les statistiques indiquent que les hauteurs moyennes atteignent 600 mm de pluies pendant la grande saison des pluies, avec le plus faible record de 241 mm en 1998. De plus, les quantités de pluies s'étalent sur 52 jours en moyenne pendant la saison des pluies, soit sur deux mois environ, tandis qu'elles atteignent difficilement 20 jours pendant la saison sèche.

Les années après les épisodes El Niño s'accompagnent d'un excédent pluviométrique pendant les grandes saisons (sèche et pluvieuse) à Yaoundé. Les pluies commencent tôt (début septembre) et se terminent tard (mi-novembre), conduisant ainsi à un rallongement de la grande saison des pluies (03 mois environ et demi). Ces variations s'accompagnent d'une augmentation des quantités de précipitations pendant les saisons (sèche et pluvieuse) (figure 129). Les moyennes annuelles sont respectivement 694 mm pendant la grande saison des pluies et 99 mm pendant la grande saison sèche. Le record de 978 mm est atteint en 1999, et de 166 mm est atteint en 1974 pendant la grande saison sèche. De plus, le nombre de jours des pluies enregistré pour les deux saisons (grandes saisons sèche et pluvieuse) augmente de façon remarquable. Il atteint un record de 75 jours pendant la grande saison des pluies en 2008 et de 24 jours de pluies pendant la grande saison sèche en 1971.



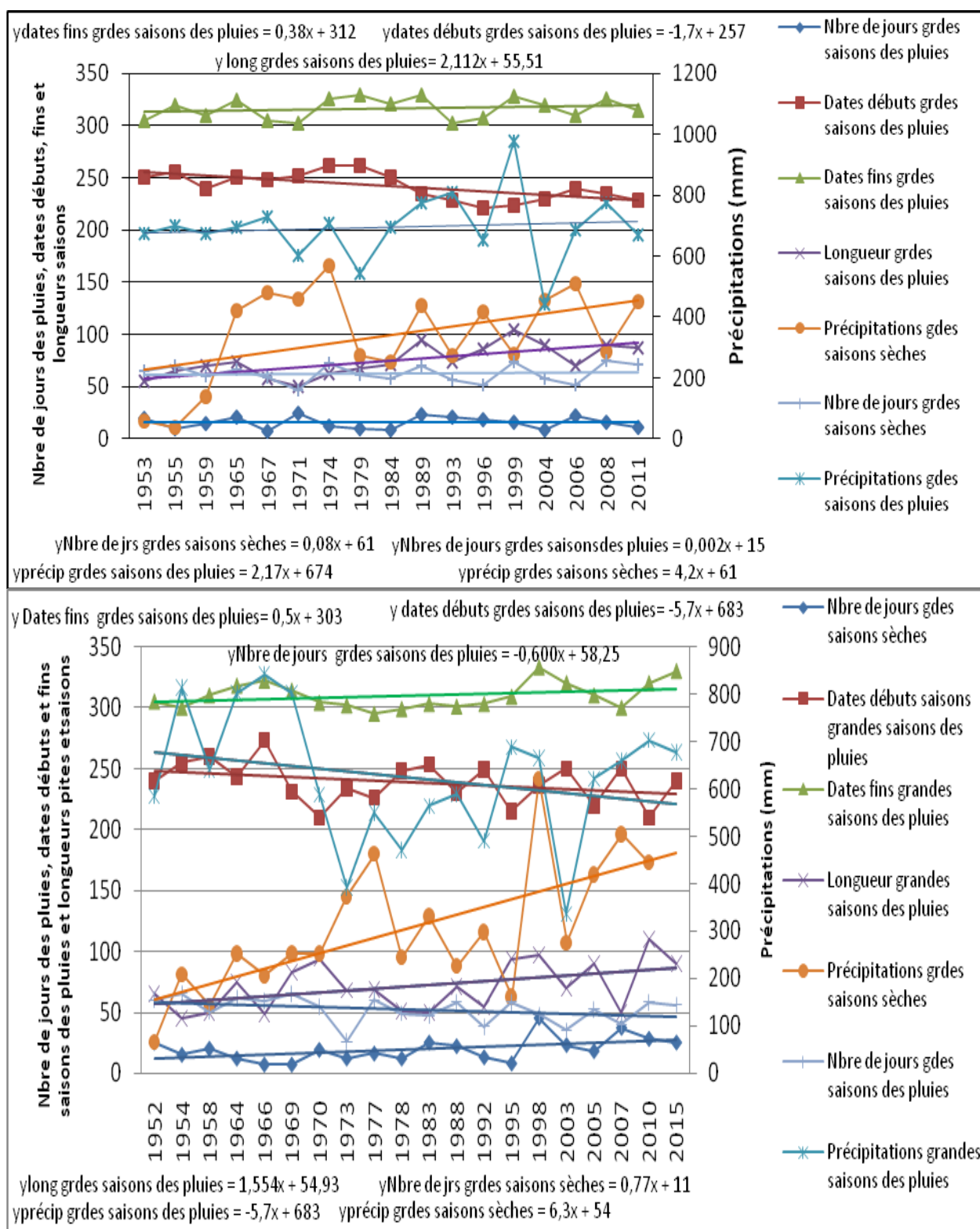


Figure 97: Évolution de la pluviométrie pendant les grandes saisons (sèche et pluvieuse) les années avant (a), pendant (b) et après (c) les épisodes El Niño à Yaoundé de 1950 à 2015

Le tableau 127a ci-dessous montre que la grande saison des pluies se concentre entre les mois de septembre et de novembre d'une part et entre les mois d'août et d'octobre d'autre part.

La plus forte proportion reste cependant sur la période septembre-novembre qui représente 50% des cas sur les 20 épisodes observés.

Les années à épisodes El Niño concentrent à 40% des cas des pluies entre les mois d'août et de novembre, soit sur 03 mois (tableau 127b). Une autre proportion non moins importante (30%) reste concentrée entre les mois de septembre et de novembre.

Le tableau 127c révèle qu'à 20% des cas pour les années à épisode El Niño, la grande saison des pluies se concentre entre les mois de septembre et de novembre, et qu'à 30% des cas elle se situe entre les mois d'août et de novembre. Ledit tableau révèle par ailleurs que la grande saison des pluies se concentre à 25% des cas entre les mois d'août et d'octobre.

Tableau 81: Dynamique de la longueur de la grande saison des pluies à Yaoundé les années avant, pendant et après les épisodes El Niño

Tableau 127a : Les années avant l'épisode El Niño

Avant les épisodes El Niño	Effectifs (nbre d'années)	Fréquences (%)
Juin-octobre	03	15
Sept-nov	10	50
Sept-Oct	02	10
Oct-Nov	01	5
Août-oct	04	20
Effectif total (nbre d'années)	20	100

Tableau 127b : Les années à épisode El Niño

Pendant l'épisode El Niño	Effectifs (nbre d'années)	Fréquences (%)
Sept-novembre	06	30
Août-novembre	03	15
Août-octobre	08	40
Sept-octobre	03	15
Effectif total (nbre d'années)	20	100

Tableau 127c : Les années après l'épisode El Niño

Après les épisodes El Niño	Effectifs (nbre d'années)	Fréquences (%)
Sept-novembre	06	20
Sept-octobre	03	15
Août-novembre	06	30
Août-octobre	05	25
Effectif total (nbre d'années)	20	100

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

La grande saison des pluies s'étale au maximum sur trois mois les années avant, pendant et après les épisodes El Niño à Yaoundé. Elle s'étale à 50% des cas entre les mois de septembre et de novembre les années avant les épisodes El Niño, à 70% des cas entre les mois d'août et de novembre les années à épisode El Niño, et à 75% des cas entre les mois d'août et de novembre.

2.5. Les épisodes El Niño et la pluviométrie à l'échelle saisonnière à Ebolowa dans la Région du Sud

2.5.1. Pluviométrie à Ebolowa pendant les petites saisons sèche et pluvieuse les années avant, pendant et après les épisodes El Niño

Localisée dans la zone forestière à pluviométrie bimodale, le climat d'Ebolowa est caractérisé par quatre saisons, dont deux saisons sèches et deux saisons pluvieuses à durées variables. En temps normal, la grande saison sèche apparaît entre les mois de décembre et de février et, la petite saison sèche entre le mois de juin et le mois d'août. La grande saison des pluies s'étend du mois d'août au mois de novembre, et la petite saison des pluies du mois de mars au mois de juin (tableau 128). Comme dans toutes les Régions du Cameroun, le phénomène El Niño influence considérablement la pluviométrie d'Ebolowa dans la Région du Sud.

Tableau 82: Caractéristiques des paramètres pluviométriques pendant les petites saisons sèche et pluvieuse à Ebolowa avant, pendant et après les épisodes El Niño

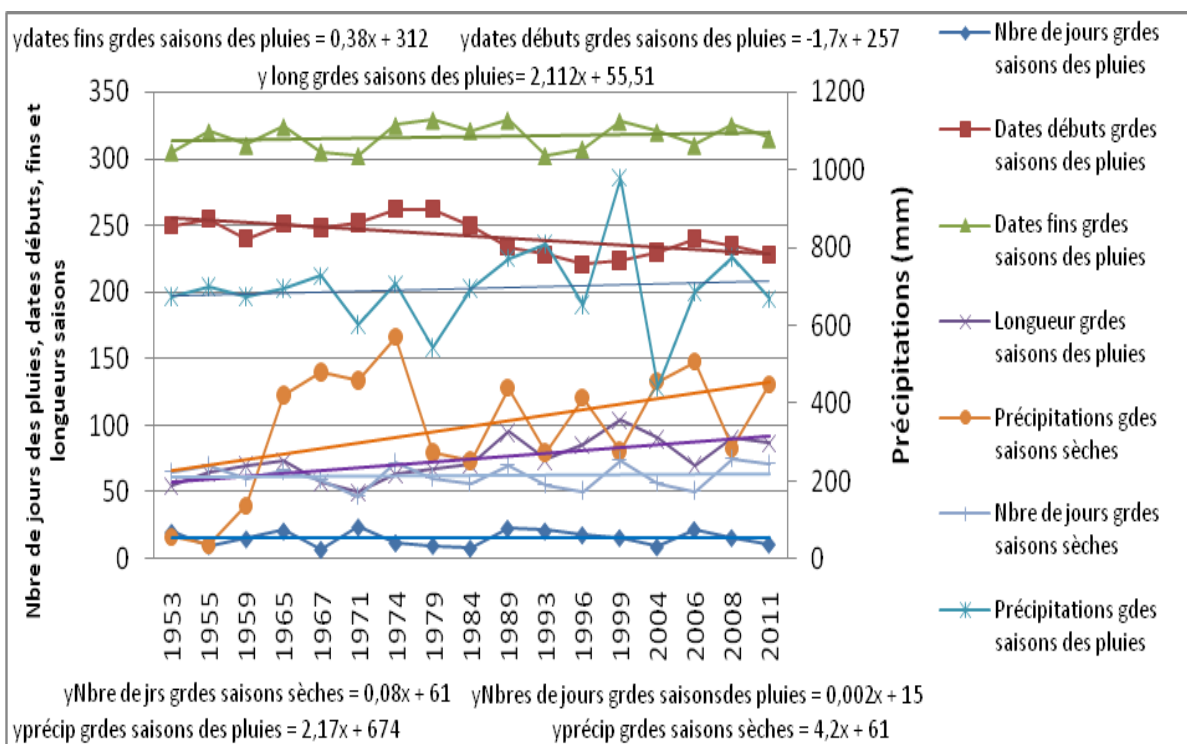
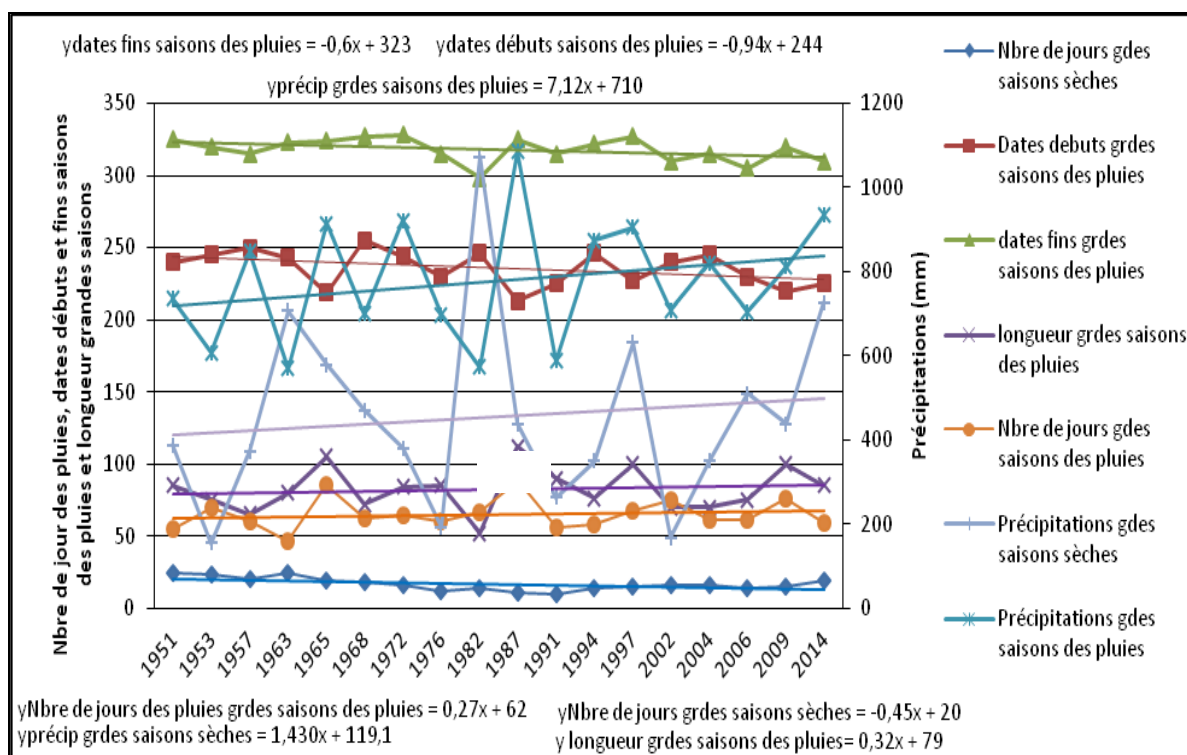
Variables les années avant El Niño	Observations (années)	Moyenne			Min			Max			Probabilité d'enregistrer des cas excédentaires (%)			Probabilité d'enregistrer des cas déficitaires (%)		
		Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après
Nombre de jours saisons sèches (jrs)	20	18	45	55	9	32	23	36	59	103	44,44	55	44,44	55,55	45	55,55
Date début de la petite saison des pluies (jr de l'année)		61	76	58	39	46	35	81	101	77	50	45	55,55	50	55	44,44
date fin de la petite saison des pluies (jr de l'année)		173	176	179	140	155	146	208	210	208	50	60	50	50	40	50
longueur de la pte saison des pluies (jrs)		112	100	121	65	71	76	160	164	163	44,44	45	44,44	55,55	55	55,50
longueur de la pte saison sèche (jrs)		65	102	86	44	51	14	83	209	151	50	30	44,44	50	70	55,55
Précipitations de la pte saison des pluies (mm)		802	638	809	547	400	459	1223	1090	1257	44,44	35	44,44	55,55	65	55,55
Nombre de jours pte saison des pluies (jrs)		96	13	13	13,8	7	7	190	25	21	50	40	50	50	60	50
Précipitations pte saison sèche (mm)		218	245	255	109	132	123	336	259	403	44	55	44,44	55	45	55,55

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

Les années avant les épisodes sont marquées par un démarrage tardif de la petite saison des pluies et, d'une fin précoce de ladite saison. En général, les premières pluies ne sont visibles que vers la fin du mois de mars, et finissent vers la fin du mois de juin. Ce dysfonctionnement justifie le raccourcissement de plus en plus observé de la longueur de la petite saison des pluies qui dépasse difficilement trois mois et demi. La figure 130 indique une tendance à la diminution des quantités de pluies pendant la petite saison des pluies, tandis que la petite saison sèche s'améliore de plus en plus. Les moyennes annuelles sont respectivement de 802 mm de pluies,

étalées sur 65 jours pendant la petite saison des pluies, et 96 mm de pluies étalées sur 18 jours pendant la petite saison sèche.



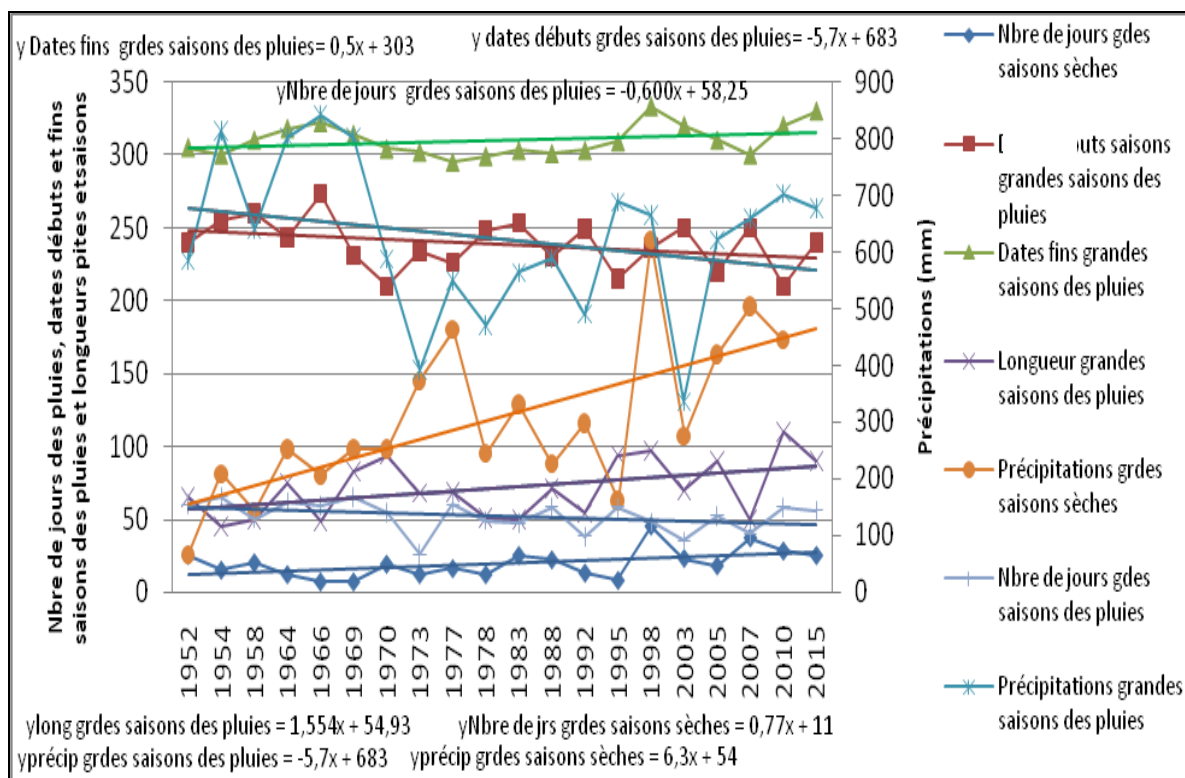


Figure 98: Évolution de la pluviométrie à Ebolowa pendant les petites saisons sèche et pluvieuse les années avant (a), pendant (b) et après (c) les épisodes El Niño de 1950 à 2015

Les pluies démarrent très souvent tardivement (fin-mars) et finissent tardivement (juillet) les années à épisode El Niño, occasionnant un rallongement de la petite saison des pluies (de 03 mois et demi à 04 mois depuis 2005) à Ebolowa. De plus, les quantités de pluies enregistrées pendant les petites saisons (sèche et pluvieuse) sont en majorité déficitaires (tableau 129b). Ces déficits pluviométriques justifient les tendances à la baisse observées pendant lesdites saisons. Sur les 20 épisodes identifiés, 14 années présentent des déficits pluviométriques pendant la petite saison des pluies et 13 années sont déficitaires pendant la petite saison sèche. Les volumes pluviométriques enregistrés sont respectivement de 638 mm pendant la petite saison des pluies et de 102 mm pendant la petite saison sèche. Il est à noter que la baisse des quantités de pluies observée pendant les deux saisons s'accompagne d'une diminution du nombre de jours des pluies enregistré pendant la petite saison des pluies (qui atteint de moins en moins 45 jours). Au contraire, les pluies sont les plus étalées pendant la saison sèche, la moyenne 15 jours est régulièrement dépassée, avec un record de 25 jours en 2003.

Les séries pluviométriques enregistrées indiquent que les années après les épisodes El Niño sont en majorité déficitaires à Ebolowa pendant les saisons sèche et pluvieuse. Ce déficit

pluviométrique s'accompagne d'une diminution de plus en plus visible des quantités de pluies pendant la saison des pluies par rapport à la moyenne (809 mm en moyenne par an) (tableau 129). Pour ces années après El Niño, la petite saison des pluies démarre tardivement (fin février-début mars) et, s'achève tardivement (fin juin), provoquant ainsi un rétrécissement de ladite saison (de 03 à 3 mois et demi).

Le tableau 129a indique que la petite saison des pluies se focalise entre les mois de février et de juillet les années avant les épisodes El Niño à Ebolowa de 1950 à 2015. Il ressort dudit tableau qu'à 60% des cas, la petite saison des pluies se concentre entre les mois de mars et de juin avant lesdits épisodes.

Pendant les années à épisodes El Niño, la longueur de la petite saison des pluies a varié entre 02 et 04 mois. Ledit tableau indique qu'à 60% ladite longueur s'est étalée du mois de février au mois de juin sur les 20 épisodes étudiés, avec une plus forte proportion (30%) entre le mois d'avril et de juin.

Les années après les épisodes, la longueur de la saison des pluies s'étale sur 02 ou 04 mois. La plus forte proportion (60% des cas) est signalée entre les mois de février et de juillet, dont 35% entre le mois de mars et de juin.

Tableau 83: Dynamique de la longueur de la petite saison des pluies à Ebolowa les années avant, pendant et après les épisodes El Niño

Tableau 129a : Les années avant l'épisode El Niño

Période	Effectifs (nbre d'années)	Fréquences (%)
Mars-juin	12	60
Mars-juillet	02	10
Février-juillet	01	5
Février-juin	03	15
Mars-mai	02	10

Tableau 129b : Les années à épisode El Niño

Période	Effectifs (nbre d'années)	Fréquences (%)
Février-juin	04	20
Mars-mai	02	10
Mars-juin	05	25
Avril-juin	06	30
Avril-juillet	02	10
Effectif total (nbre d'années)	20	100

Tableau 129c : Les années après es épisodes El Niño

Période	Effectifs (nbre d'années)	Fréquences (%)
Mars-juillet	03	15
Mars-mai	04	20
Mars-juin	07	35
Févr-juin	03	20
Avril-juillet	02	10
Effectif total (nbre d'années)	20	100

A 60% des cas, la petite saison des pluies s'étale du mois de mars au mois de juin les années avant les épisodes Niño à Ebolowa; à 60% des cas entre le mois de février et le mois de juin, avec une proportion (30%) entre le mois d'avril et de juin les années à épisodes El Niño. A 60% des cas elle se retrouve entre les mois de février et de juillet, dont 35% entre le mois de mars et de juin.

2.5.2. Pluviométrie à Ebolowa pendant les grandes saisons sèche et pluvieuse les années avant, pendant et après les épisodes El Niño

La grande saison des pluies démarre précocement (début-août), et s'arrête précocement (début novembre) à Ebolowa les années avant les épisodes El Niño. Cette situation irrégulière provoque une stabilité apparente des quantités de précipitations pendant la grande saison des pluies (10 années excédentaires et 10 années déficitaires). De plus, l'évolution des tendances des quantités de précipitations indique une augmentation progressive pendant les grandes saisons (sèche et pluvieuse). Les moyennes enregistrées sont respectivement de 727 mm pendant la grande saison des pluies, et de 126 mm pendant la grande saison sèche. Par ailleurs, la distribution dans le temps desdites pluies indique que l'augmentation observée s'accompagne d'un étalement de plus en plus croissant des volumes pendant la grande saison des pluies. Contrairement à la grande saison des pluies, la longueur de la grande saison sèche se raccourcit progressivement et dure en moyenne 16 jours de pluies par an (tableau 130).

Tableau 84: Caractéristiques de la pluviométrie pendant les grandes saisons sèche et pluvieuse à Ebolowa les années avant, pendant et après les épisodes El Niño

Variables les années avant El Niño	Observations (années)	Moyenne			Min			Max			Probabilité d'enregistrer des années excédentaires (%)			Probabilité d'enregistrer des années déficitaires (%)		
		Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après
Nombre de jours des pluies saisons sèches (jrs)	20	16	52	58	4	35	42	26	71	80	55,55	50	31,57	44,44	50	68,42
Dates débuts saisons des pluies (jr de l'année)		225	228	208	186	175	160	250	260	252	50	61,11	52,63	50	38,88	47,36
Dates fins saisons des pluies (jr de l'année)		307	304	311	297	250	299	327	350	333	38,88	50	36,84	61,11	50	63,15
Longueur saisons des pluies (jrs)		82	76	103	53	20	49	115	150	150	55,55	55,55	47,36	44,44	44,44	52,60
Longueur saisons sèches (jrs)		54	137	117	31	49	30	70	204	217	50	47,05	42,10	50	52,94	57,89
Précipitations saisons des pluies (mm)		727	745	741	450	468	464	1096	1179	1096	50	50	42,10	50	50	57,89
Nombre de jours des pluies saisons des pluies (jrs)		126	18	15	30	9	7	262	32	20	50	61,11	52,63	50	38,88	47,36
Précipitations		416	352	458	104	135	142	526	471	480	55,55	50	31,57	44,44	50	68,42

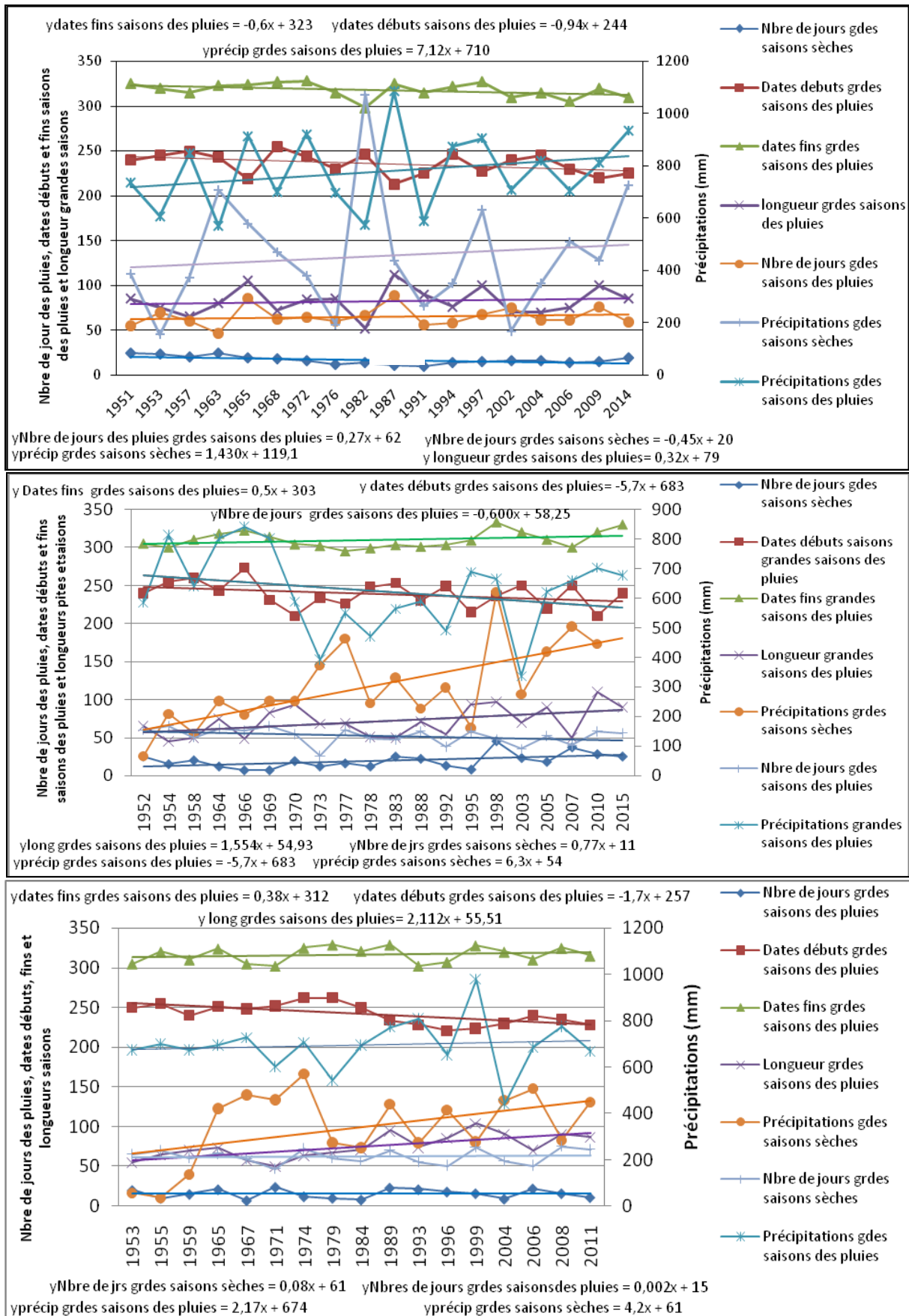


Figure 99: Évolution de la pluviométrie à Ebolowa pendant les grandes saisons sèche et pluvieuse les années avant (a), pendant (b) et après (c) les épisodes El Niño de 1950 à 2015

Le tableau 145a présente la dynamique de la grande saison des pluies les années avant les épisodes El Niño de 1950 à 2015. Il ressort dudit tableau qu'à 65% des cas, la grande saison des pluies s'étale sur 03 mois (septembre-novembre), et qu'à 25% des cas du mois d'août au mois de novembre.

Globalement, la grande saison des pluies s'étale du mois d'août au mois de décembre de 1950 à 2015 les années à épisode El Niño. Le tableau 145b révèle que la longueur de ladite saison s'étale à 75% des cas sur 03 mois (août-novembre) de 1950 à 2015. Il ressort également qu'à 35% des cas, elle reste concentrée entre septembre et novembre.

Les années après El Niño sont marquées à 80% des cas par une concentration de la longueur de la grande saison des pluies sur 03 mois (août-novembre) sur les 20 épisodes étudiés (tableau 131c). Ce même tableau révèle qu'à 40% des cas ladite saison est concentrée entre les mois de septembre et de novembre, et à 40% des cas entre les mois d'août et de novembre.

Tableau 85 : Dynamique de la longueur de la grande saison des pluies à Ebolowa les années avant, pendant et après les épisodes El Niño.

Tableau 131a : Les années avant les épisodes El Niño

Période	Effectifs (nbre d'années)	Fréquences (%)
sept-nov	13	65
août-nov	05	25
sept-oct	02	10
Effectif total (nbre d'années)	20	100

Tableau 131b : Les années à épisodes El Niño

Période	Effectifs (nbre d'années)	Fréquences (%)
sept-oct	03	15
août-nov	04	20
Sept-nov	07	35
août-oct	04	20
sept-déc	01	5
juill-oct	01	5
Effectif total (nbre d'années)	20	100

Tableau 131c : Les années après les épisodes El Niño

Période	Effectifs (nbre d'années)	Fréquences (%)
sept-nov	08	40
août-nov	08	40
sept-oct	02	10
août-oct	01	5
juillet-oct	01	5
Effectif total (nbre d'années)	20	100

À 65% des cas, la grande saison des pluies s'étale du mois de septembre au mois de novembre à Ebolowa, dont 25% des cas du mois d'août au mois de novembre, les années avant les épisodes El Niño. À 75% des cas elle s'étale du mois d'août au mois de novembre les années à épisode El Niño, et à 35% des cas entre les mois de septembre et de novembre les années après lesdits épisodes.

2.6. Les épisodes El Niño et la pluviométrie à l'échelle saisonnière à Bertoua dans la zone forestière à pluviométrie bimodale du Cameroun

Bertoua est soumise comme les autres localités de la zone forestière bimodale, à l'influence d'un climat subéquatorial chaud et humide de type guinéen classique (Martin, 1985 ; Green Alert network, 2015). Ce type de climat est marqué par l'alternance d'une grande saison sèche (mi-novembre à mi-mars), d'une petite saison de pluies (mi-mars à mi-juin), d'une petite saison sèche (juin à mi-août) et une grande saison de pluies (mi-août à mi-novembre). Comme dans les autres localités, les épisodes El Niño exercent une influence significative sur la pluviométrie de Bertoua.

2.6.1. Pluviométrie à Bertoua pendant les petites saisons sèche et pluvieuse les années avant, pendant et après les épisodes El Niño

Les pluies commencent tardivement (début mars) et finissent tardivement (fin juin) les années avant les épisodes El Niño. Au cours desdites années, on enregistre 60% de cas sur les 20 épisodes observés de déficit pluviométrique pendant la petite saison des pluies. Les pluies enregistrées pendant ladite saison diminuent, avec en moyenne 611mm de pluies enregistrées au cours de l'année. La saison des pluies à son tour se rallonge au fil des années, avec une moyenne annuelle qui avoisine 03 mois et demi. Pendant la saison sèche, les hauteurs des précipitations augmentent légèrement, avec une moyenne annuelle qui dépasse difficilement 117 mm de pluies, étalées sur 17 jours en moyenne. Ce déphasage entre les quantités de pluies en augmentation et le nombre de jours des pluies en diminution aurait des conséquences remarquables sur le milieu physique, la vie des populations, ainsi que leurs activités (notamment l'agriculture, l'élevage, la pêche, etc.).

Les années à épisode El Niño connaissent à leur tour des démarrages tardifs (fin mars) et des fins tardives (fin juin) des saisons des pluies à Bertoua. Ces années sont de moins en moins arrosées dans l'ensemble, avec des déficits pluviométriques importants. Les moyennes sont respectivement de 605 mm de pluies par an pendant la petite saison des pluies et de 102 mm de pluies par an pendant la petite saison sèche. La baisse des volumes pluviométriques pendant la petite saison des pluies s'accompagne d'une diminution de sa longueur qui se rapproche de 03 mois (figure 132).

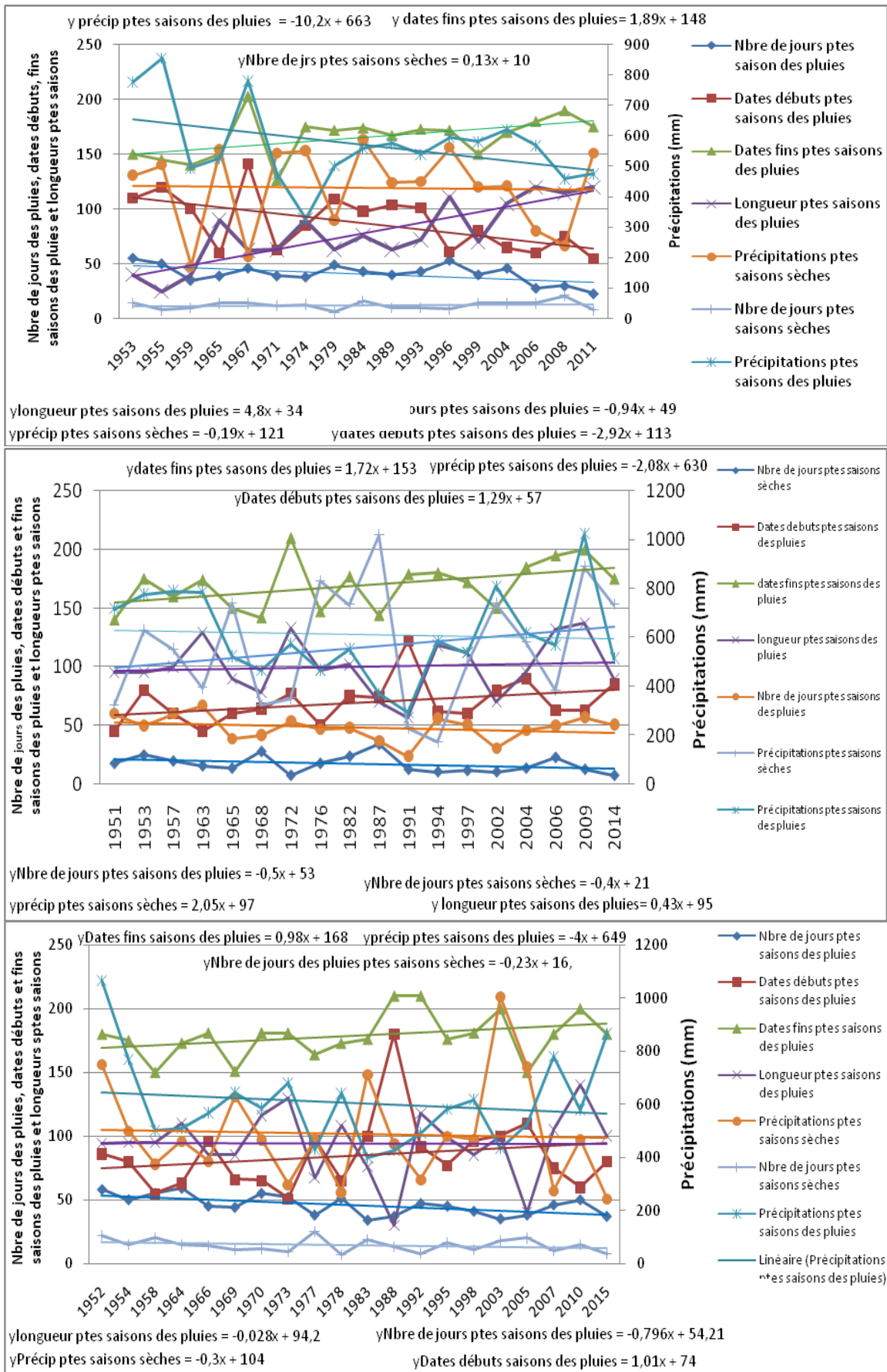


Figure 100 : Évolution de la pluviométrie à Bertoua pendant les petites saisons sèche et pluvieuse les années avant (a), pendant (b) et après (c) les épisodes El Niño de 1950 à 2015

Pour ce qui est des années après les épisodes El Niño, les saisons des pluies démarrent précocement (début mars) et se terminent précocement (fin-mai), bouleversant ainsi le rythme saisonnier annuel. Pendant ces phases post El Niño, les pluies diminuent sur les deux petites saisons (sèche et pluvieuse). En même temps qu'elles diminuent pendant la petite saison des pluies, le nombre de jours des pluies diminue également. Les moyennes enregistrées pendant ladite saison sont respectivement de 571 mm de pluies en moyenne par an, étalées sur 41 jours et de 119 mm de pluies, étalées sur 12 jours en moyenne par an pendant la petite saison sèche.

Les années avant les épisodes El Niño sont marquées par une forte concentration de la saison des pluies entre le mois d'août et de novembre. Les résultats obtenus au tableau 132a indiquent qu'à 85% des cas, la saison des pluies s'étale du mois d'août au mois de novembre.

Les années à épisodes El Niño connaissent majoritairement une longueur de la grande saison des pluies comprise entre 02 et 04 mois. Le tableau 132b indique qu'à 70% des cas la longueur de la saison des pluies est comprise entre le mois de mars et de juin les années à épisode El Niño. Pour ce qui est des années après lesdits épisodes, le tableau 132c indique qu'à 75% des cas ladite saison a été concentrée entre le mois de mars et de juin, avec une forte proportion (50%) entre le mois d'avril et le mois de juin.

Tableau 86: Dynamique de la longueur de la grande saison des pluies à Bertoua les années avant, pendant et après les épisodes El Niño

Tableau 132a. : Les années avant l'épisode El Niño

Période	Effectifs (nbre d'années)	Fréquences (%)
Août-sept	01	5
Sept-nov	09	45
Juillet-oct	01	5
Août-nov	08	40
Juillet-nov	01	5
Effectif total (nbre d'années)	20	100

Tableau 132b. : Les années à épisode El Niño

Période	Effectifs (nbre d'années)	Fréquences (%)
Fév-juillet	02	10
Mars-juin	10	40
Avril-juin	06	30
Avril-juillet	02	10
Effectif total (nbre d'années)	20	100

Tableau 132c. : Les années après l'épisode El Niño

Période	Effectifs (nbre d'années)	Fréquences (%)
Fév-juin	03	15
Avril-juin	10	50
Mars-mai	05	25
Avril-juillet	01	5
Fév-mai	01	5
Effectif total (nbre d'années)	20	100

2.6.2. Pluviométrie pendant les grandes saisons sèche et pluvieuse à Bertoua dans la Région de l'Est les années avant, pendant et après les épisodes El Niño

La grande saison des pluies est plutôt stable à Bertoua les années avant les épisodes El Niño (10 années excédentaires et 10 années déficitaires). Pendant ces phases El Niño, la grande saison des pluies démarre précocement (mi-août), et finit tardivement (fin octobre-début novembre) (tableau 133). L'évolution temporelle du rythme pluviométrique indique une tendance à l'augmentation des quantités de précipitations pendant la grande saison des pluies (1500 mm en moyenne). Celles-ci s'accompagnent d'un rallongement de sa longueur (02 mois et 22 jours en moyenne). Pendant la grande saison sèche, les quantités de précipitations diminuent au même titre que le nombre de jours de pluies (52 mm de pluies en moyenne en 14 jours).

Tableau 87: Caractéristiques des variables pluviométriques pendant les grandes saisons sèches et pluvieuses à Bertoua avant, pendant et après les épisodes El Niño

Variables les années avant El Niño	Observations (années)	Moyenne			Min			Max			Probabilité d'enregistrer des années excédentaires (%)			Probabilité d'enregistrer des années déficitaires (%)		
		Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après
Nombre de jours des pluies grandes saisons sèches (jrs)	20	14	18	15	4	35	42	26	71	80	55,5	55	35,29	44,4	45	64,70
Dates débuts grandes saisons des pluies (jr de l'année)		225	226	243	186	175	160	250	302	252	50	55	58,82	50	45	41,17
dates fins grandes saisons des pluies (jr de l'année)		337	328	352	297	250	299	327	350	333	38,88	50	41,17	61,11	50	58,82
Longueur grandes saisons des pluies (jours)		82	76	103	53	20	49	115	150	150	55,55	50	52,94	44,44	50	47,05
longueur grandes saisons sèches (jrs)		54	137	117	31	49	30	70	204	217	50	40	47,05	50	60	52,94
Précipitations grandes saisons des pluies (mm)		1500	1499	1518,7	1244	1201	1201	1896	1925	1657	50	45	47,05	50	55	52,94
Nombre de jours grandes saisons des pluies (jrs)		128	130	131	100	111	114	148	145	152	50	55	58,82	50	45	41,17
Précipitations grandes saisons sèches (mm)		16	52	58	4	35	42	26	71	80	55,55	55	35,29	44,44	45	64,70

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

La figure 133b indique un déficit pluviométrique général à Bertoua les années à épisode El Niño. Celle-ci est marquée par 55% de déficits pluviométriques pendant la grande saison des pluies et par 45% de déficits pendant la grande saison sèche. Ces déficits pluviométriques s'accompagnent des débuts précoces de la grande saison des pluies (mi-août), tandis qu'à l'opposé la fin de ladite saison est tardive (début novembre). Par ailleurs, à l'échelle saisonnière la figure 133c révèle une tendance à l'augmentation des quantités de précipitations au même titre que la longueur de ladite saison pendant la grande saison des pluies. La moyenne est de 1499 mm de pluies, étalées sur moins de 03 mois (130 jours en moyenne). Pendant la grande saison

sèche, les quantités de précipitations diminuent au même rythme que le nombre de jours des pluies. La moyenne est de 52 mm de pluies, étalées sur 18 jours en moyenne.

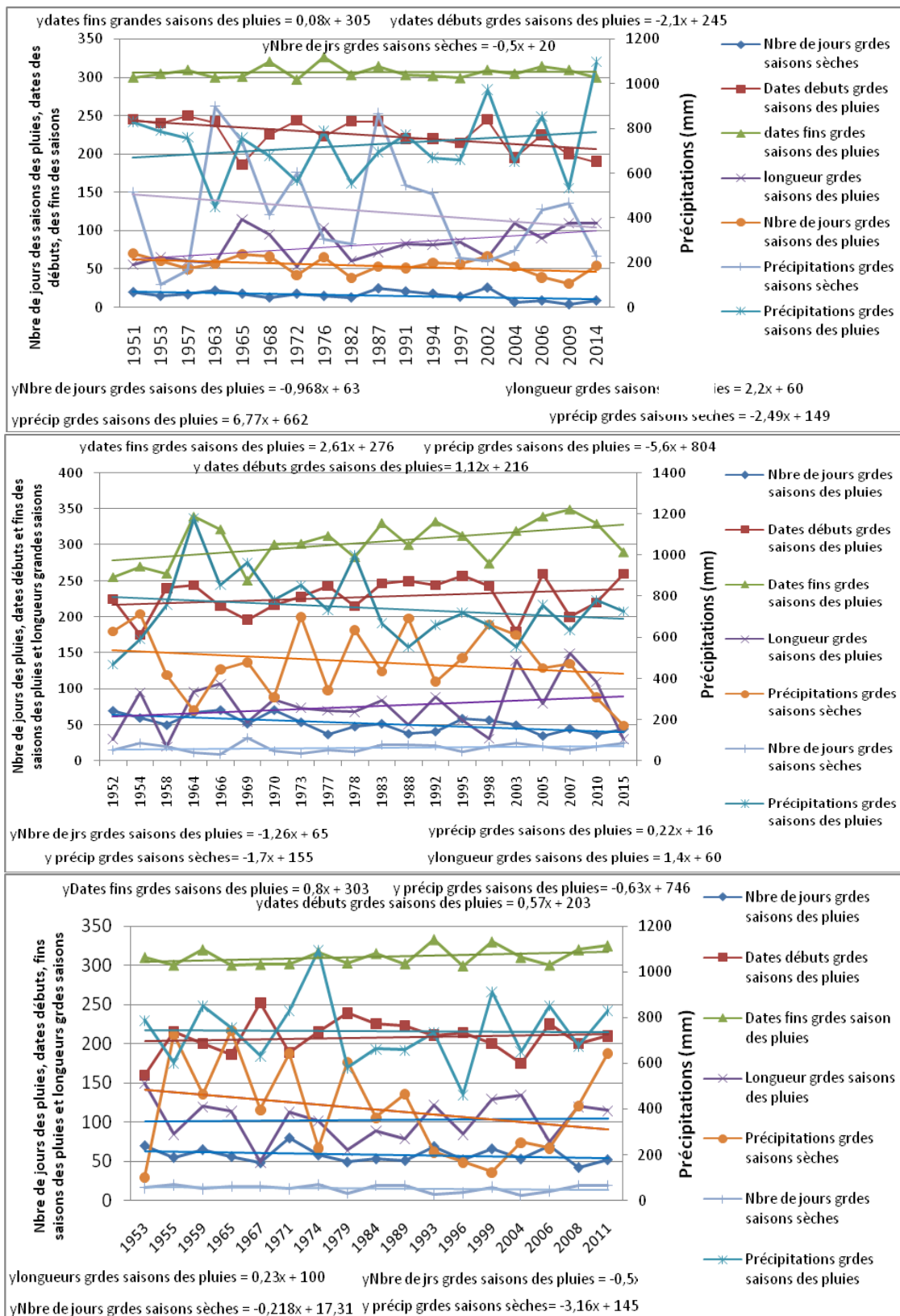


Figure 101 : Pluviométrie à Bertoua pendant les grandes saisons sèche et pluvieuse les années avant (a) et pendant (b) et après (c) les épisodes El Niño et de 1950 à 2015

La longueur de la grande saison des pluies a fortement varié à Bertoua les années avant, pendant et après les épisodes El Niño (tableau 134). Le tableau 134a indique qu'à 85% des cas la longueur de la grande saison des pluies s'étale sur 03 mois, du mois d'août au mois de novembre les années avant les épisodes El Niño.

Pendant les années à épisode El Niño (tableau 134b), la longueur de la grande saison des pluies se concentre en majorité entre les mois d'août et de novembre. La plus forte proportion (55% des cas) se concentre sur 02 mois (entre le mois d'août et d'octobre), et à 20% des cas entre le mois de septembre et de novembre.

Les années après les épisodes connaissent une forte concentration de la grande saison des pluies entre les mois d'août et de novembre, ce qui représente 75% des cas sur les 20 épisodes étudiés (tableau 134b). Pour ce cas, la proportion la plus importante (30% des cas) concentre la longueur de ladite saison des pluies entre le mois d'août et d'octobre.

Tableau 88: Dynamique de la longueur de la grande saison des pluies à Bertoua les années avant, pendant et après les épisodes El Niño

Tableau 134a : Dynamique de la longueur de la grande saison à Bertoua

Période	Effectifs (nbre d'années)	Fréquences (%)
Sept-Nov	09	45
Août-Oct	04	20
Juillet-Oct	01	5
Sept-Oct	04	20
Juillet-Nov	01	5
Août-Sept	01	5
Effectif total (nbre d'années)	20	100

Tableau 134b : Dynamique de la grande saison des pluies à Bertoua les années à épisodes El Niño

Période	Effectifs (nbre d'années)	Fréquences (%)
Août-Nov	03	15
Juillet-Sept	01	5
Août-Oct	11	55
Sept-Nov	04	20
Juillet-Oct	01	5
Effectif total (nbre d'années)	20	100

Tableau 134c : Dynamique de la grande saison des pluies à Bertoua les années après les épisodes El Niño

Période	Effectifs (nbre d'années)	Fréquences (%)
Sept-Oct	05	25
Août-Nov	03	15
Juillet-Sept	01	5
Août-Oct	06	30
Sept-Nov	04	20
Juillet-Oct	01	5
Effectif total (nbre d'années)	20	100

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER
Réalisation : Auteur, 2017

2.7. Episodes El Niño et pluviométrie à l'échelle saisonnière à Bafoussam dans la Région de l'Ouest Cameroun

Les pluies commencent de plus en plus tôt (fin mars) pour finir tardivement (début novembre) à Bafoussam les années qui précèdent les épisodes El Niño (tableau 135). Ce décalage entre les débuts précoces et les fins tardives s'accompagne d'un rallongement de la saison des pluies (qui se rapproche de plus en plus de 08 mois), tandis que la saison sèche en régression atteint difficilement 5 mois. Cette dynamique des saisons s'accompagne d'un excédent pluviométrique pendant les saisons des pluies (61% d'années excédentaires sur les 20 épisodes observés). La moyenne des précipitations est estimée à 1717 mm de pluies pendant la saison, étalées sur 128 jours en moyenne les années avant les épisodes. La saison sèche quant-à elle, reste faiblement arrosée, avec des totaux pluviométriques annuels qui n'excèdent pas 85 mm étalées sur une moyenne de 12 jours par an.

Tableau 89 : Caractéristiques saisonnières des variables pluviométriques à Bafoussam avant les épisodes El Niño

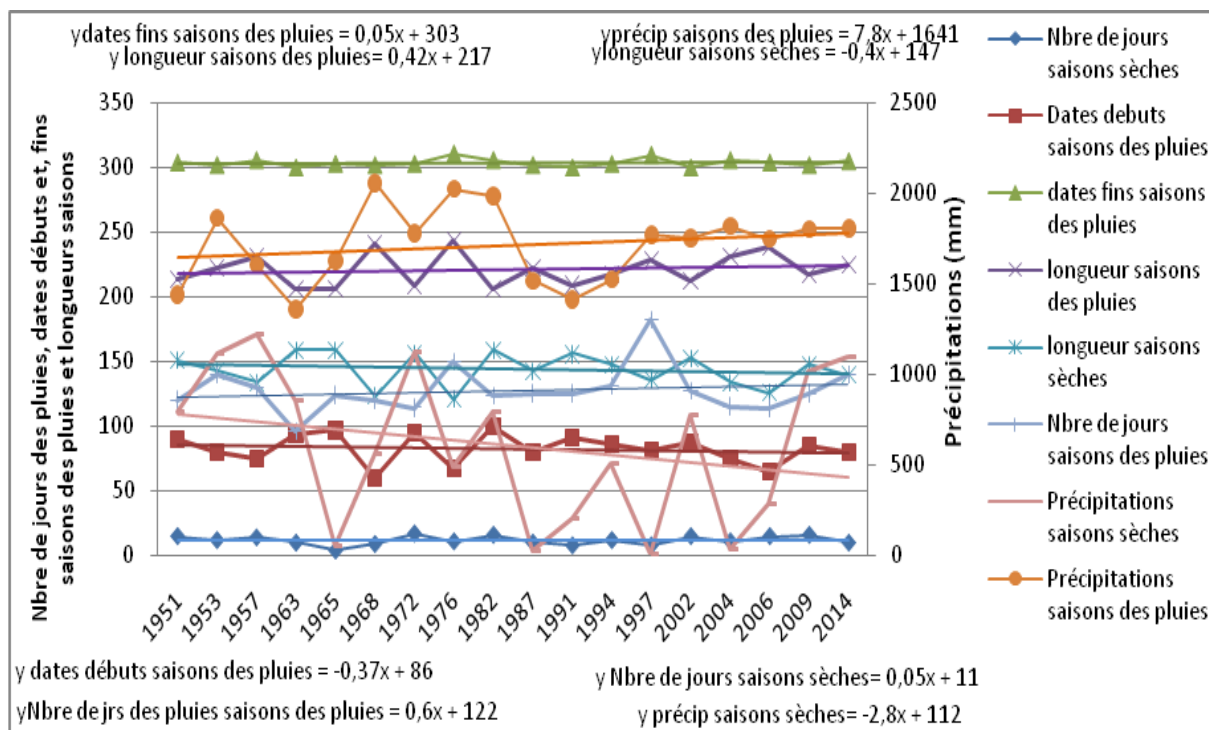
Variables les années avant El Niño	Observations (années)	Moyenne			Min			Max			Probabilité d'enregistrer des années excédentaires (%)			Probabilité d'enregistrer des années déficitaires (%)		
		Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après
Nombre de jours des pluies saisons sèches (jrs)	20	12	151	126	4	117	52	17	212	163	50	40	41,17	50	60	58,82
Dates débuts saisons des pluies (jr de l'année)		83	85,6	83	60	61	66	100	105	117	50	55	41,17	50	45	58,82
dates fins saisons des pluies (jr de l'année)		304	300,1	293	300	273	276	311	316	303	44,44	50	47,05	55,55	50	52,94
longueur saisons des pluies (jrs)		221	215	210	206	176	182	244	249	226	50	55	52,94	50	45	47,05
longueur saisons sèches (jrs)		144	151	155	121	116	130	159	189	183	44,44	45	52,94	55,55	55	47,05
Précipitations saisons des pluies (mm)		1717	1644	1695	1362	1129	1467	2056	1889	1863	61,11	65	29,41	38,88	35	70,58
Nombre de jours saisons des pluies (jrs)		128	121	132	96	36	114	182	195	163	33,33	60	41,17	66,66	40	58,82
Précipitations saisons sèches (mm)		85	13	11	1	3	4	171	20	22	50	60	52,94	50	40	47,05

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER
Réalisation : Auteur, 2017

Pour ce qui est des années El Niño, il ressort de la figure 134 que les débuts des saisons des pluies sont de plus en plus tardifs (fin mars), au même titre que les fins desdites saisons (fin septembre et début octobre). Cette variation des dates des débuts et des fins des saisons s'accompagne d'un rallongement de la saison des pluies, très remarquable pour les années 1954 ; 1964, 1969, 1978, 1988, 1992, 1995, 2007, 2010 et 2015, dont la longueur n'excède pas 07 mois. De l'autre, la saison sèche se rétrécit davantage. Seules les années 1952, 1970, 1973, 1977, 1983, 1998 et 2005 ont atteint le record de 06 mois, les autres années tournent autour de 05 mois

et demi. De plus, les quantités de pluies tombées augmentent simultanément avec le nombre de jours des pluies en saison pluvieuse (en moyenne 1644 mm de pluies sur 151 jours en moyenne). La saison sèche curieusement reste moins arrosée (121 mm de pluies en 13 jours en moyenne par an).

La figure 134c révèle que les dates des débuts et des fins des saisons des pluies varient fortement à Bamenda les années après les épisodes El Niño. Les pluies commencent précocement (fin février et début mars) pour finir précocement (début octobre). Ces pluies s'accompagnent d'un rallongement de la saison d'environ 08 mois. De l'autre côté, la saison sèche se raccourcit, et atteint de moins en moins les 04 mois habituels. Globalement, la tendance évolutive des quantités de précipitations indique une diminution pendant les deux saisons (sèche et pluvieuse). La moyenne pluviométrique est estimée à 1695 mm de pluies, étalées sur 126 jours pendant la saison des pluies et de 132 mm étalés sur 11 jours pendant la saison sèche. Ce résultat confirme les constats faits par Amougou et al (2014 et 2016), qui signalent une diminution des tendances des quantités de précipitations aux échelles annuelles à Bafoussam entre 1960 et 2000. De plus, au même titre que les saisons des pluies en diminution, le rythme pluviométrique est excédentaire pendant la saison sèche, avec 52,9% d'années sur les 20 épisodes observés.



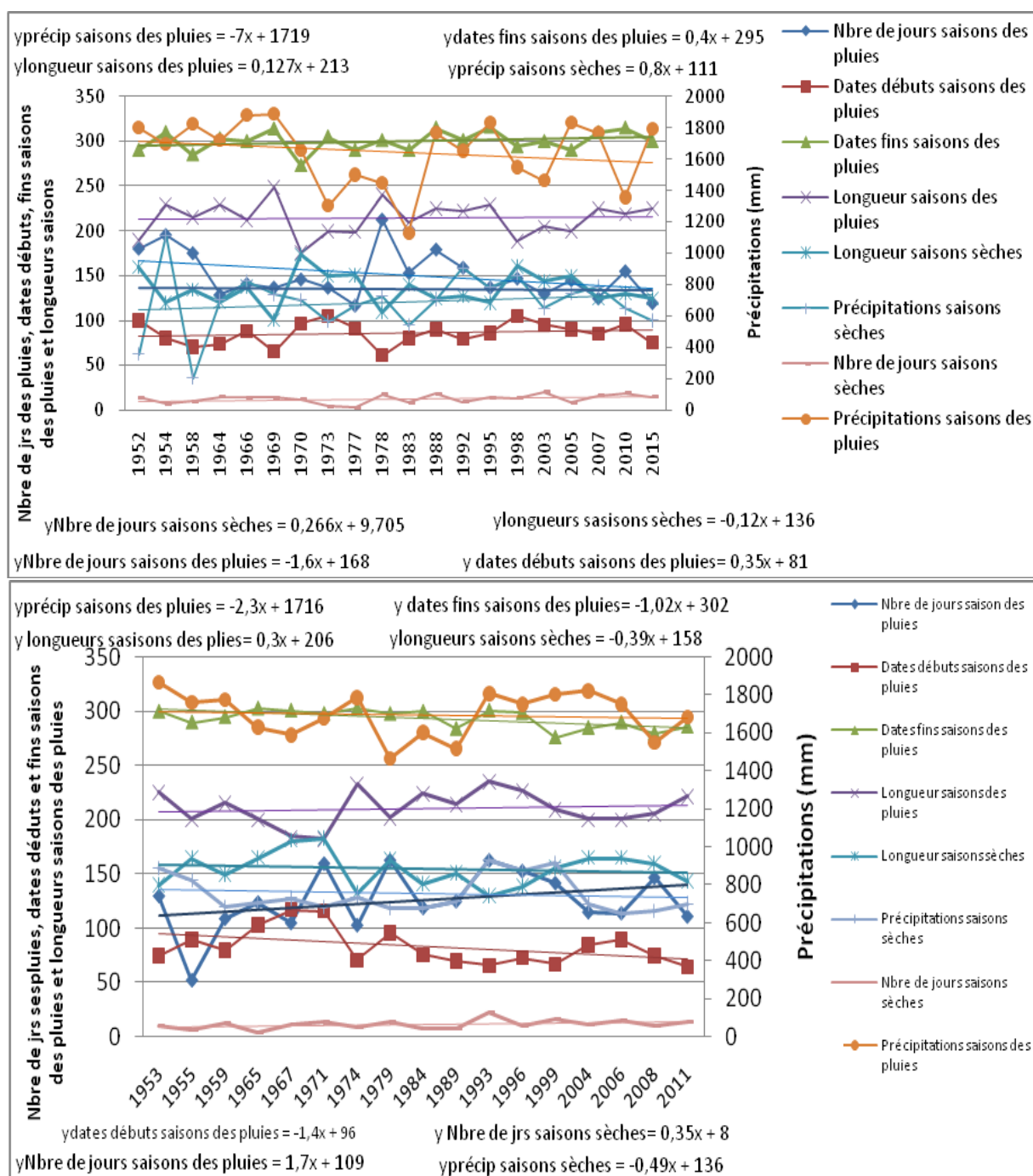


Figure 102: Évolution de la pluviométrie saisonnière à Bafoussam les années avant (a) et pendant (b) et après (c) les épisodes El Niño de 1950 à 2015

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

La longueur de la saison des pluies varie fortement à Bafoussam dans la Région de l'Ouest Cameroun que ce soit les années avant, pendant ou après les épisodes El Niño. Le tableau 136a révèle que la longueur de la saison des pluies varie entre 06 et 09 mois les années avant lesdits épisodes, avec une forte proportion (45% des cas) entre le mois d'avril et d'octobre.

Le tableau 136b quant-à lui révèle qu'à 55 % des cas la longueur de la saison des pluies s'étale entre le mois de mars et d'octobre (soit sur 07 mois) les années à épisode El Niño au même titre que les années après lesdits épisodes. Elle se situe à 20% des cas entre le mois d'avril et d'octobre, soit sur une durée de 06 mois les années avant lesdits épisodes et à 35% des cas entre le mois d'avril et d'octobre les années après ces épisodes.

Tableau 90: Dynamique de la longueur de la saison des pluies à Bafoussam les années avant, pendant et après les épisodes El Niño.

Tableau 136a : Dynamique des saisons à Bafoussam les années avant les épisodes El Niño

Période	Effectifs (nbre d'années)	Fréquences
Avril-oct	09	45
Fév-nov	01	5
Mars-oct	04	20
Mars-nov	04	20
Avril-nov	02	10
Effectif total (nbre d'années)	20	100

Tableau 136b : Dynamique de la saison des pluies à Bafoussam les années à épisodes El Niño

Période	Effectifs (nbre d'années)	Fréquences (%)
Mars-oct	11	55
Avr-oct	04	20
avr-nov	01	5
Mars-nov	02	10
Avr-sept	02	10
Effectif total (nbre d'années)	20	100

Tableau 136c : Dynamique de la saison des pluies à Bafoussam les années après les épisodes El Niño

Période	Effectifs (nbre d'années)	Fréquences (%)
Fév-nov	01	5
Mars-oct	11	55
Avr-oct	07	35
Avr-nov	01	5
Effectif total (nbre d'années)	20	100

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER
Réalisation : Auteur, 2017

La longueur de la saison des pluies varie entre 06 et 09 mois les années avant les épisodes El Niño, avec une forte proportion (45% des cas) entre le mois d'avril et d'octobre à Bafoussam. Elle se situe à 55 % des cas entre le mois de mars et d'octobre (soit sur 07 mois) les années à épisode El Niño au même titre que les années après lesdits épisodes.

2.8. Épisodes El Niño et pluviométrie à l'échelle saisonnière à Bamenda dans la Région du Nord-Ouest Cameroun

Bamenda est situé dans la zone des hauts plateaux du Cameroun, sur une hauteur d'environ 1350 m d'altitude. Le tableau 137 révèle que dans cette zone des hauts plateaux, les premières pluies apparaissent vers la fin du mois de mars et, finissent vers la fin du mois

d'octobre les années avant les épisodes El Niño. L'évolution saisonnière des quantités de pluies indique une diminution pendant la saison des pluies, tandis qu'elles augmentent pendant la saison sèche. La moyenne annuelle est respectivement de 113 mm de pluies pendant la saison sèche, et de 2399 mm pendant la saison des pluies. La diminution des quantités de pluies pendant la saison des pluies s'accompagne d'une diminution de la longueur de ladite saison (07mois en moyenne). Contrairement à cela, on observe un rallongement de la saison sèche depuis 1990, avec une moyenne annuelle qui ne dépasse pas 05 mois. Le nombre de jours des pluies augmente pour les deux saisons (sèche et pluvieuse). Les quantités de pluies enregistrées s'étalent sur des périodes plus longues, soit sur 06 mois et demi pendant la saison des pluies et environ pendant 12 jours seulement pendant la saison sèche. On observe également un déficit pluviométrique généralisé, caractérisé par 55,55% d'années déficitaires pendant les saisons sèches et pluvieuses.

Tableau 91: Caractéristiques saisonnières des variables pluviométriques à Bamenda les années avant, pendant et après les épisodes El Niño.

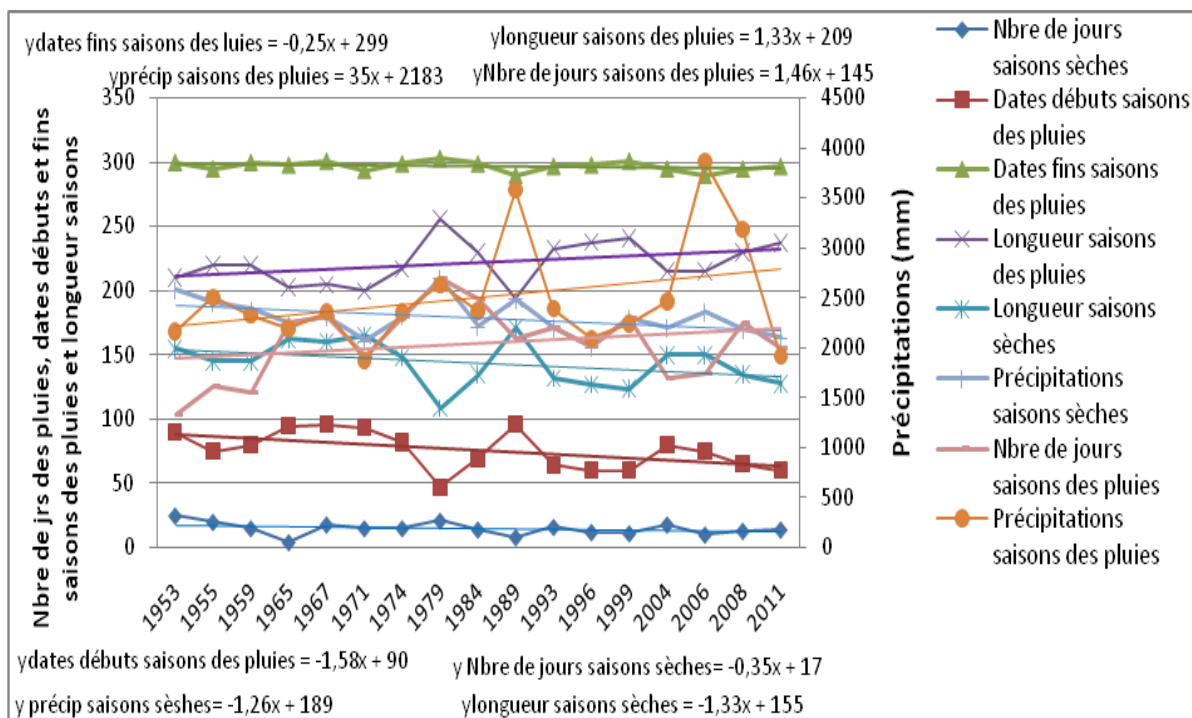
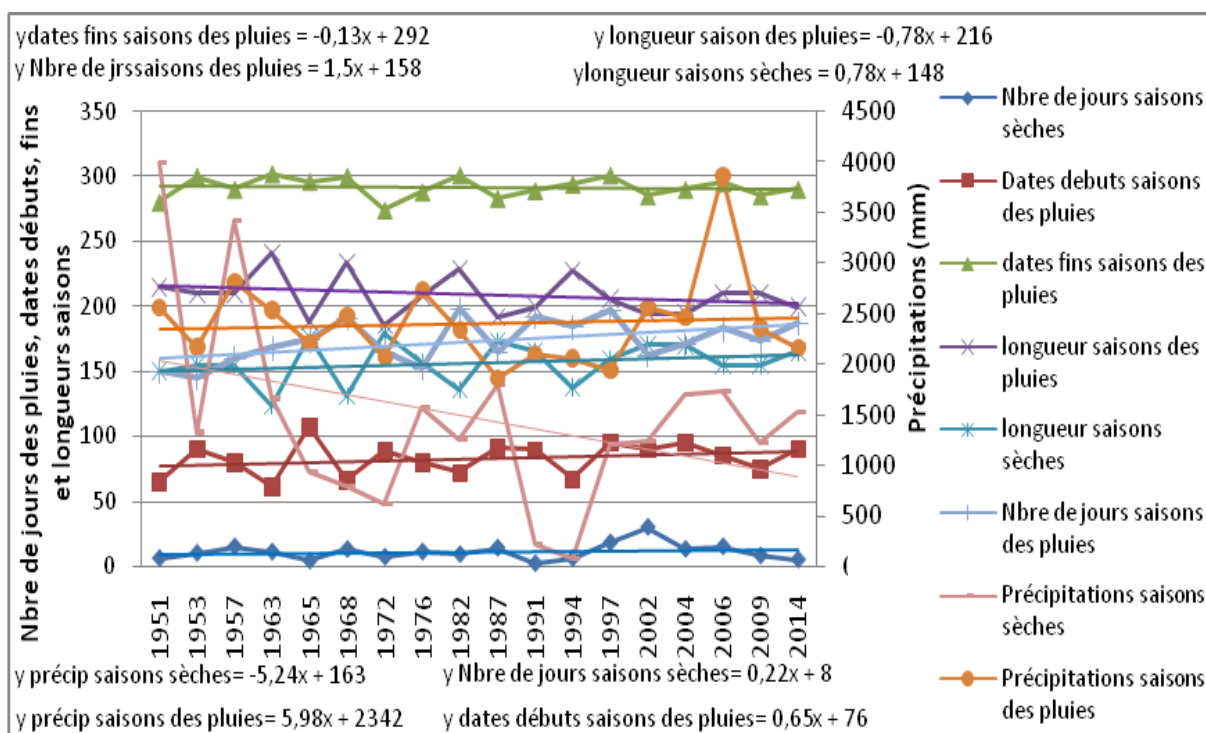
Variables les années avant El Niño	Observations (années)	Moyenne			Min			Max			Probabilité d'enregistrer des années excédentaires (%)			Probabilité d'enregistrer des années déficitaires (%)		
		Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après
Nombre de jours des pluies saisons sèches (jrs)	20	10,9	175,2	14,64	2	150	4	30	202	25	50	50	52,94	50	50	47,05
Dates débuts saisons des pluies (jour de l'année)		82,5	78,7	75,7	61	60	47	107	113	96	55,55	40	47,06	44,44	60	52,94
dates fins saisons des pluies (jrs de l'année)		291,2	297,5	297	274	276	290	302	318	303	44,44	50	52,94	55,55	50	47,05
longueur saisons des pluies (jrs)		208,7	219	221,4	186	163	194	241	245	256	57,89	60	41,17	42,10	40	58,82
longueur saisons sèches (jrs)		156,2	146	143,5	124	120	109	179	202	171	50	40	58,82	50	60	41,17
Précipitations saisons des pluies (mm)		2399	2330,2	2504	1857	1796	1880	3861	3227	3861	44,44	45	29,41	55,55	55	70,58
Nombre de jours des pluies saisons des pluies (jrs)		173,1	178	178,5	145	142	156	198	210	209	44,44	45	47,05	55,55	55	52,94
Précipitations saisons sèches (mm)		113,5	12,2	158,4	6	5	103	310	22	209	44,44	45	52,94	55,55	55	47,05

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

Les épisodes El Niño s'accompagnent de déficits pluviométriques conséquents à Bamenda pour les deux saisons (sèche et pluvieuse). Pendant ces épisodes, la saison des pluies ne cesse de se rallonger. Elles commencent très souvent précocement (mi-mars) pour finir tardivement (fin octobre). Les quantités des pluies diminuent quelle que soit la saison, avec des moyennes de 2330,2 mm de pluies pendant les saisons des pluies et de 178 mm de pluies par an pendant la saison sèche. Quant-à la longueur des saisons, pendant qu'elle diminue en saison des pluies (06 mois en moyenne), elle augmente en saison sèche. De plus, la figure 135 indique que le nombre de jours des pluies diminue pendant les deux saisons (sèche et pluvieuse). Pendant la

saison des pluies, le record de 175 jours est parfois atteint, il en est de même pour les 12 jours qui représentent la moyenne en saison sèche.



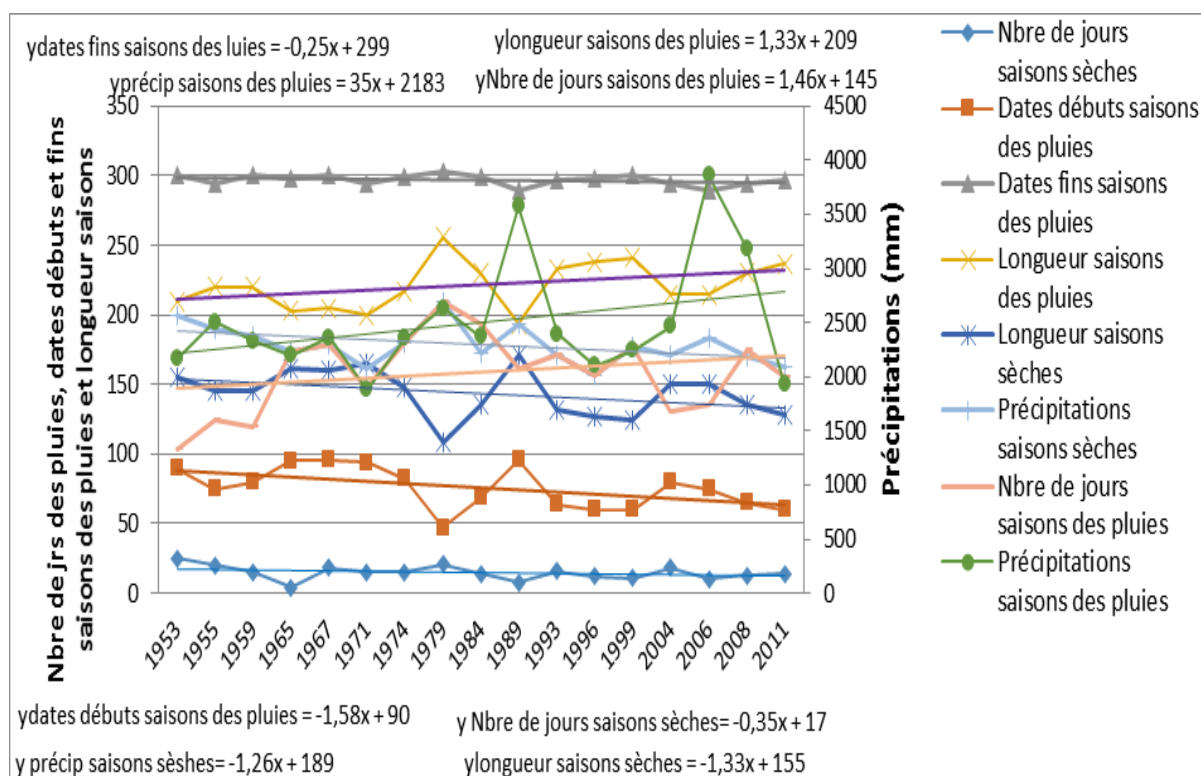


Figure 103 : Evolution de la pluviométrie saisonnière à Bamenda les années avant (a) et pendant (b) et après les épisodes El Niño de 1950 à 2015

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

Pour ce qui est des années El Niño, les pluies commencent précocement (mi-mars) et, finissent précocement (fin octobre) à Bamenda. La dynamique des dates d'apparition et des fins des saisons des pluies s'accompagne d'une diminution de la longueur de la saison sèche (05 mois à peine) et, d'une augmentation de la saison des pluies (dépassé parfois les 07 mois habituels). En ce qui concerne les volumes pluviométriques, la figure 135c révèle également que les deux saisons évoluent en sens opposés. Pendant que la saison des pluies augmente, la saison sèche diminue.

Le tableau 138 présente un déficit pluviométrique général pendant les saisons sèches et pluvieuses après lesdits épisodes El Niño. Les moyennes enregistrées indiquent que 70,58% de cas sur les 20 années sont déficitaires pendant la saison des pluies, et 47% des cas sont déficitaires en saison sèche. En même temps que les quantités de pluies augmentent en saison sèche, leur étalement augmente (05 mois et demi en moyenne). À l'opposé pendant la saison sèche, le nombre de jours des pluies diminue, avec 47% des cas qui tombent sur une moyenne de 15 jours au cours de l'année.

Les épisodes El Niño influencent fortement la longueur de la saison des pluies à Bamenda dans la Région du Nord-Ouest Cameroun. Le tableau 138a révèle que pour les années avant lesdits épisodes, la proportion la plus importante concerne la période comprise entre le mois de mars et d'octobre, qui représente 70% des cas.

Pour ce qui est des années à épisode El Niño, le tableau 138b relève qu'à 85% des cas la saison des pluies s'étendent sur 08 mois (mars-novembre) les années à épisode El Niño. Le même tableau relève qu'à 70% des cas la longueur de ladite saison s'étale sur 07 mois, soit de mars à octobre. Le tableau 138c ci-dessous indique qu'à 85% des cas la longueur de la saison des pluies s'étend sur 07 mois (mars-octobre) les années après les épisodes El Niño. Pour ce cas, la proportion la plus importante (55% des cas) présente une longueur de la saison des pluies qui s'étale sur 07 mois, de mars à octobre.

Tableau 92 : Dynamique de la longueur de la saison des pluies à Bamenda les années avant, pendant et après les épisodes El Niño

Tableau 138a : Les années avant les épisodes El Niño

Période	Effectif (nbre d'années)	Fréquence
Mars-oct	10	50%
Avr-oct	04	20%
Mars-oct	05	25%
Fév-oct	01	5%
Effectif total (nbre d'années)	20	100%

Tableau 138b : Les années à épisodes El Niño

Période	Effectif (nbre d'années)	Fréquence
Mars-oct	14	70%
Mars-sept	01	5%
mars-nov	03	15%
Avr-oct	02	10%
Effectif total (nbre d'années)	20	100%

Tableau 138c : Les années après les épisodes El Niño

Période	Effectif (nbre d'années)	Fréquence
mars-oct	11	55%
avr-oct	06	30%
fév-oct	02	10%
jan-oct	01	5%
Effectif total (nbre d'années)	20	100%

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER
Réalisation : Auteur, 2017

À 70% des cas, la longueur de la saison des pluies se situe entre le mois de mars et d'octobre (sur 07 mois) les années avant les épisodes El Niño, à 85% des cas elle s'étend sur 08 mois (mars-novembre), les années à épisode El Niño et à 85% des cas sur 07 mois (mars-octobre) les années après lesdits épisodes.

2.9. Episodes El Niño et pluviométrie à l'échelle saisonnière à Mamfe dans la Région du Sud-Ouest Cameroun

Située dans la Région du Sud-Ouest du Cameroun en zone forestière à pluviométrie monomodale, la pluviométrie de Mamfe est marquée par une alternance d'une saison sèche (qui dure environ 03 mois) et une saison des pluies (qui dure en moyenne 09 mois), les années avant les épisodes El Niño. La presque totalité (95% des cas) des pluies enregistrées au cours de l'année tombent en saison des pluies. La moyenne pluviométrique annuelle enregistrée les années avant lesdits épisodes El Niño est 2911 mm de pluies pendant la saison des pluies et de 115 mm de pluies pendant les saisons sèches (tableau 139).

Tableau 93: Caractéristiques saisonnières des variables pluviométriques à Mamfe les années avant, pendant et après les épisodes El Niño

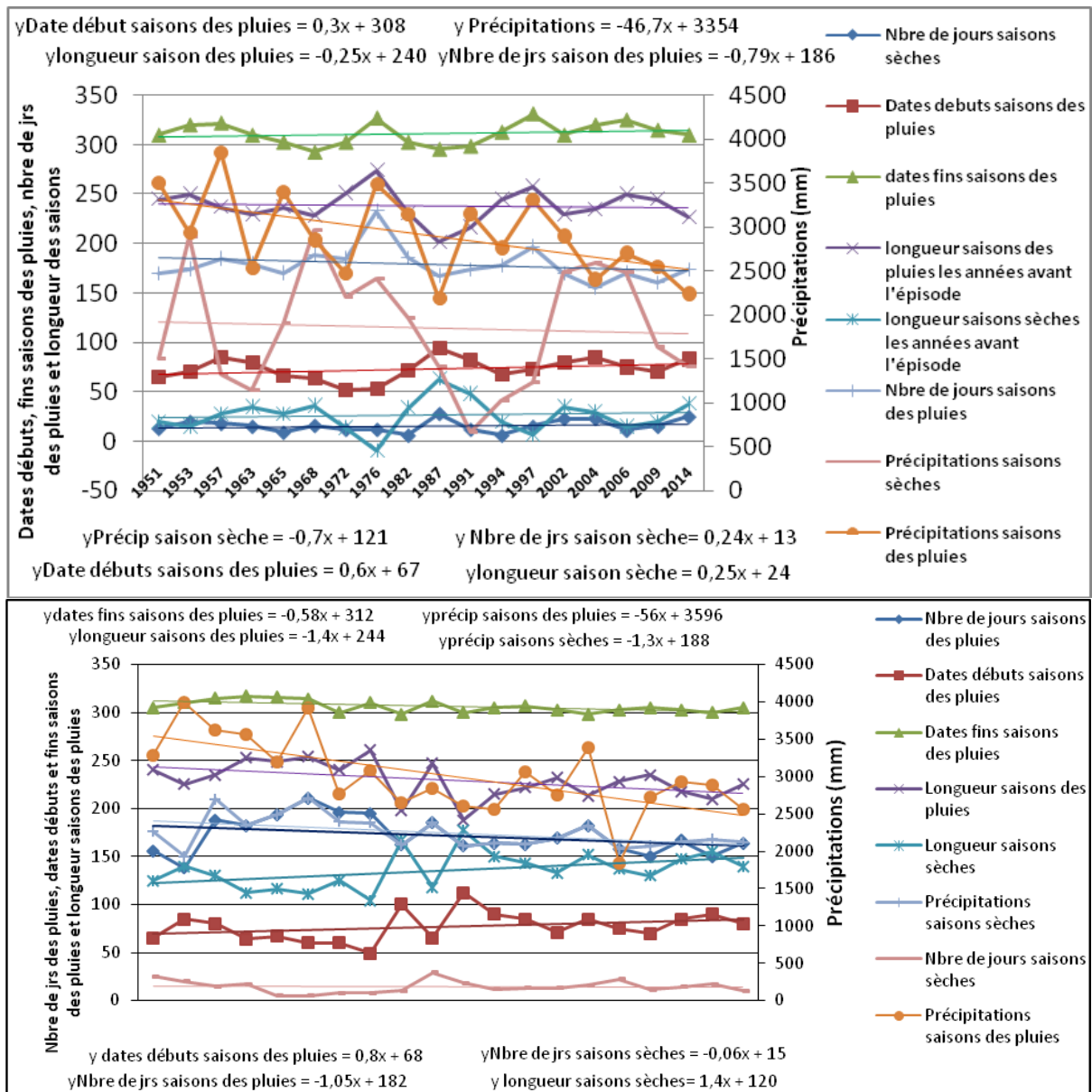
Variables les années avant l'épisode El Niño	Observations (années)	Moyenne			Minimum			Maximum			Probabilité d'enregistrer des années excédentaires (%)			Probabilité d'enregistrer des années déficitaires (%)		
		Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après
Nombre de jours des pluies saisons sèches (jours)	20	14	14	14	9	5	5	21	29	29	50	45	45	50	55	55
Dates débuts saisons des pluies (jours de l'année)		69,72	77	77	52	49	49	94	112	112	55,55	50	50 %	44,44	50	50
dates fins saisons des pluies (jours de l'année)		311	306	306	293	298	298	331	317	317	50	45	45	50	55	55
longueur saisons des pluies (jours)		242	229	229	202	188	188	274	261	261	55,55	50	50	44,44	50	50
longueur saisons sèches (jours)		123	136	136	91	104	104	163	177	177	44,44	50	50	55,55	50	50
Précipitations saisons des pluies (mm)		2911	3009	3009	2192	1833	1833	3844	3992	3992	44,44	45	45	55,55	55	55
Nombre de jours des pluies saisons des pluies (jours)		182	175	175	150	150	150	233	211	211	44,44	45	45	55,55	55	55
Précipitations saisons sèches (mm)		115	172	172	6	138	138	28	211	211	44,44	40	40	55,55	60	60

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

Le profil pluviométrique de la région indique que la saison des pluies démarre de plus en plus tardivement (fin mars), et se termine précocement (fin octobre). La saison des pluies se rallonge de 8 mois en moyenne par an tandis que la saison sèche se rétrécit et dépasse difficilement 04 mois au cours de l'année. En observant l'évolution des tendances des hauteurs des pluies, on peut dire qu'elles diminuent quantitativement sur les deux saisons. Par ailleurs, le nombre de jours des pluies diminue au même titre que les quantités de précipitations enregistrées pendant la saison des pluies (182 jours en moyenne par an), et augmente en saison sèche (14 jours en moyenne par an, avec un record de 28 jours en 1987).

Pendant les phases El Niño, la pluviométrie de Mamfe s'accompagne des débuts précoces de la saison des pluies (fin février et début mars), avec au contraire les fins desdites saisons tardives (début novembre). La figure 136b révèle que pendant ces phases El Niño, la longueur de la saison des pluies ne cesse de diminuer (atteint difficilement les 08 mois habituels). Elle s'oppose à la saison sèche en nette augmentation (la moyenne annuelle est d'au moins 04 mois, avec un record de 06 mois en 1977). Les années à épisode El Niño sont annonciatrices d'une probable diminution des quantités de précipitations pour les deux saisons (sèche et pluvieuse) à Mamfe. La moyenne pluviométrique est de 3009 mm de pluies, étalées sur 172 jours en moyenne pendant la saison des pluies et, de 115 mm de pluies étalées sur 14 jours en moyenne par an pendant la saison sèche.



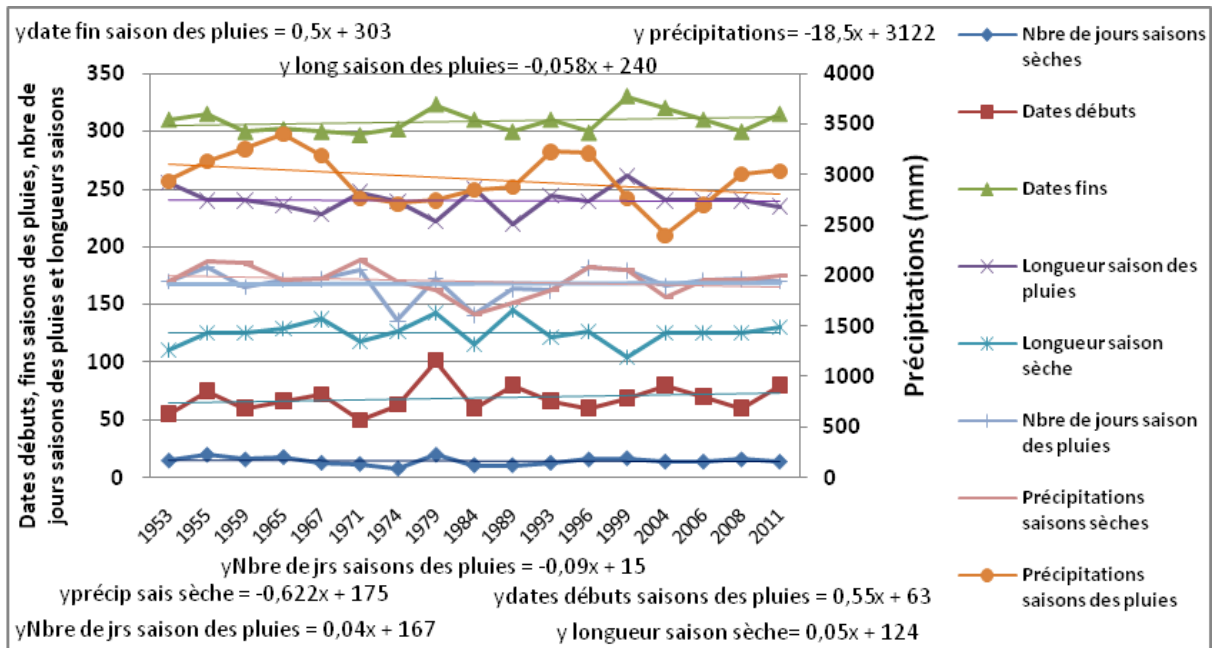


Figure 104: Évolution saisonnière de la pluviométrie à Mamfe les années avant (a), pendant (b) et après (c) les épisodes El Niño de 1950 à 2015

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Les années après les épisodes El Niño sont marquées par un retard des débuts (fin mars) et des fins (début novembre) des saisons des pluies à Mamfe. Ce retard s'accompagne d'un décalage de l'unique saison des pluies d'une quinzaine jours par rapport à la distribution habituelle. La longueur de la saison des pluies diminue au même titre que les quantités de pluies pendant ladite saison. À l'opposé, les quantités de pluies augmentent pendant la saison sèche. La moyenne enregistrée est de 3009 mm de pluies, étalées sur 172 jours en moyenne, tandis qu'elles atteignent 175 mm de pluies étalées sur 14 jours en moyenne par an pendant la saison sèche.

La localité de Mamfe située dans la Région du Sud-Ouest subit comme le reste des localités du Cameroun l'influence des épisodes El Niño. Le tableau 140a indique qu'à 60% des cas la longueur de la saison des pluies a duré 07 mois, focalisée entre les mois de mars et d'octobre. Le même tableau révèle qu'à 20% des cas les pluies se sont étalées du mois de mars au mois de novembre les années avant lesdits épisodes, soit sur 08 mois.

Le tableau 140b révèle à son tour qu'à 85% des cas la saison des pluies a duré 08 mois, étalée du mois de mars au mois de novembre, les années à épisode El Niño. Le même tableau révèle qu'à 45% des cas sur les 20 épisodes observés, les pluies ont duré 07 mois, du mois de mars au mois d'octobre.

Tableau 94 : Dynamique de la longueur de la saison des pluies à Mamfe les années avant, pendant et après les épisodes El Niño

Tableau 140a: Les années avant l'épisode El Niño

Période	Effectifs (nbre de cas)	Fréquences
Mars-nov	04	20%
Fév-oct	02	10%
Mars-déc	01	5%
Mars-oct	12	60%
Fév	01	5%
Effectif total (nbre d'années)	20	100%

Tableau 140b : Les années à épisode El Niño

Période	Effectifs (nbre de cas)	Fréquences
Mars-nov	05	25%
Fév-déc	01	5%
Mars-oct	09	45%
Fév-nov	01	5%
Avr-oct	03	15%
Avr-nov	01	5%
Effectif total (nbre d'années)	20	100%

Tableau 140c : Les années après l'épisode El Niño

Période	Effectifs (nbre de cas)	Fréquences
Fév-oct	02	10%
Mar-oct	14	70%
Avr-nov	01	5%
Mar-nov	02	10%
Fév-nov	01	5%
Effectif total (nbre d'années)	20	100%

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER
Réalisation : Auteur, 2017

En ce qui concerne les années après les épisodes El Niño, le tableau 140c révèle qu'à 70% des cas la saison des pluies a duré 07 mois d'affilés, soit du mois de mars au mois d'octobre. A 10% des cas elle a duré du mois de mars au mois de novembre, et à 10% des cas du mois de février au mois d'octobre, soit sur 08 mois respectivement.

À 60% des cas, la longueur de la saison des pluies se focalise entre les mois de mars et d'octobre, soit une durée de 07 mois les années avant les épisodes El Niño. À 85% des cas entre les mois de mars et de novembre, soit durant 08 mois les années à épisode El Niño, et à 70% des cas entre les mois de mars et d'octobre, soit sur 07 mois d'affilés.

2.10. Episodes El Niño et pluviométrie à l'échelle saisonnière à Douala dans la Région du Littoral du Cameroun

La ville de Douala est située dans la zone côtière et littorale du Cameroun, qui abrite en son sein un climat humide équatorial de mousson (de type caméronien). Ce type de climat couvre les Département du Wouri, du Mounjo dans la région du Littoral et une partie du Sud-Ouest camerounais. Les Régions suscitées connaissent une abondante pluviosité au cours de

l'année, couplée à des températures journalières relativement élevées (27°C en moyenne à Douala) (Batha, 2014).

Le climat de Douala est sujet à des débuts tardifs (débuts mars) suivis des fins tardives (début novembre) des saisons des pluies les années avant les épisodes El Niño. De plus, la longueur des saisons des pluies augmente au même titre que le nombre de jours des pluies enregistrées pendant ladite saison. La saison des pluies s'étale sur au moins 08 mois au cours de l'année, avec 06 mois et demi d'intense pluviosité. Le rythme pluviométrique est déficitaire, avec 60% de cas sur les 20 épisodes. Les quantités de précipitations régressent considérablement sur les deux saisons observées. On estime à 3564 mm de pluies, étalées sur 190 jours en moyenne par an, les quantités de pluies enregistrées pendant la saison des pluies, tandis que lesdits volumes avoisinent les 135 mm de pluies étalées sur 23 jours en moyenne.

Tableau 95 : Caractéristiques saisonnières des paramètres pluviométriques à Douala les années avant, pendant et après les épisodes El Niño

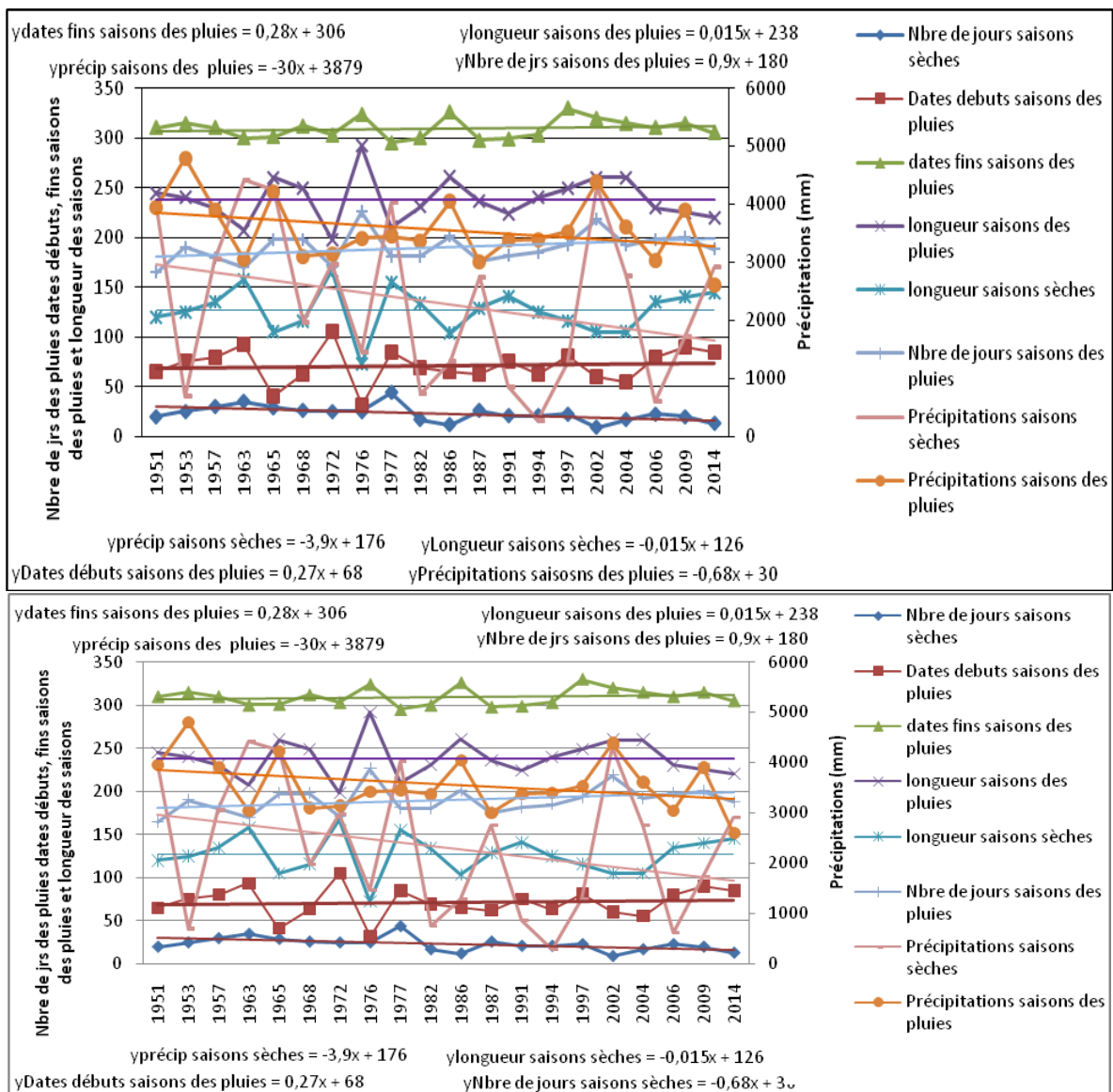
Variables les années avant El Niño	Observations (années)	Moyenne			Min			Max			Probabilité d'enregistrer des années excédentaires (%)			Probabilité d'enregistrer des années déficitaires (%)		
		Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après	Avant	Pendant	Après
Nombre de jours saisons sèches (jrs)	20	23	189	184	9	48	155	44	265	214	45	65	55	55	35	45
Dates débuts saisons des pluies (jr de l'année)		71	71	67	32	39	37	105	95	98	50	45	50	50	55	50
Dates fins saisons des pluies (jr de l'année)		310	314	314	295	295	301	330	332	332	55	50	55	45	50	45
Longueur saisons des pluies (jrs)		238	243	247	198	207	203	292	293	292	50	45	50	50	55	50
Longueur saisons sèches		127	122	118	73	72	73	167	158	162	50	55	60	50	45	40
Précipitations saisons des pluies (mm)		3564	3573	3566	2604	2284	2331	4791	4773	4791	40	45	50	60	55	50
Nombre de jours saisons des pluies (jrs)		190	178,45	144	165	48	35	226	213	348	50	75	61	50	25	39
Précipitations saisons sèches (mm)		135	22	23	16	3	9	258	48	39	50	40	65	50	60	35

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

Les saisons sèches sont de plus en plus arrosées les années à épisode El Niño, tandis que les saisons des pluies le sont de moins en moins (figure 137b). Les moyennes enregistrées sont respectivement de 3573 mm pendant les saisons des pluies et de 178 mm pendant les saisons sèches. À 60% des cas les précipitations sont déficitaires pendant la saison des pluies à Douala. La figure 147c révèle des débuts de plus en plus tardifs des saisons des pluies (fin mars) et, à

contrario des fins précoces (début novembre). Cette opposition de l'évolution des tendances des débuts et fins des saisons conduit à une diminution progressive de la longueur desdites saisons des pluies, qui atteint de moins en moins les 08 mois habituels. Par ailleurs, la baisse des quantités de précipitations pendant les saisons des pluies s'accompagne d'une distribution remarquable desdites pluies. Il pleut sur 189 jours en moyenne pendant les saisons des pluies, tandis qu'à l'opposée, sur les 04 mois de saisons sèches habituels, les pluies ne tombent que sur une moyenne de 22 jours.



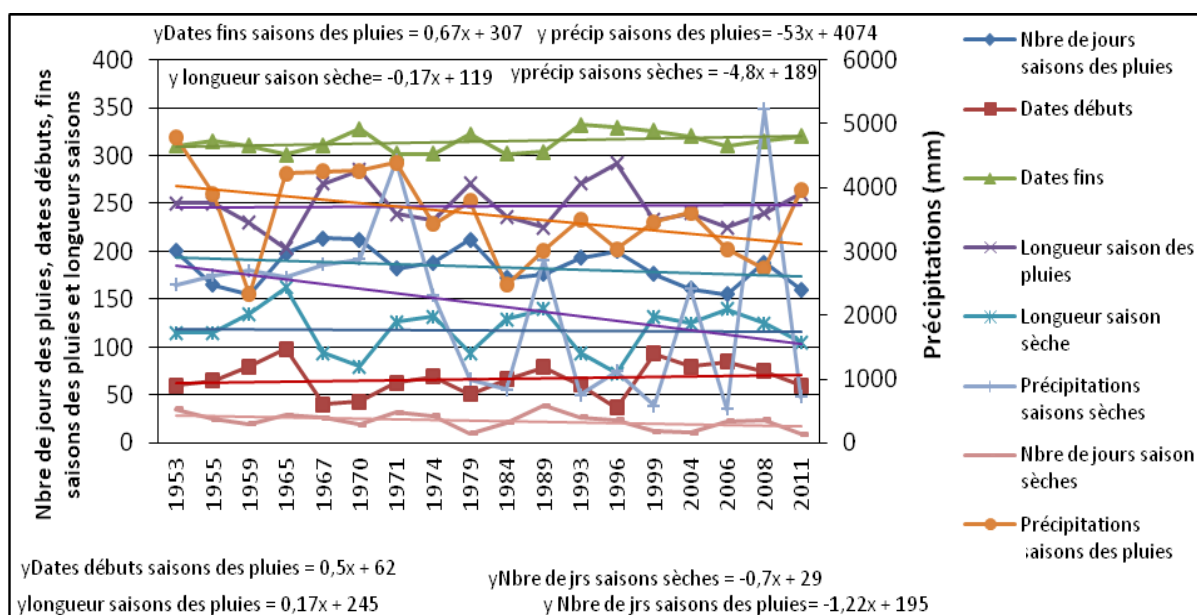


Figure 105 : Saisons des pluies à Douala les années avant (a), pendant (b) et après (c) les épisodes El Niño de 1950 à 2015

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Les années post El Niño sont de moins de moins arrosées à Douala en saisons sèche et pluvieuse. Sur les 20 cas observés, 65% d'années présentent des surplus pluviométriques par rapport à la moyenne habituelle en saison sèche. La figure 137c révèle que les pluies commencent tardivement (première quinzaine du mois de mars) et, finissent par la même occasion tardivement (première quinzaine du mois de novembre). Cette évolution des dates des débuts et fins des saisons s'accompagne d'un décalage des dites saisons, d'une vingtaine de jours par rapport à la moyenne. Il pleut en moyenne 3566 mm de pluies pendant la saison des pluies et, 144 mm pendant la saison sèche. Ces volumes pluviométriques s'étalent sur des espaces de temps de plus en plus réduits, soit en moyenne 06 mois pendant la saison des pluies et environ 23 jours pendant la saison sèche. La distribution temporelle de ces volumes pluviométriques s'accompagne d'un rallongement de la saison des pluies. Elle atteint parfois les 09 mois en saison des pluies et de moins de 04 mois pendant la saison sèche.

La localité de Douala au-delà du fait qu'elle est située dans la zone côtière et Littorale du Cameroun, elle est également l'une des plus arrosées au Cameroun, avec une longueur de la saison des pluies qui varie entre 09 et 10 mois (Batha, 2014). Le tableau 142a révèle qu'à 75% des cas, la saison des pluies s'étend du mois de mars au mois de novembre, dont 45% des cas se focalisent du mois de mars au mois d'octobre.

Pour le tableau 142b, à 75% des cas la longueur de la saison des pluies dure 09 mois (entre le mois de février et de novembre). À 15% des cas, elle dure 07 mois, du mois de mars au mois d'octobre les années à épisodes El Niño.

Pour ce qui est des années après les épisodes El Niño, le tableau 142c indique qu'à 65% des cas la saison des pluies dure entre 07 et 09 mois les années à épisode El Niño, dont 55% entre les mois de février et de novembre. Ce même tableau indique qu'à 10% des cas, ladite saison dure entre 07 et 08 mois (de février à octobre et d'avril à novembre respectivement).

Tableau 96: Dynamique des dates des démarrages de la saison des pluies à Douala les années avant, pendant et après les épisodes El Niño

Tableau 142a : Les années avant les épisodes El Niño

Période	Effectifs (nbre d'années)	Fréquences
Fév-oct	02	10%
Mars-nov	06	30%
Fév-nov	03	15%
Mars-oct	09	45%
Effectif total (nbre d'années)	20	100%

Tableau 142b : Les années à épisodes El Niño

Période	Effectifs (nbre d'années)	Fréquences
Mars-nov	13	65%
Fév-nov	02	10%
Mars-oct	03	15%
Avr-nov	01	5%
Effectif total (nbre d'années)	20	100%

Tableau 142c : Les années après les épisodes El Niño

Période	Effectifs (nbre d'années)	Fréquences
Avr-oct	03	15%
Fév-nov	11	55%
Avr-nov	02	10%
Fév-oct	02	10%
Effectif total (nbre d'années)	20	100%

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER
Réalisation : Auteur, 2017

À 75% des cas, la saison des pluies s'étend du mois de mars au mois de novembre, les années avant les épisodes El Niño, à 75% des cas entre le mois de février et de novembre les années à épisodes El Niño, et à 65% des cas elle dure entre 07 et 09 de février à novembre les années après lesdits épisodes.

2.11. Synthèse des tendances des variables pluviométriques au Cameroun les années avant, pendant et après les épisodes El Niño

Au Cameroun, les saisons ou intersaisons n'ont plus la même durée et les cycles saisonniers subissent en permanence des perturbations que ce soit les années avant, pendant ou

après lesdits épisodes. Le tableau 143 présentent la synthèse des tendances des précipitations dans les 10 stations locales du Cameroun les années avant, pendant et après les épisodes El Niño. Ledit tableau est une synthèse des tendances des paramètres pluviométriques dans les localités qui présentent globalement une distribution monomodale (une saison sèche et une saison pluvieuse) de leur pluviométrie. Ces localités sont Garoua, Maroua, Ngaoundéré, Bafoussam, Bamenda, Mamfé et Douala.

Tableau 97: Synthèse des tendances des variables pluviométriques dans les stations Régionales du Cameroun les années avant, pendant et après les épisodes El Niño de 1950 à 2015

Localités	Les années avant l'épisode El Niño						Les années à épisode El Niño						Les années après l'épisode El Niño					
	PSP	PSS	LSP	LSS	NSP	NSS	PSP	PSS	LSP	LSS	NSP	NSS	PSP	PSS	LSP	LSS	NSP	NSS
Maroua	-	+	+	-	-	-	+	+	+	-	-	+	+	-	+	-	-	+
Garoua	+	+	+	-	-	+	-	+	+	-	-	+	+	+	+	-	-	+
Ngaoundéré	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	+	-	+	+	-	-	+
Bafoussam	+	-	+	-	+	+	-	+	-	-	-	+	-	-	+	-	+	+
Bamenda	+	-	-	+	+	+	-	-	-	+	-	-	+	-	+	-	+	-
Mamfé	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Douala	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-

PSP=Précipitations saison des pluies ; PSS= Précipitations Saison sèche ; NSP=Nbre de jours saison des pluies ; NSS= Nbre de jours Saison sèche ; LSP= Longueur Saison des Pluies ; LSP= Longueur Saison Sèche
+= Augmentation ; -= Diminution

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

Les tableaux 144 et 145 sont la synthèse des tendances des paramètres pluviométriques dans les localités à régimes pluviométriques bimodaux. Les tendances desdits paramètres varient considérablement d'une localité à une autre, les années avant, pendant et après desdits épisodes El Niño.

Tableau 98 : Synthèse des tendances des variables pluviométriques pendant les petites saisons (sèche et pluvieuse) en zone forestière bimodale les années avant, pendant et après les épisodes El Niño de 1950 à 2015

Localités	Les années avant l'épisode El Niño					Les années à épisode El Niño					Les années après l'épisode El Niño				
	PSP	PSS	LPSP	NPSP	NPSS	PSP	PSS	LPSP	NPSP	NPSS	PSP	PSS	LPSP	NPSP	NPSS
Yaoundé	-	+	-	-	-	+	+	+	-	-	+	+	-	-	+
Ebolowa	-	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	+	-	-	+
Bertoua	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+

LPSS=Longueur Petite Saison Sèche ; NSS=Nbre de jours des pluies Saison Sèche ;
NSP=Nbre de jours des pluies Saison des Pluies, += Augmentation ; -= Diminution

Tableau 99: Synthèse des tendances des variables pluviométriques pendant les grandes saisons en zone forestière bimodale les années avant, pendant et après les épisodes El Niño de 1950 à 2015

Localités	Les années avant l'épisode El Niño					Les années à épisode El Niño					Les années après l'épisode El Niño				
	GSP	GSS	LSP	NGSP	NGSS	GSP	GSS	LGSP	NGSP	NGSS	PGSP	PGSS	LGSP	NGSP	NGSS
Yaoundé	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+
Ebolowa	+	-	+	+	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-
Bertoua	+	+	+	+	-	+	+	-	-	+	-	+	+	-	-

+= Augmentation ; -= Diminution

DISCUSSION

Les données pluviométriques des principales stations régionales du Cameroun ont été soumises à une série d'analyse statistique, et les résultats obtenus ont permis d'évaluer et de comparer des paramètres tels que : l'évolution de la distribution à l'échelle annuelle des quantités de pluies et du nombre de jour des pluies les années avant, pendant et après les épisodes El Niño ; la distribution des dates des démarrages et des dates des fins des saisons des pluies ainsi que de la longueur des saisons au niveau national. Les résultats obtenus constituent des arguments de base pour une excellente prévision saisonnière de la pluviométrie au Cameroun les années avant, pendant et après lesdits épisodes. Pour partager ce point de vue, A. J Carke et al (2000) qu'en associant les prévisions météorologiques aux prévisions océaniques, il est possible de réaliser des prévisions climatiques plus fiables sur six mois. Ainsi, lorsque les températures des eaux de surface du Pacifique équatorial augmentent, un scénario de type El Niño est probable. Selon cet auteur, les épisodes El Niño / La Niña sont les évènements ayant la meilleure prévisibilité à cette échelle de temps. Contrairement à celà, Olivier Dewitte (2000), indique que cette influence d'El Niño sur le climat de l'Afrique tropicale bien que réelle, n'expliquerait pas à lui seul, la variabilité climatique constatée au cours du XX^{ème} siècle. Selon lui, des facteurs tels que la TSO des océans, les reliefs, les sols et les activités humaines sont autant d'éléments qui contribuent à cette variation.

Le réchauffement climatique actuel est selon de nombreuses institutions de recherche, attribué pour l'essentiel aux activités humaines. Ainsi, la maîtrise de la dynamique climatique dans la bande du Golf de Guinée exige une combinaison de plusieurs paramètres, parmi lesquels les intensités des épisodes El Niño/La Niño dans le Pacifique équatorial. Par ailleurs, d'autres auteurs, notamment E. M. Rasmusson et al (1987) ; C. F. Ropelewski et al (1987) ; C. F. Ropelewski et al (1996) ; R. S. Bradley et al ; G. N. Killadis et al (1987) et H. F. Diaz et al (1992) évoquent l'existence de nombreuses téléconnexions du type ENSO au niveau des deux principaux océans que sont le Pacifique et l'Atlantique, et dont l'influence est certaine sur le climat de l'Afrique tropicale. Pour ces auteurs, le phénomène ENSO provoque une vaste redistribution de la chaleur, de l'air, ainsi que du mouvement au sein du système océan-atmosphère. La conséquence directe est la forte variation des précipitations et de la température dans de vastes régions du monde, les années avant, pendant et après les phases El Niño /La Niña. L'épicentre de ces interactions océan-atmosphère et qui est à l'origine desdits phénomènes étant situé dans le domaine océanique indo-pacifique. Pour le Cameroun, selon Amougou et al (2016), Abossolo et al (2017), du fait de sa diversité physique et géographique, de son ouverture respectivement à l'océan atlantique dans sa partie Sud et au Sahara dans sa partie Nord, il se

pose le problème de répartition et de distribution inéquitable des quantités de pluies, du nombre de jour des pluies et même de la température du Nord vers le Sud du pays. Bien que ce travail repose essentiellement sur la dynamique spatiale et temporelle de la pluviométrie au Cameroun, la répartition de la chaleur est décroissante quand on descend de la zone soudano-sahélienne dans la partie Nord vers la zone forestière dans la partie Sud du pays. Cette répartition inégale a un impact très significatif sur la répartition des quantités de précipitations, leur distribution spatiale et temporelle, la répartition des régimes de précipitations, ainsi que répartition des dates des démarrages et des fins des saisons des pluies.

Aux facteurs locaux, viennent s'ajouter des facteurs tels que la position géographique des grands ensembles géographiques tels que le désert du sahéra, ou encore les océans atlantiques et pacifique, dont l'influence est certaine sur la distribution différenciée de la quantité de chaleur dans la zone du Golfe de Guinée. Ce n'est qu'en combinant ces différents facteurs que Amougou et al (2016) et Abossolo et al (2017) ont pu démontrer que même à l'intérieur d'une même zone agro-écologique, on observe des différences parfois significatives dans les démarrages et même la distribution différenciée des quantités de précipitations sur l'étendue du territoire national. Dans la même logique, C. CASSOU, L. TERRAY (2001) avaient démontré bien avant que les anomalies de température de la surface de l'atlantique Nord étaient étroitement liées aux différentes phases de l'oscillation Nord Atlantique. Ainsi, une légère augmentation de la température des eaux de l'atlantique serait à l'origine du décalage saisonnier. De nos jours au Cameroun comme en Europe du fait de ces nombreux facteurs, les saisons n'ont plus la même durée et les cycles saisonniers subissent en permanence des perturbations. La température de la surface océanique reste la variable des caractéristiques des océans qui influence le plus l'atmosphère. Ce n'est qu'en associant ces nombreux facteurs, dans une démarche systémique et globale que la machine climatique pourrait être révélée et que les meilleures prévisions météorologiques seront élaborées.

CONCLUSION

Comme la plupart des pays situés dans la zone tropicale, le Cameroun est sous l'influence des phénomènes climatiques globaux qui affectent son rythme pluviométrique au niveau local. Le présent chapitre avait pour objectif de faire une analyse de l'influence des épisodes El Niño sur la dynamique spatiale et temporelle de la pluviométrie au Cameroun de 1950 à 2015. Après avoir effectué une analyse statistique sur l'impact des épisodes El Niño sur le rythme saisonnier des précipitations au niveau local, des tests de corrélation ont été établis entre les différentes variables. Il ressort des résultats de l'étude que les coefficients de détermination les plus élevés

sont enregistrés entre les intensités des épisodes El Niño et les quantités de précipitations à Bamenda (4,84%) et à Bafoussam (4,84%), dans la zone des Hauts Plateaux du Cameroun. Elles sont comprises entre 1,23% à 1,46% dans la zone forestière à pluviométrie bimodale (Yaoundé, Bertoua et Ebolowa). Une partie du travail a consisté à ressortir l'impact des épisodes El Niño sur la pluviométrie au Cameroun les années avant, pendant et après lesdits épisodes. Il ressort des analyses que d'une manière générale à l'exception de Maroua dans la Région de l'Extrême-Nord qui enregistre des quantités de pluies excédentaires les années à épisode El Niño, les années au cours desquelles apparaissent les épisodes El Niño s'accompagnent d'une diminution globale des quantités de précipitations saisonnière dans les 09 autres localités. De plus, les épisodes El Niño s'accompagnent d'une modification de la distribution spatiale et temporelle des quantités de précipitations dans ces différentes localités. Dans la Région de l'Adamaoua, les pluies commencent précocement, les années avant, pendant et après l'épisode mais ne finissent cependant pas au même moment. Elles finissent tôt les années avant et pendant lesdits épisodes et de plus en plus tardivement après lesdits épisodes. Pour ce qui est de la zone forestière à pluviométrie bimodale, les résultats révèlent que la petite saison des pluies commence tôt, entre la fin du mois de janvier et le début du mois d'avril les années avant, pendant et après l'épisode El Niño, pour s'achever vers la fin du mois de mai les années avant les épisodes et entre la fin du mois de juin et le début du mois de juillet les années à épisode et après lesdits épisodes El Niño. Il faut signaler que les mêmes observations avaient été faites sur la pluviométrie du Cameroun par Amougou et al (2016). L'auteur signale cependant que la distribution des dates des débuts et fins des saisons des pluies observée depuis 1950 n'est cependant pas uniforme dans toute la zone forestière du Cameroun. Selon lui, cette situation s'observe par l'instabilité de la longueur des deux saisons des pluies à Yaoundé, tandis qu'à Ebolowa, la petite saison des pluies dure plus longtemps, soit un mois de plus que la grande saison des pluies, qui dure moins de 04 mois en moyenne. Dans la Région de l'Est contrairement aux Régions du Centre et du Sud, la grande saison des pluies reste plutôt longue qu'à l'accoutumé. Elle s'étale sur une centaine de jours en moyenne, tandis que la petite saison des pluies ne dépasse pas 80 jours l'année qui précède ledit épisode. En général, la pluviométrie baisse les années avant l'épisode El Niño dans les Régions de l'Ouest et du Nord-Ouest, pendant et après les phases El Niño. Cette baisse s'accompagne d'un déplacement régulier des dates des débuts et des fins de saison des pluies qui commencent tardivement dans la plupart des localités des deux Régions, avec des fins qui ne coïncident pas toujours d'une localité à une autre. La fin de la saison est tardive à Bafoussam et précoce à Bamenda les années avant l'épisode. On a également observé que la longueur de la saison des

pluies apparaît plus courte dans les 02 Régions. Pendant cette période les pluies démarrent précocement et se terminent tardivement.

CONCLUSION GENERALE

Comme la plupart des pays du Golfe de Guinée, le Cameroun est confronté à une double situation : une faible cohérence de son milieu physique et la forte variation spatiale et temporelle de sa pluviométrie. Celle-ci se manifeste par une tendance à la diminution générale des quantités précipitations annuelles sur tout le territoire national, une perturbation dans la distribution spatiale et temporelle des quantités et du nombre de jours de pluies ainsi que la multiplication des situations météorologiques extrêmes, notamment les inondations sévères et les sécheresses pluviométriques extrêmes, rendant ainsi vulnérables les secteurs clés de son économie tels que l'agriculture, la santé, l'eau et l'énergie, l'environnement et la biodiversité, l'élevage, la pêche et l'industrie animale, le transport, les travaux publics, le tourisme, etc. Dans ce contexte, la production des informations climatologiques de qualité devient un impératif, pour faciliter les prises de décisions pour la mise en œuvre de stratégies efficaces d'adaptation et d'ajustement aux aléas climatiques. Le présent travail avait pour objectif de faire une analyse de l'influence des centres d'actions atmosphériques des Açores, de l'île Sainte Hélène et des épisodes El Niño sur la dynamique spatiale et temporelle de la pluviométrie au Cameroun sur la période comprise entre 1950 et 2015. Pour tenter d'apporter des éléments de réponses à cette problématique ambitieuse, les recherches menées au cours de cette thèse se sont articulées autour des points spécifiques ci-après :

- (1)- analyse de la situation climatique au niveau des centres d'actions atmosphériques des Açores et de l'île Sainte Hélène et de son influence sur la dynamique spatiale et temporelle de la pluviométrie au Cameroun de 1950 à 2015, et proposition d'un modèle de prévision des précipitations au Cameroun ;
- (2)- analyse de la dynamique du phénomène El Niño et de son influence sur la dynamique spatiale et temporelle de la pluviométrie au Cameroun ;
- (3)- analyse de la dynamique spatiale et temporelle de la pluviométrie au Cameroun à différentes échelles de temps de 1950 à 2015 ;
- (4)- analyse de l'occurrence des extrêmes pluviométriques au Cameroun de 1950 à 2015 pour mieux comprendre la dynamique spatiale et temporelle de la pluviométrie au Cameroun ;

(5)- quelques effets des perturbations de la distribution spatio-temporelle de la pluviométrie sur les activités socio-économiques au Cameroun.

Synthèse des résultats

De nombreux travaux de recherche ont montré qu'il existe des interconnexions entre les centres d'actions atmosphériques et le climat en Afrique tropicale. L'interaction océan-atmosphère est alors considérée comme le principal moteur de la circulation atmosphérique et par là de la dynamique du climat en au niveau local. Dans le cadre de cette étude, des interrelations ont été établies entre les TSO et la pression atmosphérique au centre des anticyclones des Açores et de l'île Sainte Hélène, les positions desdits anticyclones subtropicaux, la dynamique des intensités des épisodes El Niño au pacifique équatorial et les dates des démarrages et des fins des saisons des pluies d'une part ; les facteurs déterminants du climat et l'intensité, la distribution aux échelles mensuelles, saisonnière et annuelle des quantités de précipitations au niveau locale d'autre part.

Il ressort des résultats de l'étude que l'instabilité des dates de démarrage et des fins des saisons des pluies est très forte sur la presque totalité des régions du Cameroun. Celle-ci s'est renforcée depuis quelques décennies, au même titre que les apports pluviométriques des 20 dernières années. Ces perturbations climatiques ne sont malheureusement pas le propre du Cameroun, elles sont le résultat de la prolongation d'une instabilité climatique qui s'amorce sur les régions situées sur la bande équatoriale, très sensible à la dynamique du couple océan-atmosphère. Les pluies démarrent de plus en plus tardivement que la normale, entre la première quinzaine du mois de juin et la deuxième quinzaine du même mois dans la zone Soudano-Sahélienne. Pendant cette période, les deux anticyclones subtropicaux (Açores et Sainte Hélène) migrent chacun du Sud vers le NE (NNE pour l'anticyclone des Açores et SNE pour l'anticyclone de l'île Sainte Hélène). Lors de cette ascension, la TSO de l'anticyclone des Açores est inférieure à la moyenne historique enregistrée pendant cette période de 1950 à 2015 (26,42°C), tandis qu'à l'opposé la pression atmosphérique est au-dessus de la moyenne historique (1021hpa). Par contre au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène, la TSO augmente par rapport à la moyenne historique enregistrée à ladite période de 1950 à 2015 (25,25°C), tandis qu'à l'opposé, la pression atmosphérique diminue par rapport à la moyenne historique (1021hpa). Pour ces deux localités, les pluies s'achèvent pour la grande majorité des cas précocement, en début du mois de septembre à Maroua et vers la fin du même mois à Garoua.

Pour la zone forestière à pluviométrie bimodale entre la fin du mois de février et le début du mois de mars, l'anticyclone des Açores migre de direction NNE, entre 26,6-43,3°N, et entre 9-56,6°E, sous une TSO comprise entre 27,29°C et 28,59°C, et une pression atmosphérique comprise entre 1014-1025hpa. Pour la même période, l'anticyclone de l'île Sainte Hélène migre de direction SNE, entre 25,6-46,6°N, et entre 0-63°E. À ce niveau, les températures oscillent entre 22,23°C et 23,69°C, et la pression atmosphérique est comprise entre 1016,6-1026,6hpa. Dans ces conditions, les pluies démarrent tardivement, entre le début du mois de février et le début du mois d'avril à Bertoua et à Yaoundé, et vers la fin du mois d'avril à Ebolowa. Lesdites pluies finissent tardivement dans les 03 localités, entre les mois d'octobre et de novembre. Pendant la période des fins de la petite saison des pluies, au mois de juin, l'anticyclone des Açores migre de direction NNW, la TSO augmente par rapport à la moyenne historique enregistrée pendant cette période (27,56°C) au même titre que la pression atmosphérique (1020hpa). Lors de son parcours, l'anticyclone de l'île Sainte Hélène migre en sens opposé de direction SNE, la TSO augmente par rapport à la moyenne historique de ladite période (23,59°C) ainsi que la pression atmosphérique (1020hpa).

Les pluies démarrent précocement à Ngaoundéré et à Bafoussam entre la fin du mois de mars et le début du mois d'avril. Pendant cette période, l'anticyclone des Açores migre de direction NNE, et s'accompagne d'une augmentation simultanée des TSO et de la pression atmosphérique par rapport à leurs moyennes respectives (soit 26,8°C pour la TSO et 1020hpa pour la pression). À l'opposé, l'anticyclone de l'île Sainte Hélène migre de direction SNE, la TSO et la pression atmosphérique augmentent par rapport à leurs moyennes historiques (respectivement de 23,59°C pour la TSO et 1020hpa pour la pression atmosphérique). Les pluies finissent précocement à Ngaoundéré et à Bafoussam, en début du mois d'octobre et vers la fin du même mois à Bamenda. La TSO augmente lors de la fin des saisons des pluies par rapport à la moyenne historique enregistrée pendant cette même période (27,56°C), au même titre que la pression atmosphérique (1021 hpa) au niveau de l'anticyclone des Açores. L'anticyclone de l'île Sainte Hélène migre de direction SNE, la TSO et la pression atmosphérique augmentent par rapport à leurs moyennes historiques (23,59°C pour la TSO et 1020hpa pour la pression atmosphérique).

Les pluies démarrent entre la mi-janvier et la fin du mois de janvier à Douala et à la deuxième quinzaine du mois de mars à Mamfe. Ces débuts précoces s'accompagnent d'une migration de l'anticyclone des Açores de direction NNE, pour une pression atmosphérique supérieure à la moyenne historique enregistrée pendant cette période (1019hpa) et une TSO

supérieure à la moyenne historique (25,7°C). Pour la même période, l'anticyclone de l'île sainte Hélène migre de direction SSE, pour une pression supérieure à la moyenne historique (1019hpa), et une TSO supérieure à la moyenne historique (26,3°C). Pour ce qui est de la fin de la saison des pluies, elle est précoce à Douala, et tardive à Mamfe entre le mois d'octobre et le début mois de novembre. Pendant cette période, l'anticyclone des Açores migre de direction NNE, la TSO oscille entre 26,8°C et 28,2°C, et la pression atmosphérique varie de 1014 et 1024hpa. Pour cette période, l'anticyclone de l'île Sainte Hélène migre de direction SNE, la TSO et la pression atmosphérique sont au-dessus de la moyenne historique. Les valeurs sont comprises entre 22,8°C et 24,2°C pour la TSO et de 1015 à 1024hpa pour la pression atmosphérique.

Les résultats d'autres recherches révèlent qu'au mois de janvier, le FIT atteint sa position la plus méridionale en Afrique du Sud Est, et balance de direction NE jusqu'au 4^e parallèle, faisant souffler l'harmattan tout en induisant la chaleur à son maximum. Pendant ce temps-là, l'anticyclone des Açores migre de direction NNE entre le 48-58°N, et entre le 72-90°E. Durant les mois de février, la position du Front Inter Tropical reste au-dessus de l'équateur. Celle-ci dominée sur une bonne partie par les alizés issus de l'harmattan, couplée à la variabilité des facteurs déterminants du climat. Aux mois de mars, l'harmattan diminue progressivement en puissance au profit de la mousson qui est un vent humide de direction SWNE. Pendant cette période, les précipitations deviennent importantes du Sud de Ngaoundéré jusque dans le Sud du pays et même au-delà. En revanche, les années où les quantités de précipitations ont été très supérieures à la moyenne (représentent moins de 3% des cas pour les 07 stations à l'exception de l'Extrême-Nord, du Nord et de l'Adamaoua). Cela correspond à des positions supérieures à la norme pour les deux anticyclones subtropicaux, au même titre que la pression atmosphérique et la TSO enregistrées au niveau desdits anticyclones. En avril, la remontée du Front Inter Tropical vers le Nord s'accompagne de la migration de direction NE de l'anticyclone des Açores dans une position majoritairement inférieure à la moyenne, comprise entre 20-32°N de latitude, et entre 32-46°E de longitude.

Dans l'hémisphère Sud, l'anticyclone de l'île Sainte Hélène migre du Sud vers le Nord. Lors de son parcours, l'anticyclone de l'île Sainte Hélène occupe des positions en majorité supérieures à la moyenne, comprise entre 29,2-36,4°SSN de latitude et entre 0-32°SSW de longitude. Aux mois de mai, le FIT poursuit sa course vers le Nord dans l'hémisphère Nord. Au Cameroun, pendant cette période, il se situe entre l'Adamaoua et la région du Nord. Lors de son parcours, l'anticyclone des Açores converge entre le 20-42°N de latitude et entre 38-44°W de longitude, sous une pression atmosphérique comprise entre 1015,6-1020,8hpa. Pour ces

positions, la TSO est comprise entre 25,7°C et 26,2°C, et la pression atmosphérique entre 1015 et 1026hpa. Au mois de juin, le FIT progresse toujours vers le Nord, au même titre que l'anticyclone des Açores, mais de direction NE. Durant son parcours, ses positions varient entre 34-48°N de latitude et entre 22-44°E de longitude, la TSO est comprise entre 25,86°C et 26,71°C, et la pression atmosphérique entre 1010,4-1015,6hpa. A partir du mois de mai, il pleut pratiquement dans toutes les régions du Cameroun, mais à des proportions qui varient d'une localité à l'autre. Au mois de juin, la dynamique des centres d'action atmosphériques, associée à la position septentrionale du FIT confère une configuration pluviométrique particulière à la zone forestière à pluviométrie bimodale (Régions du Centre, du Sud et de l'Est), en ce sens qu'elle est marquée par la présence de la petite saison sèche, à son tour marquée par une régression significative des quantités de précipitations, tandis que pour les autres zones (Haute Savane Guinéenne, Hauts Plateaux, Soudano-Sahélienne et forestière à pluviométrie monomodale), c'est le prolongement de la saison des pluies.

De juillet à août c'est la petite saison sèche à Yaoundé, Bertoua et Ebolowa, tandis que cette période correspond au prolongement de la saison des pluies à Maroua, Garoua, Ngaoundéré, Bafoussam, Bamenda, Mamfe et Douala. Pendant cette période, la mousson porteuse d'abondantes précipitations balaie le Cameroun tout entier, sous l'impulsion des forces de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène. Le FIT progresse vers le NO, porté par l'occurrence des températures (entre 27,46 et 27,83°C) et de la pression atmosphérique (entre 1016,8-1022,4hpa). Pour la même période, la TSO de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène majoritairement supérieure à la moyenne (entre 23,46° et 24,26°C), tandis que la pression atmosphérique est majoritairement moyenne (entre 1019-1021hpa).

Durant son parcours entre les mois de septembre et de novembre, le FIT se retire progressivement de ses positions septentrionales, où il a séjourné pendant près de 09 mois. Son retrait est lié à la faiblesse de la mousson, qui est un alizé océanique au profit des alizés continentaux, notamment de d'harmattan. Lors de ce retrait, l'anticyclone des Açores occupe une position supérieure à la moyenne (entre 20-45°N et entre 20-50°E). Pour ces différentes positions, les TSO est majoritairement inférieure à la moyenne (comprise entre 27,6 et 27,98°C), tandis que la pression atmosphérique est supérieure à la moyenne (entre 1015-1025hpa). Au niveau de l'hémisphère Sud, l'anticyclone de l'île Sainte Hélène se situe entre 29-33°N et entre 0° et 18°E, la TSO enregistrée est majoritairement au-dessus de la moyenne (entre 22,67°C et 23,3°C), tandis qu'à l'opposé la pression atmosphérique est inférieure à la moyenne (entre 1018-1024hpa). Le mois de septembre enregistre les records pluviométriques à Bafoussam, Bamenda

et Mamfe, avec les volumes compris entre 330 et 726 mm de pluies respectivement. C'est aussi le deuxième mois le plus arrosé à Yaoundé, Bertoua, Ebolowa et Garoua, et le troisième mois le plus arrosé à Douala, Ngaoundéré et Maroua. Le mois d'octobre est le plus arrosé avec respectivement 287mm à Yaoundé, 284mm à Bertoua et 314mm à Ebolowa. C'est le deuxième mois le plus arrosé à Bafoussam, avec en moyenne 284mm de pluies. Pendant ce mois, la presque totalité des régions du Cameroun est arrosée. Les cumuls les plus importants sont observés à Douala, Mamfe, Bafoussam, Bamenda, Ebolowa et Bertoua. En mesure qu'on s'éloigne de la zone côtière, la pluviométrie régresse, et les quantités de précipitations cumulées dépassent difficilement les 300 mm de Ngaoundéré et à Maroua dans la région de l'Extrême-Nord.

Les méthodes de régression au moyen des MCO et les tests de corrélation multifactoriels de Bravais Pearson ont permis d'établir les liens dynamiques entre les facteurs déterminants du climat et les quantités de précipitations au Cameroun de 1950 à 2015. Les résultats indiquent qu'entre décembre et mars, la pluviométrie de Ngaoundéré subit l'influence de plusieurs facteurs déterminants dont les plus significatifs sont la migration en longitude et la TSO de l'anticyclone des Açores ; la migration en latitude et la pression atmosphérique de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène. Pour ce qui est de la pluviométrie de Yaoundé sur la même période, l'étude révèle une plus forte influence de la migration en latitude, de la migration en longitude et de la pression atmosphérique de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène. Quant-à la pluviométrie de Bertoua, l'influence est significative avec la migration en latitude, la migration en longitude, la pression atmosphérique et de la TSO de l'anticyclone des Açores d'une part, la migration en longitude et la TSO au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène d'autre part.

Les résultats indiquent une influence significative de la migration en latitude et en longitude, la TSO et la pression atmosphérique au niveau de l'anticyclone des Açores d'une part, la TSO et la pression atmosphérique au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène et les quantités de précipitation à Ebolowa d'autre part. Les analyses statistiques révèlent l'importance de la migration en latitude et en longitude, la TSO et la pression atmosphérique au niveau de l'anticyclone des Açores ; de la migration en latitude et en longitude, la TSO au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène et les quantités de précipitations à Mamfe. Par ailleurs, trois principaux facteurs ont été significatifs sur la pluviométrie de Douala notamment : la TSO de l'anticyclone des Açores, la migration en longitude et la TSO de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène. De plus, la probabilité de la Fisher évaluée entre 5 et 54 degrés de liberté pour Bafoussam, et entre 4 et 61 degrés de libertés pour Bamenda au seuil de 5% sont toutes

supérieures à 0,05%, ce qui a permis de rejeter l'hypothèse nulle. La réalisation du test de Bravais Pearson a permis de mettre en évidence une liaison significative au degré 5% entre les quantités de précipitations enregistrées à Bafoussam et la migration en latitude au niveau de l'anticyclone des Açores, la migration en longitude au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène, la TSO Açores, la TSO et la pression atmosphérique enregistrées au niveau de l'île Sainte Hélène. Pour ce qui est de Bamenda, ledit test a permis de mettre en évidence la migration en longitude et la pression atmosphérique au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène sur la même période.

Le test de corrélation de Pearson relève qu'entre avril et juin de 1950 à 2015, la corrélation est significative au seuil 5% entre les quantités de précipitations enregistrées à Garoua et à Yaoundé et la migration en latitude de l'anticyclone des Açores. Ledit test mentionne également une significativité au même seuil (5%) entre les quantités de précipitations à Bertoua, Bafoussam et Bamenda et la migration en latitude de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène. Il en est de même en ce qui concerne les quantités de précipitations à Bertoua, Yaoundé et Bamenda et la migration en longitude de l'anticyclone des Açores. Le test a aussi relevé une corrélation significative au seuil 5% entre les quantités de précipitations enregistrées à Garoua, Ngaoundéré, Bafoussam, Bamenda et Douala et la migration en longitude de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène. La corrélation est significative au seuil 5% entre les quantités de précipitations à Bertoua, Yaoundé, Bafoussam et Bamenda et la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores, tandis qu'elle est significative au même seuil de significativité entre les quantités de précipitations enregistrées à Ngaoundéré, Yaoundé et Douala et la TSO observée au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène.

La corrélation est significative au seuil 5% entre les quantités de précipitations enregistrées dans la station de Ngaoundéré et la migration en latitude de l'anticyclone des Açores entre les mois juillet d'août de 1950 à 2015. Ladite corrélation est significative au même seuil (5%) entre les quantités de précipitations à Garoua, Ngaoundéré, Ebolowa, Bamenda et Mamfe et la migration en latitude de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène. Il en est de même en ce qui concerne les quantités de précipitations enregistrées à Ngaoundéré, Yaoundé et Mamfe et la migration en longitude de l'anticyclone des Açores. La corrélation est significative au seuil 5% entre les quantités de précipitations enregistrées à Maroua, Yaoundé et Douala et la TSO au niveau de l'anticyclone des Açores. Le même test révèle une corrélation au seuil 5% entre les quantités de précipitations enregistrées à Maroua, Ngaoundéré, Bertoua, Bafoussam et Mamfe et la pression atmosphérique enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores, et par ailleurs entre

les quantités de précipitations enregistrées à Maroua, Garoua, Ebolowa, Bertoua, Yaoundé, Bamenda, Douala et la pression observée au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène.

Entre septembre et novembre, la corrélation est significative au seuil 5% entre les quantités de précipitations à Garoua, Ngaoundéré, Yaoundé et Douala et la migration en latitude de l'anticyclone des Açores. Elle est significative au même seuil (5%) entre les quantités de précipitations enregistrées à Bamenda et la migration en latitude de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène. Le test révèle également une corrélation significative au même seuil de significativité entre les quantités de précipitations enregistrées à Garoua, Ebolowa, Bertoua, Yaoundé et Bafoussam et la migration en longitude de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène. Les résultats indiquent une corrélation significative au seuil 5% entre les quantités de précipitations enregistrées à Yaoundé, Bafoussam, Bamenda, Mamfe et Douala et la TSO observée au niveau de l'anticyclone des Açores d'une part et une corrélation significative entre les quantités de précipitations enregistrées à Bertoua, Yaoundé, Bafoussam, Bamenda, Mamfe et Douala et la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone des Açores d'autre part. Il ressort aussi que la corrélation est significative au même seuil entre les quantités de précipitations enregistrées à Maroua, Bertoua, Yaoundé, Bafoussam, Bamenda et Douala et la TSO enregistrée au niveau de l'anticyclone de l'île Sainte Hélène.

Les résultats de l'étude révèlent qu'à l'exception de Maroua qui enregistre des quantités de pluies excédentaires les années El Niño, lesdits épisodes s'accompagnent d'une diminution générale des quantités de précipitations à l'échelle annuelle et saisonnière dans les 10 régions du pays. Il en est de même de la distribution spatiale et temporelle de la pluviométrie au niveau national. Dans la région de l'Adamaoua, les pluies démarrent précocement les années avant, pendant et après lesdits épisodes, et finissent en majorité tôt les années avant et pendant les épisodes et tardivement les années après ces épisodes. Dans les régions du Centre, Sud et Est, la petite saison des pluies commence précocement, entre la fin du mois de janvier et le début du mois d'avril les années avant, pendant et après les épisodes El Niño, pour s'achever en majorité vers la fin du mois de mai les années avant les épisodes et entre la fin du mois de juin et le début du mois de juillet les années pendant et après lesdits épisodes.

La distribution de la pluviométrie n'est pas uniforme dans toute la zone forestière. A Ebolowa dans la région du Sud, la petite saison des pluies dure un mois de plus que la grande saison des pluies (04 mois en moyenne), tandis qu'à Bertoua dans la région de l'Est, la grande saison des pluies reste la plus longue (trois mois et demi en moyenne), alors que la petite saison des pluies dépasse difficilement 80 jours au cours de l'année les années avant l'épisode. Dans les

régions de l'Ouest et du Nord-Ouest, les quantités de pluies diminuent les années avant, pendant et après les épisodes. Cette baisse s'accompagne d'un déplacement des saisons des pluies qui commencent tardivement, avec des fins qui varient d'une localité à une autre. Elles sont tardives à Bafoussam, et précoces à Bamenda, les années avant lesdits épisodes. Pendant cette période, la saison des pluies est plus courte dans la plupart des localités de ces deux régions.

L'apparition des épisodes El Niño a une incidence sur la configuration des régimes des précipitations au niveau local. A la baisse de la pluviométrie observée, s'accompagne de nombreuses conséquences parmi lesquelles une diminution de la ressource en eau, occasionnant ainsi la baisse de la production hydro électrique, principale cause de nombreux délestages observés dans de nombreuses villes. Cette diminution de la ressource en eau s'accompagne de la dégradation de la qualité des eaux de surface et souterraines. Les perturbations climatiques dégradent la diversité biologique des écosystèmes qui ne peuvent plus se régénérer normalement. Les rendements agricoles diminuent systématiquement, avec une croissance des attaques des insectes, une grande dégradation de la qualité des sols, une raréfaction des pâturages et de la ressource en eau avec de grandes pertes de bétails surtout dans la partie Soudano-Sahélienne et les Hautes Savanes Guinéennes. Les épisodes de 2007 et celui de 2016 ont été les plus redoutables de l'histoire. Ces deux épisodes se sont accompagnés d'une multiplication de feux de brousses, à l'origine des situations d'insécurité alimentaire observées dans toute l'Afrique tropicale. Ces épisodes seraient à l'origine de périodes de sécheresses et d'inondations, mais aussi d'un bouleversant du déroulement des activités à forte dépendance du climat citées plus haut.

BIBLIOGRAPHIE

A. MEMOIRES ET THESES

- DIAKHATE M., 2015**, Couplage océan-atmosphère en Atlantique tropical. Thèse de Doctorat en Physique de l'Atmosphère. Université Pierre et Marie Curie-Paris VI, Ecole doctorale « Sciences de l'environnement d'Ile de France ». Laboratoire d'Océanographie et du Climat. 100PP.
- ARDOIN-BARDIN-BARDIN S., 2004**, Variabilité hydro-climatique et impacts sur les ressources en eau de grands bassins hydrographiques en zone soudano-sahélienne. Thèse de l'Université Montpellier II, 440P.
- BAILLARGEON S., 2005**, Le krigeage : revue de la théorie et application à l'interpolation spatiale de données de précipitations. Mémoire pour l'obtention du grade de Maître ès Sciences, Université Laval (Canada), 137P.
- BATHA R A S., 2009**, Influence des éléments climatiques sur la production du cacaoyer dans deux agrosystèmes à pluviométrie bimodale : étude comparative entre la zone de savane de Bokito et la zone de forêt de Ngomedzap. Mémoire de maîtrise en géographie physique. UYI, Département de Géographie, Cameroun, 120P.
- BATHA R A S., 2014**, Influence des éléments climatiques sur la la production du maïs dans deux agro-systèmes à pluviométrie monomodale : étude comparative entre les Départements de la Bénoué et du Wouri. Mémoire de Master 2 en géographie physique. UYI, Département de Géographie, Cameroun, 150P.
- BODIAN A., 2011**, Approche par modélisation pluie-débit de la connaissance régionale de la ressource en eau : Application au haut bassin du fleuve Sénégal. Thèse de doctorat, Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal), 288P.
- BOUBACAR I., 2013**, Caractérisation des saisons de pluies au Burkina Faso dans un contexte de changement climatique et évaluation des impacts hydrologiques sur le bassin du Nakanbé, Thèse Ph.D, Docteur ès SCIENCES de l'Université Pierre et Marie Curie et de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) de Ouagadougou.
- DIELLO P., 2007**, Interrelations Climat – Homme – Environnement dans le Sahel Burkinabé: impacts sur les états de surface et la modélisation hydrologique. Thèse de l'Université Montpellier II, 395P.
- DOUKPOLO B., 2007**, Variabilité et tendances pluviométriques dans le Nord-Ouest de la Centrafrique: enjeux environnementaux. Université d'Abomey-Calavi - DEA. Dualism Cartésien <http://theopedie.com/-Vue-d-ensemble-.html>, 09.10.2018.
- FEKOUA D., 2011**, Anthropisation et risques environnementaux sur les collines de Yaoundé. Centre régional d'enseignement spécialisé en agriculture forêt/ bois Cameroun - Master professionnel en études d'impacts environnementaux 2010, 99P.
- HOUNDENOU H., 1999**, « Variabilité climatique et maïsiculture en milieu tropical humide : l'exemple du Bénin, diagnostic et modélisation » : Thèse de Doctorat, Université de Bourgogne (Dijon), 320P.
- HOUTONDJI Y.C., 2008**, Thèse d'Etat. Dynamique environnementale en zones sahélienne et soudanienne de l'Afrique de l'Ouest : Analyse des modifications et évaluation de la dégradation du couvert végétal. Université de Liège en Belgique. 131P.
<https://www.amazon.fr/Complexité-Du-Climat-Antoine-Coeuré/dp/3639545567>.
- IRD., 1998**, KhronoStat version 1.0. Logiciel, IRD, Montpellier.

- LECLERC Q I.P., 2000**, Etude diagnostique de nouvelles données climatiques : les réanalyses. Exemples d'application aux précipitations en Afrique tropicale. Thèse de Doctorat de Géographie. Université de Bourgogne, 227P.
- LEROUX M., 1980**, «Le climat de l'Afrique tropicale. Evénements climatiques extrêmes ». Thèse de doctorat, Dijon. 350P.
- LEROUX M., 1983**, Le climat d'Afrique tropicale. Thèse de Doctorat d'État, Université de Dijon, 3 tomes. 1427P.
- LIÉNOU G., 2007**, Impacts de la variabilité climatique sur les ressources en eau et les transports de matières en suspension de quelques bassins versants représentatifs au Cameroun. Thèse de l'Université Montpellier II, 486P.
- LOUVET S., 2008**, Modulations Intra saisonnières de la Mousson d'Afrique de l'ouest et impacts sur les vecteurs du paludisme à Ndiop (sénégal): diagnostics et prévisibilité, Thèse de Doctorat, Université De Bourgogne École Doctorale « Environnement, Santé/Stic », 212P ;
- MARTIN D., 1966**, Etudes pédologiques dans le Centre Cameroun : Nanga-Eboko à Bertoua. Paris, ORSTOM. Coll. Mémoires no 19, 90P.
- MENA M.S., 2005**, « Mise en évidence de la variabilité des précipitations saisonnières à la station Météorologique de Yaoundé de 1951 à 2001 ». Mémoire de Maîtrise, UYI, Cameroun, 130P.
- MICHEAU J.B., 2013**, Prévisibilité potentielle des variables climatiques a impact agricole en Afrique de l'est et application au sorgho dans la région du Mt Kenya. Thèse PhD, Biogéosciences, Centre de Recherche de Climatologie, UMR 6282 CNRS/Université de Bourgogne.
- MOUSSA DIAKHATE., 2015**, Couplage océan-atmosphère en Atlantique tropical, Thèse de Doctorat Ph.D. Université Cheikh Anta Diop de Dakar. Ecole doctorale « Eau, Qualité et Usage de l'eau ». Laboratoire de Physique de l'Atmosphère et de l'Océan - Siméon Fongang. (LPAO-SF). 100P. Sciences au Sud - Le journal de l'IRD - n° 80 - août / septembre / octobre 2015.
- MORON V., 1994**, Variabilité des précipitations en Afrique au Nord de l'équateur (1933- 990) et relation avec les températures de surface océanique et dynamique de l'atmosphère. Thèse de Doctorat, Bourgogne, 219P.
- NIANG A.J., 2008**, Les processus morphodynamiques, indicateurs de l'état de la désertification dans le Sud-Ouest de la Mauritanie. Approche par analyse multisource. Thèse de Doctorat, Université de Liège (Belgique), 286P.
- OTLLY P., 2008**, Modulations intra saisonnières de la mousson d'Afrique de l'ouest et impacts sur les vecteurs du paludisme à Ndiop (Sénégal): diagnostics et prévisibilité, Thèse de Doctorat de l'Université de Bourgogne, Centre de Recherches de Climatologie-UMR 5210 CNRS/UB.
- OUBA A.P., 2013**, Changements climatiques, dynamique de la végétation et perception paysanne dans le Sahel burkinabè. Thèse de Doctorat Unique, Université de Ouagadougou (Burkina Faso), 305P.
- PERINEL E., 2008**, Analyse des données, Cours de Master 2 en Statistique / Actuariat, Université de Strasbourg. https://www.unistra.fr/index.php?id=27937&tx_unistrarof_pi1, visité le 09/11/2018.
- PETNGA NYAMEN S.P., 2010**, Modes d'accès à l'espace habité et insécurité foncière dans les quartiers Gambara II, Burkina et Jérusalem de la ville de Ngaoundéré (Cameroun). Mémoire de Master 2, Université de Ngaoundéré.
- SAGNA P., 2005**, Dynamique du climat et son évolution récente dans la partie ouest de l'Afrique de l'occidentale. Thèse de Doctorat d'État, Université Cheikh Anta Diop, Dakar (Sénégal), 2 tomes, 786P.

SERVAT E., 1990, « Étude de la sensibilité du climat tropical à la déforestation ». Thèse de doctorat de l'Université de Paris VI. 285P.

SIGHOMNOU D., 2004, «Analyse et redéfinition des régimes climatiques et hydrologiques du Cameroun : perspectives d'évolution des ressources en eau ». Thèse de doctorat d'Etat, Département des Sciences de la Terre, Université de Yaoundé I. 291P.

SUCHEL J.B., 1988, Les climats du Cameroun ; thèse d'Etat. Université de Saint-Etienne, Université. Bordeaux III, Thèse Sc., Univ. Sainte Etienne, 4Tommes, atlas, 1188P.

TRABI Z.A., 2013, Étude de l'impact des activités anthropiques et de la variabilité climatique sur la végétation et les usages des sols, par utilisation de la télédétection et des statistiques agricoles, sur le bassin versant du Bouregreg (Maroc). Thèse de Doctorat en cotutelle, Université d'Artois et Université Félix Houphouët Boigny d'Abidjan, 190P.

TSALEFAC M., 1979, Les oscillations climatiques actuelles au Cameroun septentrional, Mémoire de maîtrise. Département de Géographie, Université de Yaoundé I, 126P.

ZONGNING A., 1979, Les anomalies climatiques du sud Cameroun un exemple : Le golf de Bafia, Mémoire de Maîtrise, Université de Yaoundé 1, Cameroun, 185P.

B. OUVRAGES GENERAUX

BAIOU R., 2007, L'Afrique et les Changements Climatiques : Impacts, adaptation, mitigation, ENV 6003.

BALME M., GALLES S., LEBEL T., 2005, Démarrage de la saison des pluies au Sahel : variabilité aux échelles hydrologique et agronomique analysée à partir des données EPSAT-Niger. Sécheresse, 16(1), 15-22pp.

BOUBA D., NGARESSEM G.M., MADJIGOTO R., RAIMOND C., 2014, Les influences de l'urbanisation sur la répartition régionale des plantes cultivées au Tchad et au Nord-Cameroun. Revue de géographie de Bordeaux. Les Cahiers d'Outre-Mer, 27p.

BOULET J., 1999, Les pays de la Bénoué. ORSTOM. 9P.

BRBANT P., GAVAUD M., 1985, Les sols et les ressources en terre du Cameroun. Paris-Yaoundé, ORSTOM/MESRES/IRA, Notice Explication n° 103, 285 P.

FISHER R.A., 1930, The arrangement of field experiments. Journal of the Ministry of Agriculture of Great Britain 1926; Imperial Bureau of Soil Science, Technical Communication, 10, pp23.

GIEC., 2007, l'activité humaine mise en cause dans le réchauffement climatique, mois de Mars 2007.

NEBA A.S., 1987, Géographie Moderne de la République Unie du Cameroun. Editions Neba, Camdem, N.J.08101, Etats-Unis, 211P.

C. OUVRAGES SPECIFIQUES

BALME M., GALLE S., LEBEL T., CHRISTENSEN D.O., FERRO C., FREI C., GOYETTE S., HALSNAES K., HOLT T., JYLHA K., KOFFI B., 2007, Future extreme events in European climate: an exploration of regional climate model projections, Climatic Change 81(1), 71–95pp.

BELTRANDO G., DUCHIRON B., 1996, Relations entre la pluviométrie mensuelle d'octobre à décembre en Afrique de l'Est et l'indice d'oscillation australe, Veille Climatique Satellitaire, (58-59), pp. 97-110.

BERNARD Fontaine., 1991, Variations pluviométriques et connexions climatiques : l'exemple des aires de mousson indienne et ouest-africaine. Science et changements planétaires/Sécheresse. Volume 2, numéro 4, 259-64PP.

- BIASUTTI M., SOBEL A.H., et KUSHNIR Y., 2006**, AGCM precipitation biases in the tropical. Lamont-Doherty Earth Observatory, Columbia University, Palisades, New York. <https://doi.org/10.1175/JCLI3673.1>.
- BIED M., 2007**, Sècheresse, désertification et développement EN AFRIQUE 2007- UVSQ et CERDI Version 10/10/0 2007- UVSQ et CERDI Version 10/10/0,
- BJERKNES J., 1964**, Atlantic Air-Sea Interaction. *Advances in Geophysics*, 82P.
- BLACK E., 2003**, The impact of Indian and Pacific Ocean processes on the East African short rains, *CLIVAR Exchanges*, 8, 40-42PP.
- BLACK E. 2005.**, The relationship between Indian Ocean sea-surface temperature and East African rainfall, *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 363, 43-47PP.
- BODIAN A., DACOSTA H., et DEZETTER A., 2011**, Caractérisation spatio-temporelle du régime pluviométrique du haut bassin du fleuve Sénégal dans un contexte de variabilité climatique. *Physio-Géo - Géographie Physique et Environnement*, vol. V, 116-133PP.
- BODIAN A., NDIAYE O., DACOSTA H., 2016**, Évolution des caractéristiques des pluies journalières dans le bassin versant du fleuve Sénégal : avant et après rupture. *Hydrological Sciences Journal*, 905-913PP.
- BRADLEY R.S., DIAZ H.F., KILLADIS G.N., EISCHEID J.K., 1987**, ENSO signal in continental temperature and precipitation records. *Nature*, 327 (6122), 497-501PP.
- BROECKER W.S., 1991**, The great ocean conveyor. *Oceanography*, 4 (2) : 79-89P.
- BRUNAUT J., 1986**, Paysage et paléoclimats en Afrique Centrale. Libreville. Univ, 235-245.
- CAMBERLIN P., 1995**, June–September rainfall in north-eastern Africa and atmospheric signals over the tropics: A zonal perspective. *Int. J. Climatol.*, 15, 773–783PP.
- CAMBERLIN P., 2010**, L’Afrique centrale dans le contexte de la variabilité climatique tropicale interannuelle et intra saisonnière. Centre de Recherches de Climatologie UMR 5210 CNRS / Université de Bourgogne, 6 Bd Gabriel – 21000 Dijon–France.
- CHIANG, J. C., KUSHNIR, Y., GIANNINI, A., 2002**. Deconstructing atlantic ITCZ variability : Influence of the local cross-equatorial SST gradient, and remote forcing from the eastern equatorial pacific. *J. Geophys. Res*, 107(10.1029).
- CHELTON D.B., et XIE S.P., 2010**, Coupled ocean-atmosphere interaction at oceanic mesoscales - *Oceanography*, 2010 – JSTOR. <https://www.jstor.org/stable/24860862>.
- CILLAS., LAMARRE D., PAGNEY P., BESANCENOT J P., 1999**, Climat et sociétés, vol 87, 114P.
- CITEAU J., CAMMAS J.P., GOURIOU Y., 1984**, position de la zone intertropicale de convergence a 28' ouest, et temperature de surface dans le golfe de guinee. *Veille climatique satellitaire N°3*, 7P, ORSTOM. Météorologie Nationale, Centre de Météorologie Spatiale de LANNION, Ministère des Relations Extérieures.
- CLAUDE ALLEGRE., DOMINIQUE DE MONTVALON., 2010**. L’imposture climatique ou la fausse écologie, PLON, ISBN : 978-2-259-20985-4, 284P.
- CLARK C.O., WEBSTER P.J., COLE J.E., 2003**, Interdecadal variability of the relationship between the Indian Ocean Zonal Mode and East African coastal rainfall anomalies, *Journal of Climate*, 16, 548-554PP.
- ELDIN M., 1971**, le Climat de la Côte d’Ivoire., Centre ORSTOM, Adiopodoumé, Côte d’ivoire, 34P.
- FELLOUS J.L., GAUTIER C., 2007**, Comprendre le changement climatique. Ouvrage collectif, Ed. Odile Jacob, éditeur 297 P.

- FEREDAY, D R., MAIDENS A., ARRIBAS A., SCAIFE A A., KNIGHT J R., 2012**, Les prévisions saisonnières hivernales de l'hémisphère nord 2009/10. Environ. Res. Lett. 7. Online at stacks.iop.org/ERL/7/034031.
- FLAMENT, P. J., KENNAN, S. C., KNOX, R. A., NIILER, P. P., BERNSTEIN, R. L., 1996**, The three-dimensional structure of an upper ocean vortex in the tropical pacific ocean. *Nature*, 383(6601) :610–613P.
- FLORIDES G., CHRISTODOULIDES P., 2009**, Global warming and carbon dioxide through sciences, *Environment international* 35(2), 390–401PP.
- FOLLAND. C. K., et al. 2001**, 'Global temperature change and its uncertainties since 1861', *Geophys. Res. Lett.*, 28(13), 2621-2624.
- FONTAINE Bernard., JANICOT S., MORON V., IROUCOU T., ZASKA R.S., 1998**, Anomalies de température de surface de la mer et précipitations tropicales : synthèse de quelques de travaux récents portant sur les précipitations au Sahel et dans le Nordeste. *La Météorologie*, 8e série, no 23, 14-35PP.
- FORTIN G., HETU B., GAUTHIER F., GERMAIN D., 2015**, Extrêmes météorologiques et leurs impacts géomorphologiques : le cas de la Gaspésie. XXVIIIe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Liège 2015. 469-474PP.
- GIEC., 2018**, Les conséquences d'un réchauffement planétaire.
- GIORDANI H., JANICOT S., LAZAR A., 2013**, Atmospheric response to sea-surface temperature in the eastern equatorial atlantic at quasi-biweekly time-scales. *Quarterly Journal*.
- GODARD A., TABEAUD M., 1993**, Les climats–mécanismes et répartition. Armand Colin, 192P.
- GRIST J.P., NICHOLSON S.E., 2001**, A study of the dynamic factors influencing the rainfall 14 (7), 1337-1359pp. (doi:10.1175/1520-0442(2001)014<1337:ASOTDF>2.0.CO;2).
- GUTTMAN N.B., 1998**, «Comparing the Palmer Drought Index and the Standardized Precipitation Index», *Journal of the American Water Resources Association*, 34:113–121PP, doi:10.1111/j.1752-1688.1998.tb05964.
- GUTTMAN N.B., 1999**, «Accepting the Standardized Precipitation Index: a calculation algorithm», *Journal of the American Water Resources Association*, 35:311–322PP, doi:10.1111/j.1752-1688.1999.tb03592.x.
- GUYOT. (1997)**, Climatologie de l'environnement. Ed. Masson, 505 P.
- HASTENRATH S., 2000**, Zonal circulations over the equatorial Indian Ocean, *Journal of Climate*, 13, 2746-2756pp.
- HAYES S.P., MCPHADEN M.J., WALLACE J.M., 1989**, The influence of sea-surface temperature on surface wind in the eastern equatorial pacific: Weekly to monthly variability. *Journal*.
- HERMES J.C., REASON C.J.C., 2009**, Variability in sea-surface temperature and winds in the tropical south-east Atlantic Ocean and regional rainfall relationships. <https://doi.org/10.1002/joc.1711>. Site visité le 6 février 2018.
- HIRST A.C., HASTENRATH S., 1983**, Diagnostics of hydrometeorological anomalies in the Zaire (Congo) basin. *Quart. J. Royal Meteor. Soc.*, 109, 881-892PP.
- HOLTON J., 2004**, An Introduction to Dynamic Meteorology, Elsevier Academic Press.
- KLEIN, R.J.T., S.E.H. ERIKSEN., L.O. Næss., A. HAMMILL.; T.M. TANNER., C. ROBLEDO., K.L., O'BRIEN., 2007**, Portfolio Screening to Support the Mainstreaming of Adaptation to Climate Change into Development Assistance. Tyndall Centre for Climate Change, Research, Working, 102P.
- LAMARRE D., PAGNEY P., 1999**, Climats et sociétés. A. Colin 272P.

- LANDSBERG H.E., 1981**, The Urban Climate. Academic Press, New York, 285P.
- LARISSA E., BACK L.E., BRETHERTON C.S., 2009**, On the relationship between SST gradients, boundary Layer Winds, and Convergence over the Tropical Ocean. Department of Earth, Atmospheric and Planetary Sciences, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts. <https://doi.org/10.1175/2009JCLI2392.1>. Site visité le 6 février 2017.
- LE MONDE., 2002**, Coup de chaud sur la planète, les dérèglements climatiques, Ed. EDP, 223P.
- MORON V., 2003**, 'L'évolution séculaire des températures de surface de la mer Méditerranée (1856–2000)', C. R. Geoscience 335 (2003) 721–727PP.
- MPOUNZA M., SAMBA G., BOUKA BIONA C., MASSOUANGUI-KIFOUALA. M., 2003**, L'évolution des températures dans le sud du Congo-Brazzaville (1950-1998). Publ. Assoc. Intern. Climatologie15:428-433PP.
- MUTAI C.C., WARD M.N., 2000**, East African Rainfall and the Tropical Circulation/Convection on Intraseasonal to Interannual Timescales, Journal of Climate, 13, 3915-3939PP.
- MUTAI C.C., WARD M.N., COLMAN A.W., 1998**, Towards the prediction of the East Africa short rains based on sea-surface temperature-atmosphere coupling, International Journal of Climatology, 18(9), 975-997PP.
- NENG S., LUWEN C., DONGDONG X., 2002**, A preliminary study on the global land annual precipitation associated with ENSO during 1948-2000, Advances in Atmospheric Sciences, 19, 993-1002PP.
- NEW M., TODD M., HULME M., JONES P., 2001**, Precipitation measurements and trends in the twentieth century. International Journal of Climatology, 21(15), 1889-1922pp.
- NEWELL R .E., 1979**, Climate and the ocean. Amer. Sc., 67, 405-416PP.
- NIANG I., OZER A., OZER P., 2008**, Fifty years of landscape evolution in South-Western Mauritania by means of aerial photos. Journal of Arid Environments, vol. 72, n° 2, p. 97-107pp.
- NIANG I., 2009**, Le changement climatique et ses impacts : les prévisions au niveau mondial publié dans Adaptation au changement climatique de IDDRI, Sciences Po. Numéro 85, 4ème trimestre. 13-20PP.
- NICHOLSON. S.E., 1981**, Rainfall and atmospheric circulation during drought periods and wetters years in West Africa. Mon WeathRev ; 109 : 2191-2208PP.
- NICHOLSON S.E., 1985**, Subsaharan rainfall 1981-84. JCAM, 24, 1388-1391.
- NICHOLSON S.E., 1986**, The spatial coherence of African rainfall anomalies: interhemispheric teleconnections. Journal of Climate and Applied Meteorology, vol. 25, n° 10, p. 1365-1381PP.
- NICHOLSON S.E., ENTEKHABI D., 1986**, The quasi-periodic behavior of rainfall variability in Africa and its relationship to the Southern Oscillation. Arch. Meteorol. Geophys. Bioklimatol., 34 A, 311-348PP.
- OGALLO L.J., BOULAHYA M.S., KEANE T., 2000**, Applications of seasonal to interannual climate prediction in agricultural planning and operations, Agricultural and Forest Meteorology, 103(1), 159-166PP.
- OLIVRY J., 1986**, Fleuves et rivières du Cameroun. MESRES/ORSTOM, Monogr. Hydrol.ORSTOM, 9, Paris, 723P.
- OLIVRY J.C., BRICQUET J.P., MAHÉ G., 1993**, Vers un appauvrissement durable des ressources en eau de l'Afrique humide. In: Hydrology of Warm Humid Régions (Proc Yokohama Symposium July 1993). IAHS Publ. n" 216, 67-78.
- OTTER. L., OLAGO. D., NIANG. I. (eds), 2007**, Global Change Processes Impacts in Africa: A Synthesis. START/East African Educational Publishers, Nairobi, 346P.

QUENEY P., 1974, Elements meteorology. Masson, Paris, 300 p.

RASMUSSEN E.M., CARPENTER T.H., 1982, Variations in Tropical Sea Surface Temperature and Surface Wind Fields Associated with the Southern Oscillation/El Niño. Monthly Weather Review, 110 (5), 354-384PP.

RICHARD Y., CAMBERLIN P., FAUCHEREAU N., 2002, « El Nino-La Nina : cohérence intra saisonnière de la variabilité pluviométrique interannuelle en Afrique du Sud », Espace géographique, vol.1, 63-72PP.

SANCHEZ., LAVEGA A., 2011, An Introduction to Planetary atmospheres, CRC Press, Taylor & Francis Group. CRC Press, 2010, 487PP, Oxford University.

L'HOTE Y., 2005, Climatologie, Atlas de la province Extrême-Nord Cameroun, IRD Éditions, 17-20PP.

D. ARTICLES ET REVUES

ABOSSOLO S.A., BATHA R.A.S., 2015, Les fluctuations annuelles de la température de la surface de l'océan atlantique avec l'anticyclone des Açores, l'activité solaire et le niveau d'eau du lac Tchad. Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement, N°1 2-12. (EDUCI).

ABOSSOLO S.A., AMOUGOU J.A., TCHINDJANG M., MENA M.S., BATHA R.A.S., (2015), Afrique SCIENCE 11(2).183 – 194PP. ISSN 1813-548X.

ADEWI E., BADAMELI K.M., DUBREUIL., 2010, Evolution des saisons des pluies potentiellement utiles au Togo de 1950 à 2000. UMR 6554 CNRS. Université Européenne de Bretagne, Rennes 2. Place du Recteur H. le Moal 35043 Rennes Cedex-France. Vincent, 89-107PP.

ALI A., LEBEL T., AMAMI A., 2008, Signification et usage de l'indice pluviométrique au Sahel. Sécheresse, vol. 19, n° 4, 227-235PP.

AMOUGOU J.A., DZANA J.G., ABOSSOLO S.A., 2012, Evolution de la pluviométrie pour la période 1951-2000 dans la partie septentrionale du Cameroun: cas des stations de Garoua et de Maroua. Les mutations socio-spatiales du Cameroun, 59-70 PP.

AMOUGOU J.A., BATHA R.A.S., 2014, Dynamique spatio-temporelle des précipitations de 1960 à 2010 et essai d'élaboration d'un calendrier agricole dans la zone des hauts plateaux du Cameroun. Rev. Ivoir. Sci. Technol., 23. 153 – 177 pp. ISSN 1813-3290PP.

AMOUGOU J.A., ABOSSOLO S.A., TCHINDJANG M., BATHA R.A.S., 2015, Variabilité des précipitations à Koundja et à Ngaoundéré en rapport avec les anomalies de la température de l'Océan Atlantique et El Niño. Rev. Ivoir. Sci. Technol., 25, 110-124PP. ISSN 1813-3290PP.

AMOUGOU J.A., BATHA R.A.S., 2016, Impact des épisodes El Niño sur la dynamique spatiale et temporelle de la pluviométrie dans les cinq zones agro-écologiques du Cameroun de 1950 à 2010. Afrique SCIENCE 12(3). 257 – 292PP. ISSN 1813-548X.

AMOUGOU J.A., NDAM NGOUPAYOU J.R., DJOCGOUE P.F., BESSOH BELL S., TCHINDJANG M., UNUSA H., BATHA R.A.S., 2013, A comparative study of the influence of climatic elements on cocoa production in two agro-systems of bimodal rainfall: Case of Ngomedzap forest zone and the contact area of forest-savanna of Bokito. JCAS, 59-68PP.

AMOUGOU, J.A., DZANA, J.G., ABOSSOLO., 2012, Evolution de la pluviométrie pour la période 1950-2000 dans la partie Septentrionale du Cameroun : cas des stations de Garoua et de Maroua, In : Les mutations socio-spatiales au Cameroun. Iresma, 59-70PP.

BERTALANFFY L.V., 1968, Théorie générale des systèmes, systémique, 2 Dunod, Paris, 1993 pour la nouvelle édition 26P.

- BIGOT S., MORON V., MELICE J.L., SERVAT E., PATUREL J.E., 1998**, Fluctuations pluviométriques et analyse fréquentielle de la pluviosité en Afrique centrale. In *Water Resources Variability in Africa during the XXth Century*, IAHS Public. n°252, 71-79PP.
- BIROT P., 1956**, Evolution des théories de la circulation atmosphérique générale. *Ann. de géog.* no 348, 81-97PP.
- BIROT P., 1973**, Géographie physique générale de la zone intertropicale. CDU, 280 pages.
- BOLLE H-J, Ed., 2003**, Le climat méditerranéen : variabilité et tendances. Springer Verlag. ISBN 978-3-642-55657-9.
- CAMBERLIN P., BELTRAND G., FONTAINE B., et RICHARD Y., 2002**, Pluviométrie et crises climatiques en Afrique Tropicale : changements durables ou fluctuations interannuelles ? *Historiens et géographes*, N°379. 263-273PP.
- CAMBERLIN P., JANICOT S., et POCCARD I., 2001**, Seasonality and atmospheric dynamics of the teleconnection between African rainfall and tropical sea-surface temperature: Atlantic vs. ENSO, *International Journal of Climatology*, 21 (8), 973-1005PP.
- CAMBERLIN P., PHILIPPON N., 2002**, The East African March-May rainy season: associated atmospheric dynamics and predictability over the 1968–97 period, *Journal of Climate*, 15, 1002-1019PP.
- CAMBERLIN Pierre., CASTEL Thierry, RICHARD Yves., WILLIAMSON David., 2011**, Montagnes d'Afrique Tropicale: marqueurs de la variabilité climatique ou isolats climatiques ? Archives-ouvertes, HAL Id: hal-00625600, Centre de Recherches de Climatologie, UMR 5210 CNRS / Université de Bourgogne, 6 Bd Gabriel, 21000, (1), Dijon, France.
- CANTAT O., 2004**, Analyse critique sur les tendances pluviométriques au 20ème siècle en Basse-Normandie: réflexion sur la fiabilité des données et le changement climatique. *Annales de l'Association Internationale de Climatologie*, vol 1, 11-22PP.
- CARBONEL., NICHOLSON., HUBERT., 2000**, Mise en évidence de la variabilité des précipitations en Afrique Tropical humide, UNESCO, 143P.
- CARBONNEL J.P., HUBERT P., 1985**, Sur la sécheresse au Sahel d'Afrique de l'Ouest. Une rupture climatique dans les séries pluviométriques du Burkina-Faso (ex Haute-Volta). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris, Série II*, vol. 301, n° 13, 941-944PP.
- CASENAVE. A., VALENTIN C., 1989**, Les états de surface de la zone sahélienne : influence sur l'infiltration. Paris, ORSTOM. 229P.
- CASSOU C, TERRAY L, PHILLIPS A S., 2005**, Influence atlantique tropicale sur les vagues de chaleur en Europe. *J. Climate* 18, 2805–2811.
- CASSOU C., et TERRAY L., 2001**, Dual influence of Atlantic and Pacific SST anomalies on the North Atlantic/Europe winter climate. *Geophys. Res. Lett.*, 28, 3195-3198PP.
- CASSOU C, TERRAY L., 2001**, Forçage océanique de la variabilité atmosphérique à basse fréquence hivernale dans le secteur européen de l'Atlantique Nord : étude réalisée à l'appui du modèle ARPEGE. *J. Climate* 14:4266–4291.
- DEARDORFF J.W., 1972**, Parameterization of the planetary boundary layer for use in general Circulation Models. *Monthly Weather Review*, 100 (2), 93–106PP,
- DÉMARRÉE G., 1990**, An indication of climatic change as seen from the rainfall data of a Mauritanian station. *Theor Appl Climato/*, 42:139-147.
- DE PATER I., et LISSAUER J.J. 2001**, Planetary Sciences, Cambridge University Press.
- DESCROIX L., DIONGUE NIANG A., PANTHOU G., ANSOUMANA B., SANE Y., DACOSTA H., MALAM M., VANDERVAERE J.P., QUANTIN G., 2015**, Evolution récente de la pluviométrie en Afrique de l'Ouest à travers deux régions : la Sénégalie et le Bassin du

Niger Moyen. La Climatologie. Journal de l'Association Internationale de Climatologie, vol 12, Lara, INIST, CNRS, 25-43PP.

DESER, C., 1993, Diagnosis of the surface momentum balance over the tropical Pacific ocean. Journal of climate, 6(1):64–74PP.

CLARKE A.J., SHU L., 2000, Quasi-biennial winds in the far western equatorial Pacific phase-locking El Niño to the seasonal cycle. Geophysical Research Letters, 27 (6), 771-774PP.

COEURE A., 2016, La complexité du climat, Edition Universitaires Européennes (EUE),

DIAZ H.F., KILLADIS G., 1992, Atmospheric teleconnections associated with the extreme phase of the Southern Oscillation. El Niño: Historical and Paleoclimatic Aspects of the Southern Oscillation (H.F Diaz., V Markgraf., eds), Cambridge University Press, Cambridge, 7-28PP.

DONAT M.G., PETERSON T.C., BRUNET M., KING A.D., ALMAZROUI M., KOLLI R.K., 2013, Changes in extreme temperature and precipitation in the arab region: long-term trends and variability related to ENSO and NAO. International Journal of Climatology, issn : 0899-8418, 2014, vol. 34, n°3, 793-807PP.

DUBOIS P.J., 2003, Biodiversité et changement climatique, vol. 3, no 2-3-4.151-163 PP.

DUBOIS P.J., LEFEVRE P., 2003, Un nouveau climat : enjeux du réchauffement climatique. France, la Martinière, 255 P.

EI GHACHI M., F.Z. MORCHID., 2015, Analyse des tendances pluviométriques dans la ville de Khénifra dans un contexte de variabilité climatique. J. Mater. Environ. Sci. 6 (11) 3346-3358 El Ghachi and Morchid, ISSN : 2028-2508. CODEN: JMESCN

FRAPPART F., HIERNAUX P., GUICHARD F., MOUGIN E., KERGOAT L., ARJOUNIN M., LAVENU F., KOITE M., PATUREL J.E., LABEL T., 2009, Rainfall regime across the Sahel band in the Gourma region, Mali. Journal of Hydrology, vol. 375, n° 1-2, 128-142PP.

GACHON P., 2000, La modélisation du climat - où en sommes-nous ? Vertigo, revue électronique des sciences de l'environnement. Vol. 1, No. 2. 10.4000/vertigo.4044.

GAMBLIN A., 1998, Les littoraux espaces et vie, Paris, SEDES, espaces de vies, Paris, SEDES, 36P.

GOULA A., SAVANE I., KONAN B., FADIKA V., KOUADIO G.B., 2005, Étude comparative de l'impact de la variabilité climatique sur les ressources en eau des bassins du N'zo et du N'zi en Côte d'Ivoire. Sciences & Nature, vol. 2, n° 1, 19-34PP.

GOUALA B.T.A., SAVANE I., KONAN B., FADIKA V., KOUADIO G.B., 2006, « impact de la variabilité climatique sur les ressources hydriques des bassins de N'zo et N'zi en Côte d'Ivoire (Afrique tropicale humide) », Vertigo, vol 1, 1-12PP.

GOUTAINE SEINGUE R., BAOHOUTOU L., 2015, Mise en évidence de la variabilité pluviométrique sur la plaine du Mayo-Kebbi, Sud-Ouest du Tchad. Rev. Ivoir. Sci. Technol., 25-93PP. 109 93 ISSN 1813-3290.

HOUNDENOU C., HERNANDEZ K., 1998, « Modification de la saison des pluies dans l'Atakora (1961-1990). Un exemple de sécheresse au Nord-Ouest du Bénin (Afrique occidentale) », sécheresse, vol. 9, N° 1, 23-34PP.

HOUNTONDI Y.C., SOKPON N., NICOLAS J., OZER P., 2009, Ongoing desertification processes in the sahelian belt of West Africa: an evidence from the rain-use efficiency. In: Recent advances in remote sensing and geoinformation processing for land degradation assessment, A. RÖDER et J. HILL édit., Édit. CRC Press, série ISPRS, vol. 8, 173-186PP.

HOUDIN F., GRANDPEIX J.Y., RIO C., BONY S., JAM A., CHERUY F., ROCHETIN N., FAIRHEAD L., IDELKADI A., MUSAT I., DUFRESNE J.L., LEFEBVRE M.P., LAHELLEC A., ROEHRIG R., 2013, The atmospheric component of the IPSL climate model

with revisited parameterizations for clouds and convection, *Clim. Dynam* 40, 2193–2222, doi:10.1007/s00382-012-1343-y.

http://www.vertigo.uqam.ca/vol1n2/art3vol1n2/philippe_gachon.html, DOI, visité le 9/11/2018

HUBERT P., CARBONNEL J.P., 1987, Approche statistique de l'aridification de l'Afrique de l'Ouest. *Journal of Hydrology*, vol. 95, n° 1, p. 165-183PP.

HUBERT P., BADER J.C., BENDJOUDI H., 2007, Un siècle de débits annuels du fleuve Sénégal. *Journal des Sciences Hydrologiques*, vol. 52, n°1, 68-73PP. URL : <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1623/hysj.52.1.68>.

HUBERT P., CARBONNEL J.P., CHAUCHE A., 1989, Segmentation des séries hydrométéorologiques ; application à des séries de précipitations et de débits de l'Afrique de l'Ouest. *Journal of Hydrology*, vol. 110, n° 3-4, 349-367pp.

HUBERT R., CARBONNEL J.P., 1987, Approche statistique de l'aridification de l'Afrique de l'Ouest. *Journal of Hydrology*, 95 : 165-183, 1987.

HUBERT P., SERVAT E., PATUREL J.E., KOUAME B., BENDJOUDI H., CARBONNEL J.P., LUBES-NIEL H., 1998, « La procédure de segmentation, dix ans après », IAH Publication, vol. 252, 267-273PP.

HUGHES R.H., UGHES J S., 2002, Répertoire des zones humides d'Afrique. Univ. O. Bongo. 453P.

INDEJE M., SEMAZZI F.H.M., OGALLO L.A., 2000, ENSO signals in East African rainfall seasons. *International Journal of Climatology*, 20, 19-46PP. *International Journal of Climatology*, 24, 681-701PP.

KENFACK T.T., TSALEFAC Maurice., HAIDU I., 2009, Influence du climat sur les épidémies de méningites à méningocoque dans la plaine du Diamaré (Extrême-Nord, Cameroun). *Geographia Technica. Numéro spécial*, 263-268PP.

KINGUMBI A., BERGAOUI Z., BOURGES J., HUBERT P., KALLEL R., 2001, Étude de l'évolution des séries pluviométriques de la Tunisie centrale. In : *Hydrologie des régions méditerranéennes, actes d'un séminaire UNESCO/IRD (Montpellier, 2000)*, Documents Techniques en Hydrologie, n° 51, 341-350PP.

KOUASSI A., ASSAMOI P., BIGOT S., DIAWARA A., SCHAYES G., YOROBA F., KOUASSI B., 2010, « Étude du climat ouest-africain à l'aide du modèle atmosphérique régional M.A.R. », *Climatologie*, 39-55PP.

KOUASSI A.M., KOUAME K.F., KOFFI Y.B., DJE K.B., PATUREL J.E., OULARE S., 2010, Environnement, Nature, Paysage. Analyse de la variabilité climatique et de ses influences sur les régimes pluviométriques saisonniers en Afrique de l'Ouest : cas du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire. *Cyber geo: European Journal of Geography [En ligne]*, Environnement, Nature, Paysage, document 513, mis en ligne le 07 décembre 2010, consulté le 06 février 2019. URL : <http://journals.openedition.org/cybergegeo/23388> ; DOI : 10.4000/cybergegeo.23388.

KUETE M. 2000, Les aspects physiques de l'environnement d'une bordure de socle tropical au fond du golfe de guinée, Presse Universitaire de Yaoundé, Cameroun [En ligne], 219 | Juillet-Septembre 2002, mis en ligne le 23 septembre 2010, consulté le 06 février 2019. URL : <http://journals.openedition.org/com/1003> ; DOI : 10.4000/com.1003.

KUSHNIR Y, AL., 2006, Les fondements physiques des prévisions de la variabilité climatique d'une saison à l'autre et d'une année à l'autre dans le secteur atlantique. *J. Climate*, 23, 5949-5970.

LAHUEC J.P., PENNARUN J., 1992, Convergence intertropicale. Suivi de la convection de septembre à novembre 1992. *Veille climatique satellitaire No 43*, Coéditeurs : Antenne

- ORSTOM et Centre de Météorologie Spatiale, Lannion 22302, Editions ORSTOM. (36), 13-22PP. Localisation, Fonds IRD [F B010014437] ; Bondy ; Montpellier (Centre IRD).
- LEBEL T., ALI A., 2009**, Recent trends in the Central and Western Sahel rainfall regime (1990-2007). *Journal of Hydrology*, vol. 375, n° 1-2, 52-64PP.
- LELE S.M.C., MICHAEL A., LE SUEUR D., 2002**, Climate change: regional warming and malaria resurgence. *Nature*, 420, 627-628pp.
- LEROUX M., 1973**, Les alizés. In: *Bulletin de l'Association de géographes français*, N°410, 50e année, Juillet-octobre 1973. 627-634PP.
- L'HÔTE Y., MAHÉ G., SOMÉ B., TRIBOULET J.P., 2002**, Analysis of a Sahelian annual rainfall index from 1896 to 2000; the drought continues. *Hydrological Sciences Journal*, vol. 47, n° 4, 563-572PP.
- LIENOU G., MAHE G., PATUREL J.E., SERVAT E., SIGHOMNOU D., EKODECKI G.E., DEZETTER A., DIEULIN C., 2008**, Evolution des régimes hydrologiques en région équatoriale Camerounaise : un impact de la variabilité climatique en Afrique équatoriale? Université de Yaoundé I, Cameroun. IRD, UMR Hydro Sciences Montpellier, F-34394 Montpellier Cedex 5, France.
- LUBÈS-NIEL H., MASSON J.M., PATUREL J.E., SERVAT É., 1998**, Variabilité climatique et statistiques. Étude par simulation de la puissance et de la robustesse de quelques tests utilisés pour vérifier l'homogénéité de chroniques. *Revue des Sciences de l'Eau*, vol. 11, n° 3, 383-408PP.
- LUC DESCROIX., JOSE LUIS GONZALEZ BARRIOS., RAUL SOLIS., 2005**, Influence de la forêt sur la pluviométrie, Open Edition Book, Editions IRD. 221-239PP.
- M'BIANDOUN G.M., OLINA J.P., 2002**, Caractérisation du climat dans les quatre terroirs de la zone soudano-sahélienne du Nord-Cameroun et conséquences pour l'agriculture, 115-125pp.
- M'BIANDOUN G.M., OLINA J. P., 2006**, Pluviosité en région soudano-sahélienne au Nord du Cameroun : conséquences sur l'agriculture. Institut de recherche agricole pour le développement (IRAD), Garoua, Cameroun. *Agronomie Africaine* 18 (2): 95-103PP.
- MAHÉ G., OLIVRY J.C., 1991**, Changements climatiques et variations des écoulements en Afrique occidentale et centrale du mensuel à l'interannuel. In : *Hydrology for the Water Management of Large River Basins (Proc Vienne Symposium August 1991)*. IAHS Publ n'201, 163-172.
- MAHE G., L'HÔTE Y., 1995**, Utilisation de la méthode du vecteur régional pour la description des variables pluviométriques interannuelles en Afrique de l'Ouest et centrale. In : *Régionalisation en hydrologie : application au développement*, Huitièmes Journées Hydrologiques de l'ORSTOM, L. LE BARBÉE et É. SERVAT édit, Édit. ORSTOM, 175-192PP.
- MATERIA S, BORRELLI A, BELLUCCI A, ALESSANDRI A, DI PIETRO P, ATHANASIADIS P, NAVARRA A, GUALDI S., 2014**, Impact de l'atmosphère et des conditions initiales surfaciques sur les prévisions saisonnières des températures de surface mondiales, *J. Climate*, 27, 9253-9271.
- MARCHANT R., MUMBI C., BEHERA S., et YAMAGATA T., 2006**, The Indian Ocean dipole-the unsung driver of climatic variability in East Africa, *African Journal of Ecology*, 45, 4-16PP.
- MARIOTTI A., ZENG N., LAU K-M., 2002**, Les pluies dans la région euro-méditerranéenne et l'ENSO – Une relation variable selon la saison. *Geophys. Res. Lett.*, 29, 1621, doi:10.1029/2001GL014248.

- MARTEAU R., PHILIPPON N., FONTAINE B., MORON V., 2010**, Bulletin de l'Association de Géographes Français Approche multi-scalaire du démarrage de la saison des pluies au Sahel central et occidental : cohérence spatiale et prévisibilité 87-2 pp. 207-220 www.persee.fr/doc/bagf_0004-5322_2010_num_87_2_8153 visité le 28/08/2018
- MCHUGH M.J. 2004**, Near-surface zonal flow and East African precipitation receipt during austral summer, *Journal of Climate*, 17, 4070-4079pp.
- MCHUGH M.J., 2006**, Impact of south Pacific circulation variability on East African rainfall, *International Journal of Climatology*, 26, 505-521pp.
- MCKEE T.B., DOESKEN N.J., KLEIST J., 1993**, The relationship of drought frequency and duration to time scales, *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*, 17-22 January 1993, Anaheim, California, 179–184PP.
- MECHOSO, C. R., A. W. ROBERTSON, N. BARTH, M. K. DAVEY, P. DELECLUSE, P. R. GENT, S. INESON, B. KIRTMAN, M. LATIF, H. LE TREUT, T. NAGAI, J. D. NEELIN, S. G. H. PHILANDER, J. POLCHER, P. S. SCHOPF, T. STOCKDALE, M. J. SUAREZ, L. TERRAY, O. THUAL., J. J. TRIBBIA., 1995**, The seasonal cycle over the Tropical Pacific in General Circulation Models. *Mon. Wea. Rev.*, 123, 2825-2838PP.
- MOTET Gilles. (2010), *Responsabilité et environnement*, N° 57, 32-37PP.
- MONKAM D., LENOUE A., NDIAYE A., 2012**, Variabilité interannuelle et intra-saisonnière des précipitations en relation avec les deux régimes d'ondes d'Est en Afrique de l'Ouest. *AFRIQUE SCIENCE* 08(2) 34 – 56pp, ISSN 1813-548X.
- MORON, V., CAMBERLIN P., 2007**, Spatial coherence of tropi **MORON, V., CAMBERLIN P., 2007**, Spatial coherence of tropical rainfall at the regional scale. *J. Climate*, 20, 5244–5263.
- NICHOLSON S.E., KIM J., HOOPINGARNER J., 1988**, Atlas of African rainfall and its interannual variability. Department of Meteorology, Florida State University, Tallahassee, Florida, USA.
- NICHOLSON S.E., SOME B., KONE B., 1999**, An analysis of recent rainfall conditions in West Africa, including the rainy seasons of the 1997 El Niño and the 1998 La Niña years. *Journal of Climate*, vol. 13, n° 14, p. 2628-2640PP.
- NICHOLSON S.E., SELATO J.C., 2000**, The influence of La Niña on African rainfall. *International Journal of Climatology*, 20, 1761-1776PP.
- NIEL H., LEDUC C., et DIEULIN C., 2005**, Caractérisation de la variabilité spatiale et temporelle des précipitations annuelles sur le bassin du Lac Tchad au cours du 20ème siècle. *Hydrological Sciences Journal*, vol. 50, n° 2, 223-243PP.
- NOBRE P., SHUKLA J., 1996**, Variations of sea surface temperature, wind stress, and rainfall. Center for Ocean-Land-Atmosphere Studies, Institute for Global Environment and Society, Calverton, Maryland.
[https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1996\)009<2464:VOSSTW>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1996)009<2464:VOSSTW>2.0.CO;2)
- NOUACEUR Z., LAIGNEL B., TURKI I., 2013**, Changements climatiques au Maghreb : vers des conditions plus humides et plus chaudes sur le littoral algérien ? *Physio-Géo*, Volume II.
- NOUACEUR Z., LAIGNEL B., 2015**, caractérisation des événements pluviométriques extrêmes sur la rive sud du bassin méditerranéen : études du cas du « Quart nord-est » Algérien, Liège. Liège 2015. 574P.
- NUZZO R., 2014**, “Scientific Method: Statistical Errors” *Nature*, 506, 150–152PP.
- Ocean Modelling**, 30(4) : 241–255. Ocean-atmosphere coupling in the gulf of guinea during boreal spring and summer. *Quarterly*.

- OZER P., ERPICUM M., DEMARÉE G., VANDIEPENBECK M., 2003**, The Sahelian drought may have ended during the 1990s. *Hydrological Sciences Journal*, vol. 48, n° 3, 489-492PP.
- OZER P., HOUNTONDI Y.C., LAMINOU M.O., 2009**, Évolution des caractéristiques pluviométriques dans l'Est du Niger de 1940 à 2007. *Geo-Eco-Trop, Revue de Géographie et d'Écologie Tropicale*, vol. 33, n.s., 11-30pp.
- PAOLINO D A., KINTER J L., 2012**, Impact de l'initialisation de la surface terrestre et atmosphérique sur les prévisions saisonnières avec le CCSM. *Journal of Climate* 25(3): 1007-1021.
- PANTHOU G., VISCHEL T., LEBEL T., 2014**, Recent trends in the regime of extreme rainfall in the Central Sahel. *International Journal of Climatology. Int. J. Climatol.* 34: 3998–4006PP.
- PASCALE POUSSART., 2000**, « El Niño : Signal du réchauffement planétaire ? », *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement, Regards/Terrain*, mis en ligne le 01 septembre 2000, consulté le 06 février 2019. URL : <http://journals.openedition.org/vertigo/4039> ; DOI : 10.4000/vertigo.4039.
- PATUREL J.E., SERVAT E., DELATTRE M.O., 1998**, « analyse de séries pluviométriques de longue durée en Afrique de l'Ouest et Centrale non sahélienne dans un contexte de variabilité climatique », *journal des sciences Hydrologiques*, vol. 43, 937-945pp.
- PATUREL J.E., SERVAT E., LUBÈS-NIEL H., KOUAME B., TRAVAGLIO M., LUBES H., MARIEU B., MASSON J.M., 1998**, Variabilité des régimes pluviométriques et hydrologiques en cette fin de siècle en Afrique de l'Ouest et centrale non sahélienne. *Sud-Sciences et Technologies*, vol. 2, 44-52PP.
- PETTITT A.N., 1979**, A non-parametric approach to the change-point problem. *Applied Statistics*, vol. 28, n° 2, 126-135PP.
- PHILIPPON N., CAMBERLIN P., FAUCHEREAU N., 2002**, Empirical predictability study of October-December East Africa rainfall, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 128, 2239-2256pp.
- PNUD., 2012**, Intégration du changement climatique dans les processus nationaux de développement et de programmation de pays des Nations Unies.
- RODO X, BAERT E., COMIN F A., 1997**, Variations des pluies saisonnières en Europe du Sud au cours de ce siècle : relations avec l'oscillation nord atlantique et l'oscillation australe-El Niño (ENSO). *Climate Dyn.*, 13, 275–284.
- RODRIGUEZ-FONSECA., Serge JANICOT., Elsa MOHINO., Teresa LOSADA., Juergen BADER., Cyril CAMINADE., Fabrice CHAUVIN., Bernard FONTAINE., Javier GARC, 1a-SERRANO., Sebastien GERVOIS., Mathieu JOLY., Irene POLO., PAOLO RUTI., Pascal ROUCOU., Aurore VOLDOIRE., 2011**, Interannual and decadal SST-forced responses of the West African monsoon. *Atmospheric Science Letters Atmos. Sci. Let.* 12 : 67 – 74 (2011). Published online in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com) DOI: 10.1002/asl. 308. RMet S.
- ROPELEWSKI C.F., HALPERT M.S., 1987**, Global and Regional Scale Precipitation Patterns Associated with the El Niño/Southern Oscillation. *Monthly Weather Review*, 115 (8), 1606-1626PP.
- ROPELEWSKI C.F., HALPERT M.S., 1996**, Quantifying Southern Oscillation-Precipitation Relationships. *Journal of Climate*, 9 (5), 1043-1059pp.
- SAHANI M., MOEYERSONS J., VANDECASTEELE I., TREFOIS P., OZER P., 2012**, Evolution des caractéristiques pluviométriques dans la zone urbaine de Butembo (RDC) de 1957

À 2010 Recent trends in the urban area Butembo (DRC) rainfall regime (1957-2010). *Geo-Eco-Trop.*, 2012, 36: 121-136PP.

SCHRECK C.J., SEMAZZI F.H.M., 2004, Variability of the recent climate of eastern Africa, *INTERNATIONAL JOURNAL OF CLIMATOLOGY*, Int. J. Climatol. 24: 681 – 701. Published online in Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com). DOI: 10.1002/joc.1019.

SENE S., OZER P., 2002, Évolution pluviométrique et relation inondations-événements pluvieux au Sénégal. *Bulletin de la Société Géographique de Liège*, vol. 42, 27-33PP.

SERVAT E., PATUREL J.E., PATURIEL J.E., OUEDRAOGO M., BOYER J.F., LUBES-NIEL H., KOUAME B., MASSON J.M., TRAVAGLIO M., FRITSCH J.M., MARIEU B., 1998, «Identification, caractérisation et conséquences d'une variabilité hydrologique en Afrique de l'Ouest et Centrale », IAHS Publication, vol. 252, 323-337PP.

SERVAT. É., PATUREL J. E., LUBES-NIEL H., KOUAME B., MASSON J. M., TRAVAGLIO M., B. MARIEU., 1999, De différents aspects de la variabilité de la pluviométrie en Afrique de l'Ouest et Centrale non sahélienne. *Revue des sciences de l'eau*. Volume 12, numéro 2. 363-387PP. DOI : 10.7202/705356ar.

SINCLAIR M.R., 1997, Objective identification of cyclones and their circulation intensity, and climatology, *Weather Forecasting* 12:595–612PP.

SIRCOULON J., 1976, Les données hydro pluviométriques de la sécheresse récente en Afrique intertropicale. Comparaison avec les sécheresses "1913" et "1940". *Cahiers ORSTOM, série Hydrologie*, vol. XIII, n° 2, 75-174PP.

SIRCOULON J., 1987, Variation des débits des cours d'eau et des niveaux des lacs en Afrique de l'Ouest depuis le début du XXe siècle. In : *The Influence of Climate Change and Climatic Variability on the Hydrologie Régime and Water Resources (Proc Vancouver Symposium August 1987)*. IAHS Publ n° 168,13-25.

SIVAKUMAR M. V. K., AWESSO T., 1996, L'analyse pluviométrique du Togo pour une planification à long terme. Centre sahélien de l'ICRISAT, 158P.

SIVAKUMAR M. V. K., KONARE M., VIRMANI M. S., 1984, Agroclimatologie de l'Afrique de l'Ouest : le Niger. *Bulletin d'Information de l'ICRISAT*, n° 19, Patancheru (Inde), 294P.

SHAMAN J., TZIPERMAN E., 2011, La télé-connexion atmosphérique entre l'ENSO et les précipitations en Europe du sud-ouest. *J. Climate*, 24, 124–139.

SOME L., SIVAKUMAR M.V.K., 1994, Analyse de la longueur de la Saison Culturelle en Fonction de la date de début des pluies au Burkina Faso. *INERA, ICRISAT : Ouagadougou*.1994, n° 1 ; 43 p. Niamey : ICRISAT ; Ouagadougou : Burkina Faso : INERA/CNRST.

STERN R.D., DENNET T M.D., GARBUTT D.J., 1981, The start of the rains in West Africa. *International Journal of Climatology*, 1, 59-68pp.

STERNE., SMITH D., 2001, Sifting the evidence. What's wrong with significance tests ? *BMJ*; 322: 226-231PP.

SUCHEL J.B., 1972, La répartition des pluies et les régimes pluviométriques au Cameroun, travaux et documents de géographie tropicale n°5, CEGET CNRS Talence, 287P.

SUCHEL J.B., 1982, « Un essai de classification des climats Camerounais au moyen d'indices pluvio-hydro-thermiques ». *Rev. Géo. Cam*, Vol. III, no2 : 60, 85-90 PP.

SULTAN B., JANICOT S., 2000, Abrupt shift of the ITCZ over West Africa and intra-seasonal variability. *Geophysical Research Letter*. *Geophysical research letters*, VOL. 27, NO. 20, 3353-3356PP.

- SULTAN B., JANICOT S., 2004**, La variabilité climatique en Afrique de l'Ouest aux échelles saisonnière et intra saisonnière I : mise en place de la mousson et variabilité intra saisonnière de la convection. *Sécheresse*, 15, (4), 321-330 PP.
- SUN L., SEMAZZI F.H., GIORGI F., OGALLO L.A., 1999**, Application of the NCAR regional climate model to eastern Africa 2. Simulation of interannual variability of short rains, *Journal of Geophysical Research*, 104, 6549-6562PP.
- SURAUD P., 1954**, Le front intertropical en Afrique occidentale. In : *Annuaire hydrologique de la France d'Outre-Mer*, Paris : ORSTOM, 29-36PP.
- SUTCLIFFE J.V, KNOTT D.G., 1987**, Historical variations in African water resources. In : *The Influence of Climate Change and Climatic Variability on the Hydrologie Régime and Water Resources (Proc Vancouver Symposium August 1987)*. IAHS Publ n° 168, 463-475pp.
- TCHEKOTE H., KAFFO C., 2012**, deguerpissements et gouvernance urbaine : yaounde entre echec de planification et tentatives de regulation territoriale, INC, Yaoundé-Cameroun, 93-104PP.
- TCHIADEU G., TSALEFAC M., MBAYI R., 1999**, Délimitation de la saison des pluies dans le Nord-Cameroun (6°-11°Nord). *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, vol. 12 : 150-158PP.
- TCHINDJANG M., ATANGANA P., BOPDA A. ELOUNDOU MESSI B., NDJAWA DOUTAT C., NGOULEU MBOFANG J.K., KENGNE FODOUOP F., 2009**, « Administrative and spatial evolution of Yaounde town from 1898 to 1992 ".9P
- TCHINDJANG M., KENGNE FODOUOP F., 2003**, Le Cameroun: un pays aux potentialités touristiques sous exploitées, *Institutos de Estudos Socio-Mbientais/Geografia*. Vol.23. N°1, 22P.
- TSALEFAC M., DAGORNE D., 1990**, Convection, relief et pluviométrie au Cameroun. *Meteorobogle Nationale CMS Lannion*, 12-23PP
- TSALEFAC M., 2007**, Les climats du Cameroun in *Atlas de l'Afrique, Cameroun ; les éditions jeune Afrique*, 120P.
- TSALEFAC M., HIOL HIOL F., MAHE G., LARAQUE A., SONWA D., SCHOLTE P., POKAM W., HAENSLER A., BEYENE T., LUDWIG F., MKANKAM F.K., DJOUFACK V.M., NDJATSANA M., DOUMENGE C., 2014**, Climat de l'Afrique centrale : passé, présent et futur. *Les forêts du bassin du Congo, Forêt et Changement Climatique*, OFAC, PFBC, 37-52PP.
- TSALEFAC M., NGOUFO R., NKWAMBI E., DJOUMESSI TATSANGUET B., FOBISSIE L., 2003**, Fréquence et quantités des précipitations journalières sur le territoire Camerounais. *Association Internationale de Climatologie*, Vol. 15.
- TYSON P.D., 1981**, « Atmospheric circulation variations and the occurrence of extended wet and dry spells over Southern Africa ». *Journal of Climatology*, n° 1, 115-130pp.
- WEBSTER et al., 1998**, 'Monsoons: processes, predictability, and the prospects for prediction', *Journal of Geophysical Research*, Washington, DC. Vol. 103, n°C7 (TOGA, special issue), June 29, p. 14451-14510PP.
- YAKA D.P.A., 2005**, Les prévisions saisonnières des pluies au Burkina Faso et en Afrique de l'Ouest : applications et impacts dans le domaine Socio-Economique et Stratégique pour un Développement Durable. *Actes du Colloque international de Ouagadougou. 9ème colloque International des spécialistes Francophones en évaluation d'impact. Ouagadougou, du 20 au 25 septembre 2004, Burkina-faso*.
- ZABLONE O., OGALLO L.A., (2008)**, Linkages between the Indian Ocean Dipole index and East African seasonal rainfall anomalies, *Journal of the Kenya Meteorological Society*, 2, 3-17PP.

E. RAPPORTS ET DOCUMENTS DE PRESSE

- ABRATE T., HUBERT P., SIGHOMNOU D., 2013**, A study on hydrological series of the Niger River. *Hydrological Sciences Journal*, vol. 58, n° 2, 1-9PP.
- ALDA YAYA D.P.P., 2014**, Les prévisions saisonnières des pluies au Burkina Faso et en Afrique de l'Ouest : application et impacts dans le domaine socio-économique et stratégies pour un développement durable (ACMAD, 2014).
- ALI A., 2010**, La variabilité et les changements climatiques au Sahel. Comprendre la situation actuelle de part l'observation. In : *Le Sahel face aux changements climatiques. Enjeux pour un développement durable*, Bulletin Mensuel du Centre Régional AGRHYMET, n° spécial, 17-20PP.
- ALI A., LEBEL T., 2009**, The Sahelian standardized rainfall index revisited. *International Journal of Climatology*, vol. 29, n° 12, 1705-1714PP.
- ARDOIN BARDIN S., LUBÈS NIEL H., SERVAT E., DEZETTER A., PATUREL J.E., MAHÉ G., BOYER J.F., 2003**, Analyse de la persistance de la sécheresse en Afrique de l'Ouest: caractérisation de la situation de la décennie 90. In : *Hydrology of the Mediterranean and Semiarid Regions (Colloque IAHS, Montpellier)*, É. SERVAT, W. NAJEM, C. LEDUC et S. AHMED édit., IAHS Publication n° 278, 223-228PP.
- ATHIE G., MARIN F., TREGUIER A.M., BOURLÈS B., GUIAVARC'H C., 2009**, Sensitivity of atlantic. *Journal of Climate*, 19(6) :935–958. *Atlas du Cameroun. Edition jeune Afrique*, (2007) 22. *Atmospheres and Oceans*, 45(3) :274–319PP.
- COËTLOGON, G., LEDUC-LEBALLEUR, M., MEYNADIER, R., BASTIN, S., DIAKHATÉ, M., EYMARD, L., GIORDANI, H., JANICOT, S., LAZAR, A., 2013**, Atmospheric response to sea-surface temperature in the eastern equatorial atlantic at quasi-biweekly time-scales. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*.
- C.R. MECHOSO, A.W. ROBERTSON, N. BARTH, M.K. DAVEY, P. DELECLUSE, P.R. GENT, S. INESON, B. KIRTMAN, M. LATIF, H. Le TREUT, T. NAGAI, J.D. NEELIN, S.G.H. PHILANDER, J. POLCHER, P.S. SCHOPF, T. STOCKDALE, M.J. SUAREZ, L. TERRAY, O. THUAL., J.J. TRIBBIA., 1995**, The Seasonal Cycle over the Tropical Pacific in Coupled Ocean–Atmosphere General Circulation Models. *American Meteorology Society (AMS)*. [https://journals.ametsoc.org/doi/10.1175/1520-0493\(1995\)](https://journals.ametsoc.org/doi/10.1175/1520-0493(1995)), visité le 09/11/2018.
- DACOSTA H., KONATÉ Y.K., MALOU R., 2002**, La variabilité spatio-temporelle des précipitations au Sénégal depuis un siècle. In : *Regional hydrology: bringing the gap between reseach and pratice (FRIEND conference, Le Cap, Afrique du Sud)*, IAHS Publication n° 274, p. 499-506PP.
- DAVIES T.D., VINCENT C.E., BERESFORD A.K.C., 1985**, July-August rainfall in WestCentral Kenya. *Journal of Climatology*, vol 5, 17-33PP.
- DEWITTE O., 2001**, Le point sur les phénomènes d'el Nino, de La Niña et de l'oscillation Australe. *Bulletin de la Société géographique de Liège*, 40, 2001/1, 15-32PP.
- EI GHACHI M., AAFIR M., BOUBERRIA A., 2011**, Analyse des tendances pluviométriques dans la ville de Taza dans un contexte de variabilité climatique, *Publications des actes du colloque* 16P.
- HAMATAN M., MAHE G., SERVAT E., PATUREL J.E., AMANI A., 2004**, Synthèse et évaluation des prévisions saisonnières en Afrique de l'Ouest. *Centre régional de formation et d'application en agrométéorologie hydrologie et météorologie (AGRHYMET), Niamey, Niger. Sècheresse 2004; 15 (3): 279-286PP.*

- HERTIG E., J. JACOBET J., 2010**, 'Predictability of Mediterranean climate variables from oceanic variability. Part I: Sea surface temperature regimes' *Climate dynamics*.
- IPCC., 2007**, Fourth Assessment Report: Climate Change.
- IPCC., 2008**, Report on the impacts of global warming of 1.5 °C, 34p.
- IRI., 2007**, Climat et Société, No1, The Earth Institute at Columbia University, Lamont Campus. Palisades, NY 10964-8000, USA. 117P. <http://iri.columbia.edu>
- JANICOT S., FONTAINE B., 1997**, Evolution saisonnière des corrélations entre précipitations en Afrique guinéenne et températures de surface de la mer (1945-1994). *Comptes-rendus Acad. Sciences*, t.324, série IIa, 785-792pp.
- JOUSEL J., DEBROISE A., 2004**, Climat : le jeu dangereux, Ed. Playpuspress, 50 p.
- KANDEL R., 2002**, Avis de tempête sur le climat, Ed. P la typuspress, 50 P.
- KANDEL R., 2002**, Le réchauffement climatique, que sais-je N° 3650. PUF, 127 P.
- LAMB P.J., 1982**, Persistence of sub-Saharan drought. *Nature*, vol. 299, 46-47pp.
- OMM., 2013**, Déclaration de l'OMM sur l'état du climat en 2012, 1119, 15P.
- OMM. (2017)**, Déclaration de l'OMM sur l'état du climat mondial, OMM-N° 1212P.
- OMONDI P.A., OGALLO L.A., OKOOLA R.E., 2009**, Decadal rainfall variability modes in observed rainfall records over East Africa and their predictability using sea surface temperature, *Journal of Kenya Meteorological Society*, 3, 37-54PP.
- OMOTOSHO JB., BALOGUN A.A., OGUNJOBI K., 2000**, Predicting monthly and seasonal rainfall, onset and cessation of the rainy season in West Africa using only surface data. *Int J Climatol* 20:865–880PP.
- OPOKU-ANKOMAH Y., CORDERY I., 1994**, Atlantic sea surface temperatures and rainfall. XXVIIIe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Liège.
- PARRY O.F., CANZIANI J.P., PALUTIKOF P.J., LINDEN V.D., 2007**, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. (eds), 170 P.
- THORNCROFT et al., 2001**, 'The JET 2000 experiment: large-scale overview of the 2001 season'. Proceedings on the 25th AMS Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology. AMS Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology, Vol.25

F. OUVRAGES METHODOLOGIQUES

- BOIS P., 1971**, Une méthode de contrôle des séries chronologiques utilisées en climatologie et en hydrologie. Publication du Laboratoire de Mécanique des Fluides, Université Grenoble I, section hydrologie, 49P.
- BOIS P., 1986**, Contrôle des séries chronologies corrélées par l'étude du cumul des résidus. Actes des Deuxièmes Journées Hydrologiques de l'ORSTOM (Montpellier), 89-100PP.
- BOSSON J.L., 2008**, Principe d'un test statistique, Biostatistiques. Faculté de Médecine de Grenoble (UJF), 21P.
- BOUROCHE J.M., SAPORA., 1987**, L'analyse des données, vol 1954. Presse Universitaire de France, collection Que sais-je ? 127P. ISBN, 2-13-045083-0.
- BRUNET M.Y. 1977**, Test d'homogénéité. Cahiers ORSTOM, série Hydrologie, vol. XIV, n° 2, 119-129P.
- BRUNET M.Y., 1979**, Homogénéisation des précipitations. Cahiers ORSTOM, série Hydrologie, vol. XVI, n° 3-4, 144-170PP.

- BUISHAND T.A., 1982**, Some methods for testing the homogeneity of rainfall records. *Journal of Hydrology*, vol. 58, n° 1-2, 11-27P.
- BUISHAND T.A., 1984**, Tests for detecting a shift in the mean of hydrological time series. *Journal of Hydrology*, vol. 73, n° 1, 51-69P.
- CATTIAUX J., 2019**, Principales étapes de la modélisation, Centre National de Recherches Météorologiques, CNRS/Météo-France, 60P, <https://www.umr-cnrm.fr/spip.php?article629>
- CHATTERJEE S., PRICE B., 1977**, *Regression Analysis by Example*, JohnWiley, Hoboken, N.
- CROUX C., DROESBEKE J.J., GONZALEZ P.L., GOURIEROUX C., HAESBROECK G., LEJEUNE M., SAPORTA G., TENENHAUS M., 2005**, Modèles statistiques pour données qualitatives, *Technip sur la statistique et l'analyse de données. Livres de statistique et data mining*. 128 pages, Collection Que Sais-Je, Presses Universitaires de France, Paris, 9ème édition.
- FRANQUIMP., FOREST F., 1987**, Des programmes pour l'évolution et l'analyse fréquentielle des termes de bilan hydrique. *Argon, Trop.* 32 (1) : 1-11PP.
- GAUSSEN H., 1952**, L'indice xérothermique. *Bulletin de l'Association des Géographes Français*, 22-223, 10-16PP.
- GAUSSEN H., 1963**, Bioclimatic map of the mediterranean zone-ecological study of Mediterranean zone. Explanatory notes, UNESCO-FAO, *Arid zone research XXI*, 142P.
- GERHARD K., 2018**, « Climat » Comprendre le climat ». *La machine climatique*, CNRS, LGGE, Laboratoire de Glaciologie et de Géophysique de l'Environnement.
- GIBBONS J.D., JOHN W. PRATT., 1975**, *The American Statistician*, Published by : Taylor and Francis, Ltd. on behalf of the American Statistical Association. DOI: 10.2307/2683674. Vol. 29, No.1, 20-25PP.
- GIEC., 2007**, Bilan des changements climatiques : les bases scientifiques physiques.
- GIEC., 2013**, Changements climatiques. Les éléments scientifiques, résumé à l'intention des décideurs, service d'appui technique du groupe de travail I GTI,
- GREENLAND S., SENN S.J. et ROTHMAN K.J., 2016**, Statistical tests, P values, confidence intervals, and power: a guide to mis interpretations. 50-337.
- HALLOUZ F., MEDDI M., MAHÉ G., 1971**, Analyse des ruptures dans la série pluviométrique dans le bassin de l'Oued Mina (Nord Ouest d'Algérie). Centre Universitaire de Khemis Miliana, Théniet El Had, Khemis Miliana, Algérie. Conference Paper.
- HIEZ G. 1977**, Homogénéisation des données pluviométriques. *Cahiers ORSTOM, série Hydrologie*, vol. XIX, n° 2, 129-172PP.
- HIEZ G.. 1986**, Bases théoriques du "vecteur régional". Les premières applications et leur mise en œuvre informatique. In : Deuxièmes Journées Hydrologiques de l'ORSTOM (Montpellier), 1-35PP.
- HIEZ G., COCHONNEAU G., SECHET P., FERNANDES U.M., 1992**, Application de la méthode du vecteur régional à l'analyse de la pluviométrie annuelle du bassin versant amazonien. *Veille Climatique Satellitaire*, vol. 43, 39-52PP.
- LAHUEC J.P., RANDRIAMANGA S., 1994**, L'exemple de Madagascar : la détection des sécheresses de 1990-1991 et 1991-1992 = The example of Madagascar : detection of 1990-1991 and 1991-1992 droughts. IRD, Montpellier, Maison des Sciences de l'Eau, Paris : ORSTOM, 1994, 61-66pp. ISBN 2-7099-1238-4.
- LEE A.F.S., HEGHINIAN S.A., 1977**, A shift of the mean level in a sequence of independant normal random variables. A Bayesian approach. *Technometrics*, vol. 19, n° 4, 503-506PP.

OZER P., ERPICUM M., 1991, Méthodologie pour une meilleure représentation spatio-temporelle des fluctuations pluviométriques observées au Niger depuis 1905. Sécheresse, vol. 6, n° 1, 103-108PP.

RICCO RAKOTOMALALA., 2012, Analyse de corrélation, Étude des dépendances - Variables quantitatives, Version 1.0, Université Lumière Lyon 2, macro: svmono.cls, 89P.

SANDERS L., 1989, L'analyse des données en géographie. GIP Reclus, 268P, ISBN, 2-86912-028-0, 266P.

SARR M.A., ZOROME M., SEIDOU O., BRYANT C.R., GACHON P., 2013, Recent trends in selected extreme precipitation indices in Senegal. A change point approach. Journal of Hydrology, vol. 505, 326-334PP.

SMALL R.J., DESZOEKE S.P., XIE S.P., O'NEILL L., SEO H., SONG Q., CORNILLON P., et SPALL SORNIKA A.L., 1988, Corrélation entre les processus synoptiques du Nord de l'Océan Atlantique et Pacifique. Observatoire principal et Central, Production, 3853-87P.

SORNIKA A.L., 1988, Corrélation entre les processus synoptiques du Nord de l'Océan Atlantique et Pacifique. Observation principale et Centrale, Production, 38, 53-87PP.

VANNITSEN S., DEMAREE G., 1991, Détection et modélisation des sécheresses au Sahel. Hydrologie Continentale, vol. 6, n° 2, 155-171PP.

VIZY E.K., COOK H., 2002, Development and application of a mesoscale climate model for the tropics: Influence of sea surface temperature anomalies on the West African monsoon.

TABLE DE MATIERES

DÉDICACE.....	I
REMERCIEMENTS.....	II
LISTE DES ACRONYMES	III
RÉSUMÉ.....	V
ABSTRACT	VI
1. CONTEXTE ET JUSTIFICATION DE L'ÉTUDE	3
2. PROBLÉMATIQUE.....	6
3. QUESTIONS DE RECHERCHE	10
4. OBJECTIFS DE LA RECHERCHE	11
Objectifs spécifiques.....	11
5. HYPOTHESES DE LA RECHERCHE.....	11
6. CADRE GEOGRAPHIQUE.....	12
7. CADRE CONCEPTUEL ET THEORIQUE.....	21
8. CADRE THÉORIQUE.....	50
9. REVUE DE LITTERATURE	55
10. MÉTHODOLOGIE.....	67
10.1. Le choix du cameroun comme zone d'étude	67
10.2. Le choix de la zone d'étude et localisation des stations de collecte des données.....	68
10.2.1. Le choix de la zone d'étude.....	68
10.2.2. Localisation des principales stations de la zone d'étude	68
10.3.1. Données pluviométriques disponibles	69
10.3.3.1. Données des TSO	71
10.3.3.2. Données sur la Pression atmosphérique et des positions géographiques des centres d'action atmosphériques des anticyclones subtropicaux	73
10.3.3.3. Données sur la migration mensuelle du Front Inter Tropical	76
10.3.3.4. Les données sur les intensités des épisodes El Niño/La Nina	77
10.4. Homogénéisation des données.....	78
10.5. Utilisation de l'information des stations voisines	78
10.6. Traitement et analyse des données	79
10.6.1. Identification des mois secs	80
10.6.2. Calcul des moyennes mensuelles (annuelle et/ou saisonnière)	81
10.6.3. Détermination de la droite de régression	81
10.6.4. Détermination des dates des démarrage, des fins et de la longueur des saisons.....	81
10.6.5. Elaboration des tests statistiques.....	81
10.6.5.1. Test de rupture de Pettitt.....	82
10.6.5.2. Approche Bayésienne de Lee & Heghinian	82
10.6.5.3. Statistique U de Buishand.....	82
10.6.5.4. Test de Bravais Pearson	83
10.6.5.5. Principes des ACP	83
10.6.5.6.1. Détermination de l'indice SPI au niveau national	85
10.6.5.6.2. Application de l'SPI à la Matrice de Bertin	85
10.6.5.7. Détermination des événements pluviométriques extrêmes selon les critères du GIEC	85
10.7.2. Régression par les Moindres Carrés Ordinaires (MCO)	88
10.7.3. Correction d'erreur par la méthode d'hétéroscédasticité	90
10.7.6. Analyse de la significativité des coefficients du modèle	93
10.7.7. Elaboration des nuages de points	94
10.7.9. Fonctionnement du modèle de prévision des précipitations.....	95
10.7.10. Tentatives d'amélioration du modèle : intégration des équations complexes	96
11. ORGANISATION GENERALE DE LA THESE.....	98
CHAPITRE 1	101

TENDANCES EVOLUTIVES DES PARAMETRES PLUVIOMETRIQUES AUX ECHELLES MENSUELLE, SAISONNIERE ET ANNUELLE DE 1950 A 2015 ET PREVISIONS AU CAMEROUN	101
1. DYNAMIQUE SPATIALE DES PRÉCIPITATIONS AU CAMEROUN	102
2. DYNAMIQUE PLURI-ECHELLE DES PARAMETRES PLUVIOMETRIQUES AU CAMEROUN	104
2.1. Chronique pluri-échelle et dynamique de la pluviométrie en zone.....	105
Soudano-Sahélienne	105
2.1.1. Pluviométrie en zone semi-aride de la région de l'Extrême-Nord	105
2.4.2. Région de l'Est	133
2.4.3. Région du Sud	137
2.5.2. Variabilité mensuelle des précipitations dans la zone forestière à pluviométrie bimodale et prévision spatiale des hauteurs des précipitations	154
2.5.3. pluies sous le régime de mousson dans la zone forestière à pluviométrie monomodale.....	155
2.5.3.1. Région du Sud-Ouest	157
2.5.3.2. Région du Littoral.....	161
2.5.4. Variabilité mensuelle des précipitations dans la zone forestière à pluviométrie monomodale et prévision spatiale des hauteurs des précipitations	165
2.5.5. Synthèse de l'évolution des tendances pluviométriques au Cameroun de 1950 à 2015	166
3. VARIABILITÉ ANNUELLE DES PRÉCIPITATIONS AU CAMEROUN DE 1950 A 2015	167
4. DÉTECTION DES RUPTURES DES SÉRIES PLUVIOMÉTRIQUES AU CAMEROUN DE 1950 A 2015	170
DISCUSSION.....	174
CONCLUSION	176
CHAPITRE 2	181
DYNAMIQUE ET OCCURRENCE DES ÉVÈNEMENTS PLUVIOMETRIQUES EXTRÊMES AU CAMEROUN DE 1950 A 2015.....	181
1. EVALUATION DE LA DYNAMIQUE DES EVENEMENTS PLUVIOMETRIQUES EXTREMES AU CAMEROUN SELON LES CRITERES du GIEC.....	182
1.1. Dans les régions de l'Extrême-Nord et du Nord.....	182
1.2. Dans la région de l'Adamaoua.....	185
1.3. Dans les régions du Centre, de l'Est et du Sud	186
1.4. Dans les régions de l'Ouest et du Nord-Ouest.....	189
1.5. Dans les régions du Littoral et du Sud-Ouest	191
1.6. Synthèse des tendances des indices pluviométriques au Cameroun	193
2.1. Analyse de la sévérité pluviométrique à Maroua, Garoua et Ngaoundéré.....	194
2.1.1. Caractéristiques du degré de sévérité pluviométrique	194
2.2. Dynamique de l'évolution du nombre de jours successifs sans pluies à Maroua, Garoua et Ngaoundéré de 1950 à 2015	200
2.3. Dynamique de l'évolution du nombre de jours successifs sans pluies à Yaoundé, Bertoua et Ebolowa	202
2.3.1. Caractéristiques de la sévérité pluviométrique	202
2.3.2. Dynamique de l'évolution des jours successifs sans pluies à Yaoundé, Bertoua et Ebolowa	204
2.3.2. Exemple d'application du paramètre « nombre de jours successifs sans pluies » dans le domaine agricole pour les Régions du Centre, de l'Est et du Sud.....	206
2.3.2.1. Proposition d'un calendrier climatique pour les Régions du Centre, de l'Est et du Sud Cameroun	206
2.3.3. Proposition d'un calendrier agricole sur la base de la dynamique du climat pour les Régions du Centre, de l'Est et du Sud.....	208
2.4. Analyse de la sévérité pluviométrique à Bafoussam et à Bamenda	209
2.4.1. Caractéristiques du degré de sévérité pluviométrique	209
2.4.2. Dynamique de l'évolution du nombre de jours successifs sans pluies à Bafoussam et à Bamenda.....	211
2.5. Analyse de la sévérité pluviométrique à Mamfe et à Douala.....	212
2.5.1. Caractéristiques du degré de sévérité pluviométrique	212
2.5.2. Dynamique de l'évolution des jours successifs sans pluies à Mamfe et à Douala.....	213
2.6. Synthèse de l'évolution du nombre de jours successifs sans pluies au Cameroun : application de la Matrice de Bertin	214
3.1 Evaluation des risques de sécheresse et d'inondation.....	218



3.2. Identification de l'Aléa	220
3.2.1. La sécheresse	220
3.2.2. Inondations au Cameroun	221
DISCUSSION.....	233
CONCLUSION	234
DEUXIEME PARTIE :	239
PRINCIPALES CAUSES DE LA DYNAMIQUE DE LA PLUVIOMETRIE AU CAMEROUN ET PROPOSITION D'UN MODELE DE PREVISION DES QUANTITES DE PRECIPITATIONS	239
CHAPITRE 3	240
DYNAMIQUE DES CENTRES D' ACTIONS DES AÇORES ET DE L'ILE SAINTE HELENE SUR LA PLUVIOMÉTRIE AU CAMEROUN DE 1950 A 2015	240
1. INFLUENCE DES ANTICYCLONES DES AÇORES ET DE L'ILE SAINTE HELENNE SUR LES DATES DE DÉMARRAGES ET DES FINS DES SAISONS DES PLUIES.....	241
2.1. Influence des facteurs déterminants du climat sur les dates de démarrages et des fins des saisons des pluies à Maroua et à Garoua de 1950 à 2015.....	242
2.2. Facteurs déterminants du climat et les dates des débuts et des fins des saisons des pluies à Yaoundé, Bertoua et Ebolowa de 1950 à 2015.....	247
2.3. Influence des facteurs déterminants du climat sur les dates des débuts et des fins des saisons des pluies à Ngaoundéré, Bafoussam et Bamenda de 1950 à 2015.....	252
2.4. Facteurs déterminants du climat et dates des débuts et des fins des saisons des pluies à Douala et à Mamfe de 1950 à 2015.....	259
3. ANALYSE DE L'INFLUENCE DES FACTEURS DÉTERMINANTS DU CLIMAT SUR LA PLUVIOMÉTRIE AU CAMEROUN PAR LA METHODE DE CLASSIFICATION HIÉRARCHIQUE ASCENDANTE (CHA).....	267
3.1. Processus physiques d'interactions entre l'atmosphère, l'océan et le système climatique global	267
3.2. La méthode de Classification Hiérarchique Ascendante (CHA) pour établir la relation entre les facteurs déterminants du climat et la pluviométrie au Cameroun.....	268
3.2.1. Analyse de l'influence des facteurs déterminants du climat sur les quantités de précipitations enregistrées au Cameroun pour les mois de décembre, janvier et février de 1950 à 2015 selon la méthode CHA	268
3.2.2. Analyse de l'influence des facteurs déterminants du climat sur les quantités de précipitations des mois de mars, d'avril et de mai par la méthode CHA	275
3.2.3. Analyse de l'influence des facteurs déterminants du climat sur les quantités de précipitations des mois de juin, juillet et août par la méthode CHA	281
3.2.4. Analyse de l'influence des facteurs déterminants du climat sur les quantités de précipitations des mois de septembre, octobre et novembre par la méthode CHA	287
DISCUSSION.....	294
CHAPITRE 4	302
ANALYSE MULTIFACTORIELLE DES VARIABLES CLIMATIQUES ET PROPOSITION D'UN MODELE DE PREVISION DES PRECIPITATIONS AU CAMEROUN	302
INTRODUCTION.....	302
1. RELATION FACTEURS DETERMINANTS DES ANTICYCLONES DES AÇORES ET DE L'ILE SAINTE HELENE ET LA PLUVIOMETRIE AU CAMEROUN.....	302
2. PROPOSITION D'UN MODELE DE PREVISIONS DES QUANTITES DE PRECIPITATIONS AU CAMEROUN	321
2.1. Précipitations à Ngaoundéré et régression par les Moindres Carrés Ordinaires (MCO) de décembre à février de 1950 à 2015.....	322
2.2. Précipitations à Yaoundé et régression par les Moindres Carrés Ordinaires (MCO) de décembre à février de 1950 à 2015	330
2.3. Précipitations à Bertoua et régression par les Moindres Carrés Ordinaires (MCO) de décembre à février de 1950 à 2015	333
2.4. Précipitations à Ebolowa et régression par les Moindres Carrés Ordinaires (MCO) de décembre à février de 1950 à 2015	338

Les résultats du test de Dicker Fuller Augmenté sont les mêmes que ceux obtenus à la session (6.3).....	338
2.5. Précipitations à Mamfe et régression par les Moindres Carrés Ordinaires (MCO) de décembre à février de 1950 à 2015	343
2.6. Précipitations à Douala et régression par les Moindres Carrés Ordinaires (MCO) de décembre à février de 1950 à 2015	347
3. RÉGRESSION PAR LES MOINDRES CARRÉS ORDINAIRES (MCO) DES VARIABLES SUR LA PERIODE COMPRISE ENTRE JUIN ET AOUT DE 1950 À 2015	352
3.1. Précipitations à Yaoundé et régression par les Moindres Carrés Ordinaires (MCO) de juin et d'août de 1950 à 2015	352
3.2. Précipitations à Bamenda et régression par les Moindres Carrés Ordinaires (MCO) de juin et d'août de 1950 à 2015	356
4. LIMITES DU MODELE	360
CHAPITRE 5	365
INFLUENCE DES ÉPISODES EL NIÑO SUR LA PLUVIOMETRIE AU CAMEROUN DE 1950 A 2015	365
1. LE PHENOMENE ENSO ET LA PLUVIOMETRIE AU CAMEROUN	365
1.1. Le phénomène El Niño, l'inter connectivité entre les océans et le climat dans le Golfe de Guinée.	365
1.2. Évolution mensuelle moyenne des intensités des épisodes El Niño et des quantités de précipitations au Cameroun de 1950 à 2015	366
1.3. Significativité de la relation entre les intensités des épisodes El Niño et la précipitation au Cameroun	372
2. LES ÉPISODES EL NIÑO ET LA PLUVIOMÉTRIE À L'ÉCHELLE SAISONNIÈRE AU CAMEROUN DE 1950 À 2015 : Eléments de base pour l'élaboration des prévisions climatiques saisonnières	374
2.1. Les épisodes El Niño et la pluviométrie à l'échelle saisonnière à Maroua dans la Région de l'Extrême-Nord	374
2.2. Pluviométrie à l'échelle saisonnière à Garoua les années avant, pendant et après les épisodes El Niño	377
2.3. Les épisodes El Niño et la pluviométrie à Ngaoundéré dans la Région de l'Adamaoua	381
2.4. Les épisodes El Niño et la pluviométrie à l'échelle saisonnière à Yaoundé dans la Région du Centre	385
2.4.1. Pluviométrie à Yaoundé pendant les petites saisons sèche et pluvieuse les années avant, pendant et après les épisodes El Niño	385
2.4.2. Pluviométrie à Yaoundé pendant les grandes saisons sèche et pluvieuse les années avant, pendant et après les épisodes El Niño de 1950 à 2015	389
2.5. Les épisodes El Niño et la pluviométrie à l'échelle saisonnière à Ebolowa dans la Région du Sud	393
2.5.1. Pluviométrie à Ebolowa pendant les petites saisons sèche et pluvieuse les années avant, pendant et après les épisodes El Niño	393
2.5.2. Pluviométrie à Ebolowa pendant les grandes saisons sèche et pluvieuse les années avant, pendant et après les épisodes El Niño	397
2.6. Les épisodes El Niño et la pluviométrie à l'échelle saisonnière à Bertoua dans la zone forestière à pluviométrie bimodale du Cameroun	401
2.6.1. Pluviométrie à Bertoua pendant les petites saisons sèche et pluvieuse les années avant, pendant et après les épisodes El Niño	401
2.6.2. Pluviométrie pendant les grandes saisons sèche et pluvieuse à Bertoua dans la Région de l'Est les années avant, pendant et après les épisodes El Niño	404
2.7. Episodes El Niño et pluviométrie à l'échelle saisonnière à Bafoussam dans la Région de l'Ouest Cameroun	407
2.8. Épisodes El Niño et pluviométrie à l'échelle saisonnière à Bamenda dans la Région du Nord-Ouest Cameroun	410
2.9. Episodes El Niño et pluviométrie à l'échelle saisonnière à Mamfe dans la Région du Sud-Ouest Cameroun	415
2.10. Episodes El Niño et pluviométrie à l'échelle saisonnière à Douala dans la Région du Littoral du Cameroun	418
2.11. Synthèse des tendances des variables pluviométriques au Cameroun les années avant, pendant et après les épisodes El Niño	422
CONCLUSION	425
Synthèse des résultats	428
BIBLIOGRAPHIE	436

ANNEXES..... 460

ANNEXES

1. LETTRES D'INTRODUCTION

<p>REPUBLIQUE DU CAMEROUN Paix-Travail-Patrie</p> <p>-----</p> <p>Ministère des Transports</p> <p>Région de l'Extrême Nord</p> <p>Délégation Régionale</p>		<p>REPUBLIC OF CAMEROON Peace-Work-Fatherland</p> <p>-----</p> <p>Ministry of Transport</p> <p>Far North Region</p> <p>Regional Delegation</p>
<p>00005 VN/MINT/DR</p>		<p>Yaoundé, le 11 2 MAI 2017</p>
<p><i>Le Délégué Régional</i></p> <p>A</p> <p>Messieurs le Chef de Station Météorologique de la SEMRY</p>		
<p>Objet : Lettre d'introduction des collègues de l'Observatoire National sur les Changements Climatiques (ONACC).</p>		
<p>Dans le cadre de la réalisation de l'étude portant sur « l'Analyse de l'évolution et de la projection des paramètres climatiques au Cameroun », vous recevrez une visite d'une équipe de l'ONACC en vue de la collecte des données.</p>		
<p>Nous vous saurions gré de toutes les dispositions que vous voudrez bien prendre pour faciliter leur accès à ces données.</p>		
<p>Je vous prie d'agréer, Monsieur, l'expression de ma considération distinguée.</p>		
 <p>Délégué Régional des Régions de l'Extrême-Nord <i>Sunda Tappé</i> Ministère des Transports MINISTRE DES TRANSPORTS</p>		

REPUBLIQUE DU CAMEROUN
Paix-Travail-Patrie
OBSERVATOIRE NATIONAL SUR
LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES
DIRECTION



REPUBLIC OF CAMEROON
Peace-Work-Fatherland
NATIONAL OBSERVATORY
ON CLIMATE CHANGE
DIRECTORATE

YAOUMADE

Yaoundé, le 28 AVR 2017

Le Directeur

A

Monsieur le Ministre des Transports
Yaoundé

Ses!

*M. ACHA
17/05/17*

Objet : Lettre d'introduction.

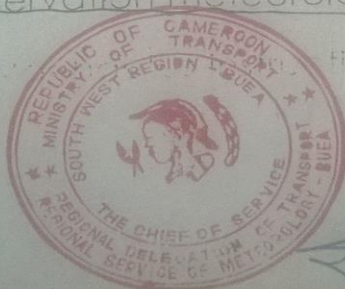
Dans le cadre de la mise en œuvre de son Plan d'Action 2017, l'Observatoire National sur les Changements Climatiques (ONACC) a bénéficié de l'accompagnement de la GIZ pour la réalisation d'une étude portant sur « l'analyse de l'évolution et de la projection des paramètres climatiques dans les Régions de l'Extrême Nord et du Sud-Ouest Cameroun ».

Pour mener cette étude, l'ONACC doit collecter les données climatiques (hydrologiques et météorologiques) auprès des institutions nationales productrices desdites données.

Ainsi, une équipe de l'ONACC séjournera du 02 au 26 mai 2017 dans les Régions de l'Extrême Nord et du Sud-Ouest afin de collecter lesdites données. Nous vous saurions gré de toutes les dispositions que vous voudrez bien prendre pour faciliter leur accès à ces données.

Par ailleurs, il me semble utile de relever pour votre haute attention que, dans le cadre de cette étude, il est prévu de réaliser in situ des lieux du réseau d'observation météorologique et hydrologique. Les résultats de cette étude permettront également de faire des propositions en vue d'améliorer le réseau d'observation météorologique et hydrologique existant.

Je vous en remercie et vous prie d'agréer, Monsieur le Ministre, l'assurance de ma haute considération.



THE REGIONAL CHIEF OF SERVICE
METEOROLOGY
ACHA JOEL TENDONG



Prof. A. Achua

REPUBLIQUE DU CAMEROUN
Paix-Travail-Patrie

Ministère des Transports

Région de l'Extrême Nord

Délégation Régionale



REPUBLIC OF CAMEROON
Peace-Work-Fatherland

Ministry of Transport

Far North Region

Regional Delegation

N° 0051 /N/MINT/DR

Yaoundé, le 02 MAI 2017

Le Délégué Régional

A

Messieurs les Chefs de
Poste Météorologiques de l'Extrême
Nord

Objet : Lettre d'introduction des collègues de
l'Observatoire National sur les Changements Climatiques (ONACC).

Dans le cadre de la réalisation de l'étude portant sur
« l'Analyse de l'évolution et de la projection des paramètres
climatiques au Cameroun », vous recevrez une visite d'une équipe
de l'ONACC en vue de la collecte des données.

Nous vous saurions gré de toutes les dispositions que vous
voudrez bien prendre pour faciliter leur accès à ces données.

Je vous prie d'agréer, Messieurs, l'expression de ma
considération distinguée.

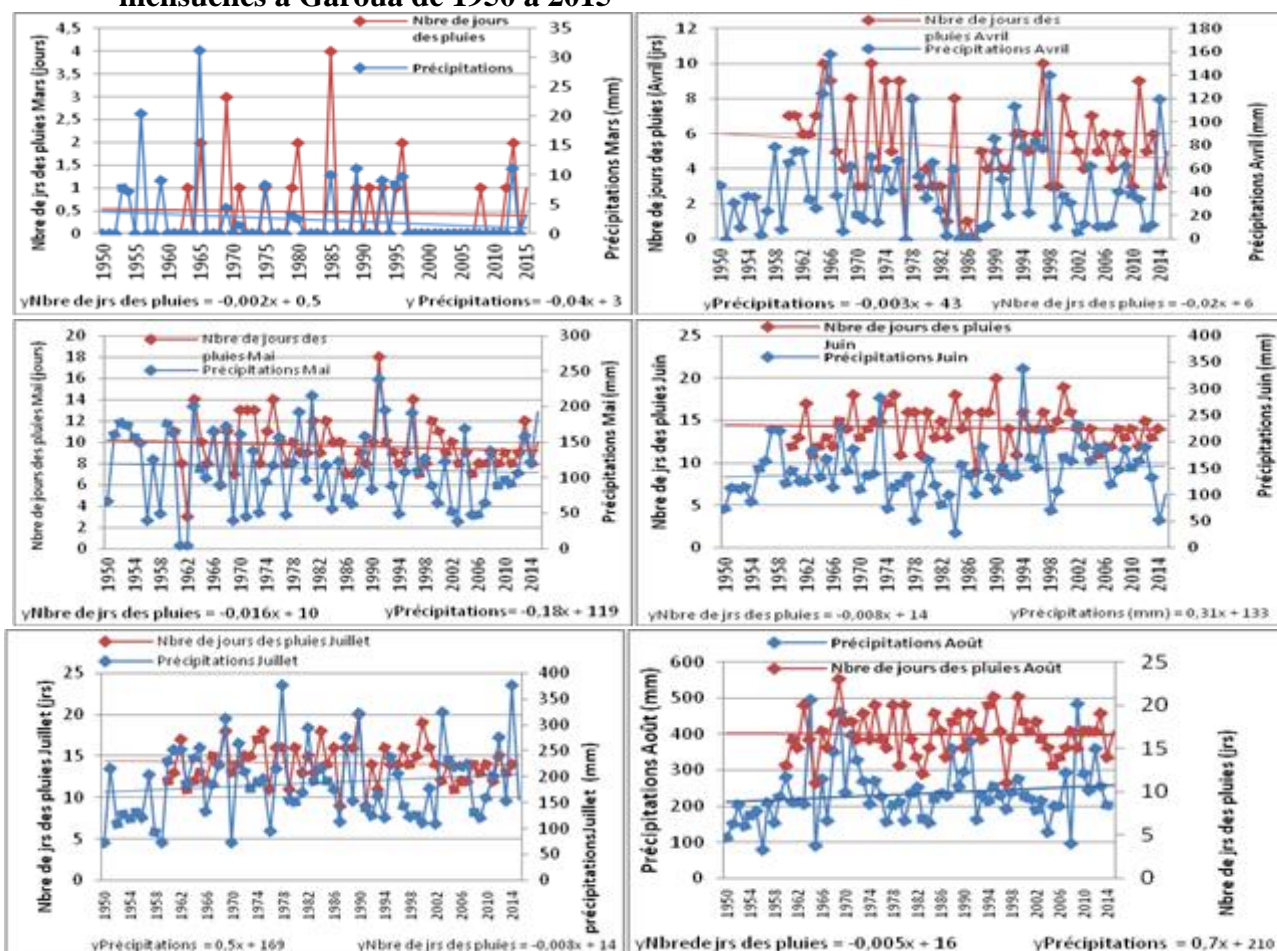


2. Tableau 1: Intensités des épisodes El Niño et La Niña de 1950 à 2015

El Niño				La Niña		
1	Faible	Modérée	Fort	Faible	Modérée	Fort
2	1952-53	1951-52	1957-58	1950-51	1955-56	1973-74
3	1953-54	1963-64	1965-66	1954-55	1970-71	1975-76
4	1958-59	1968-69	1972-73	1956-57	1998-99	1988-89
5	1969-70	1986-87	1982-83	1964-65	2007-08	1999-00
6	1976-77	1991-92	1987-88	1971-72		2010-11
7	1977-78	1994-95	1997-98	1974-75		
8	2004-05	2002-03		1983-84		
9	2006-07	2009-10		1984-85		
10	2012-13			1995-96		
11	2014-15			2000-01		
12				2005-06		
13				2008-09		
14				2011-12		

Source : http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml

3. Evolution des quantités de précipitations et du nombre de jours des pluies à l'échelle mensuelles à Garoua de 1950 à 2015



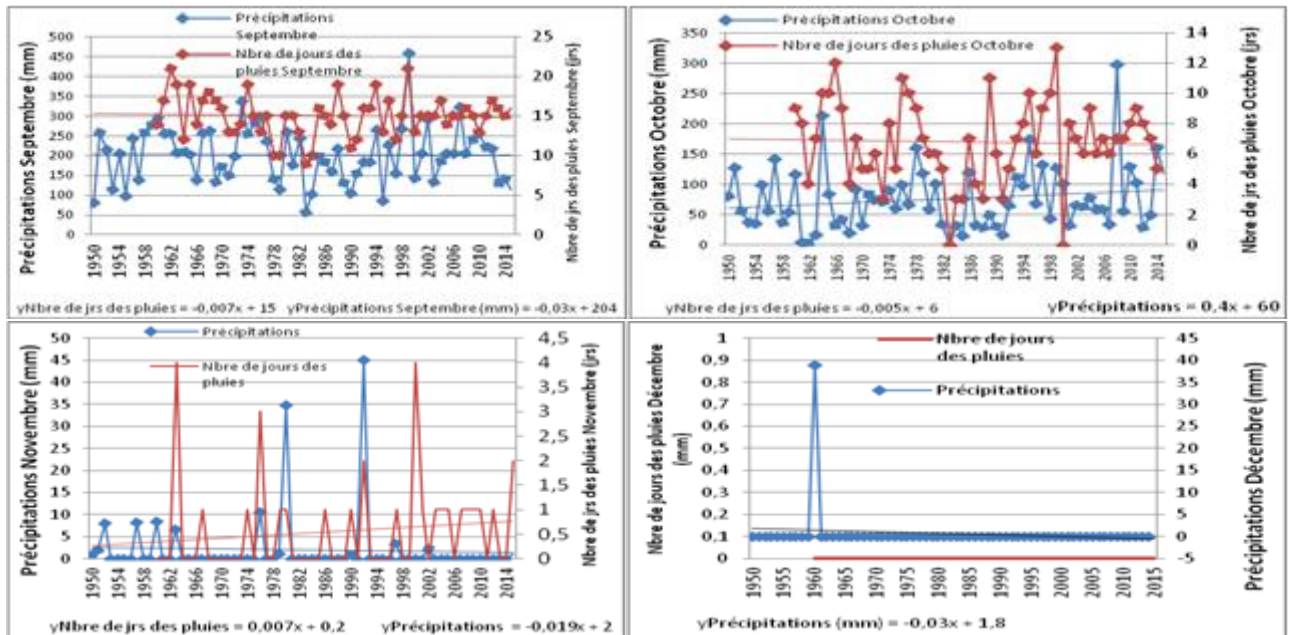
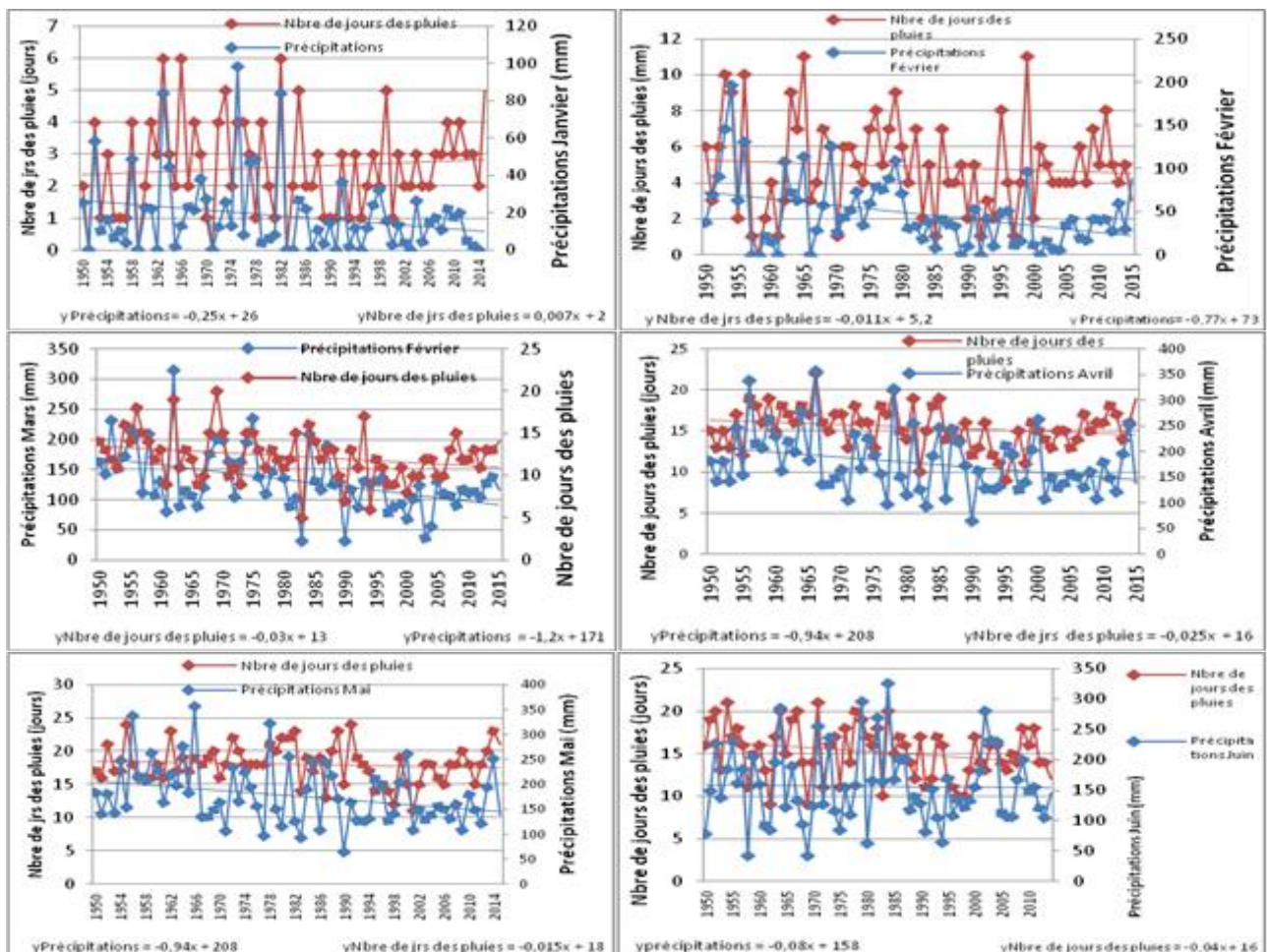


Figure 1 : Évolution mensuelle annuelle de la pluviométrie à Garoua de 1950 à 2015

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2016

4. Evolution des quantités de précipitations et du nombre de jours des pluies à l'échelle mensuelles à Ngaoundéré de 1950 à 2015



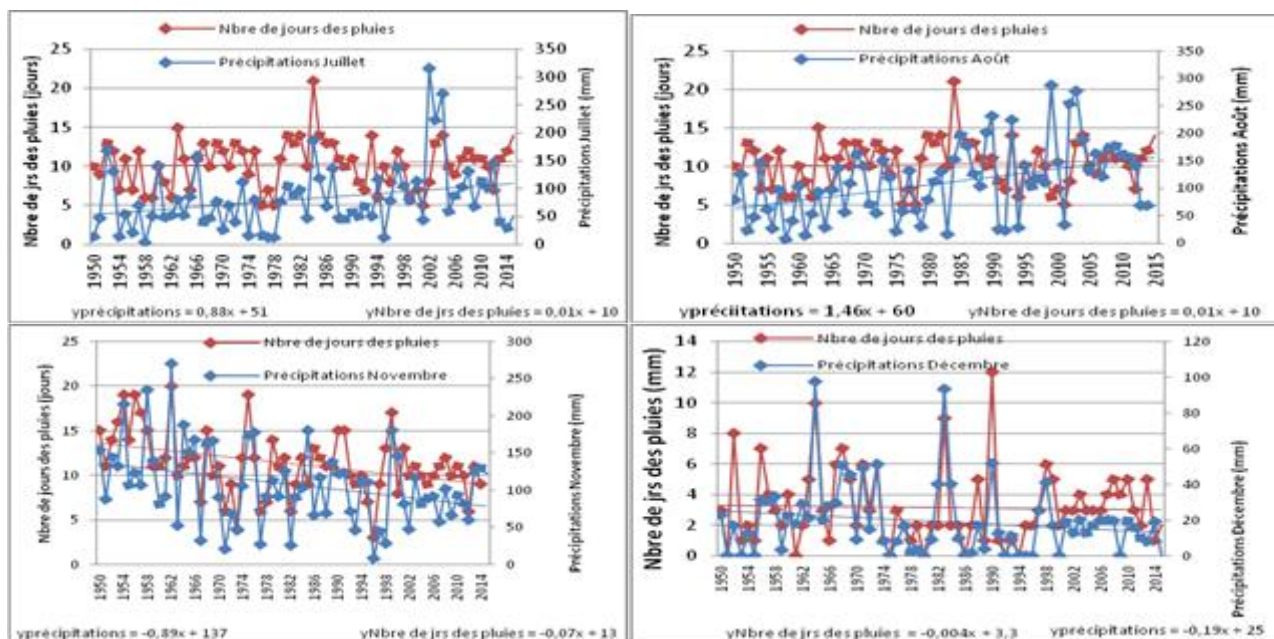
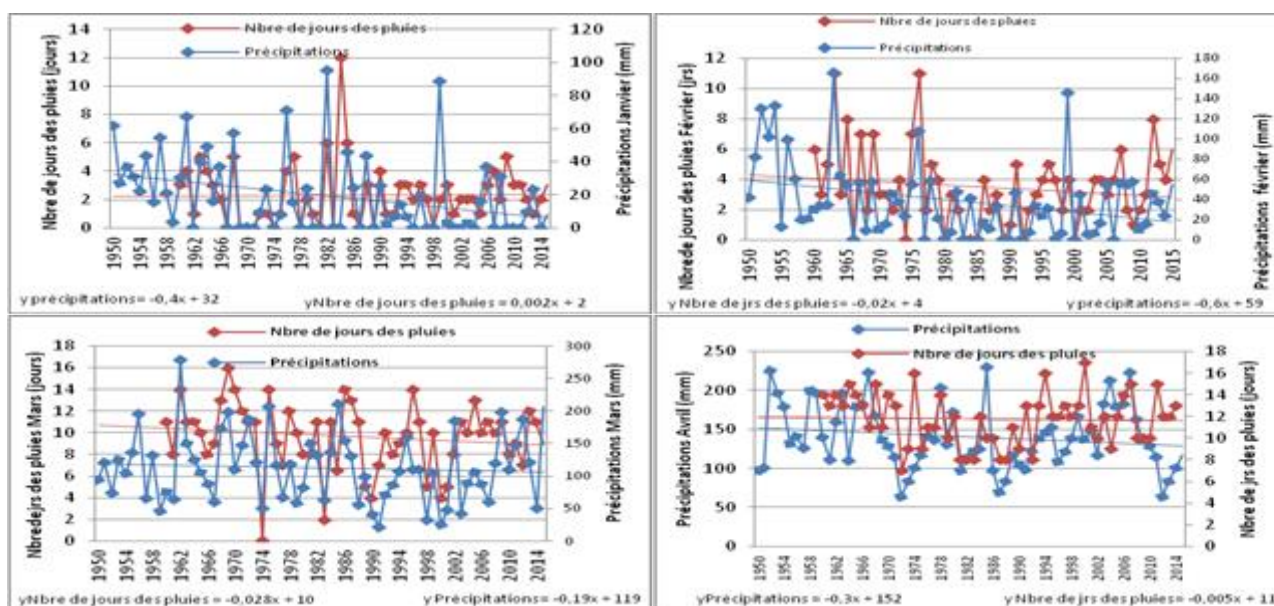


Figure 2 : Évolution mensuelle annuelle de la pluviométrie à Ngaoundéré de 1950 à 2015

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2016

5. Evolution des quantités de précipitations et du nombre de jours des pluies à l'échelle mensuelles à Bertoua de 1950 à 2015



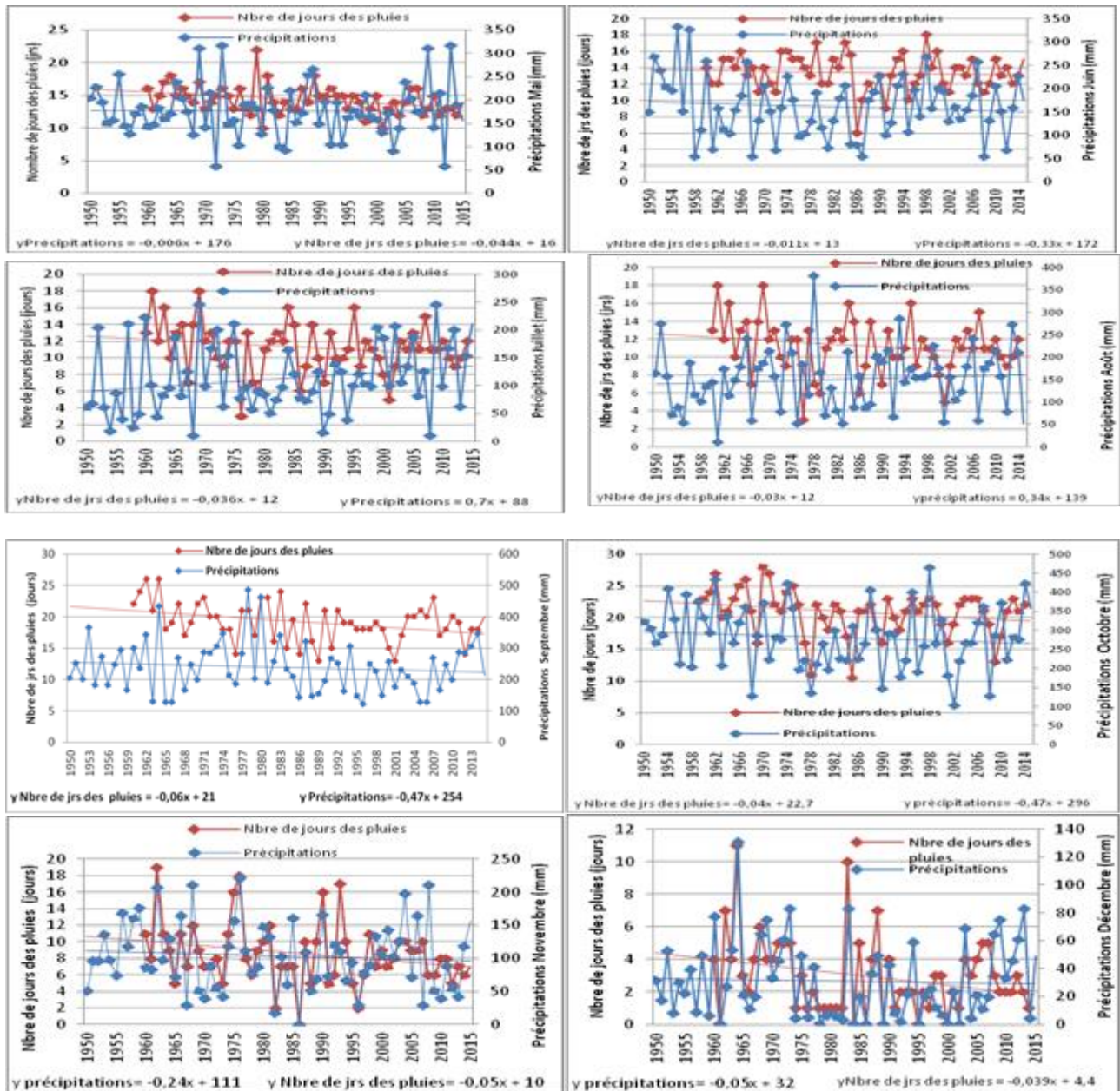
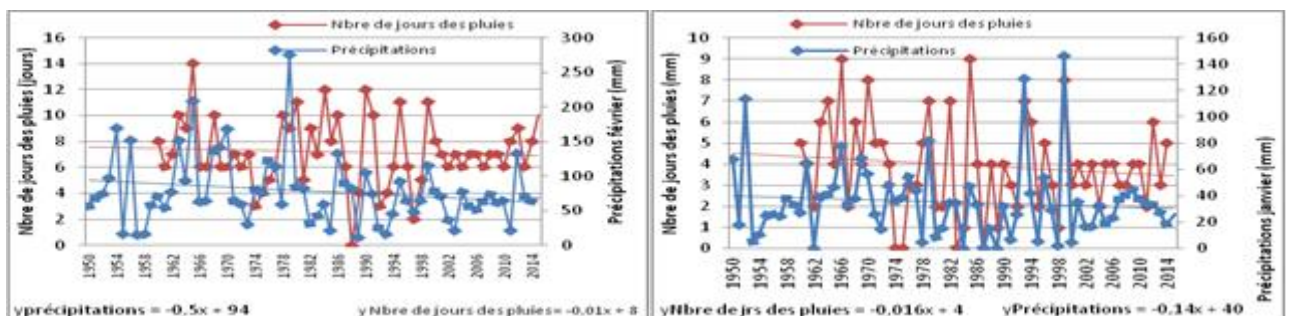


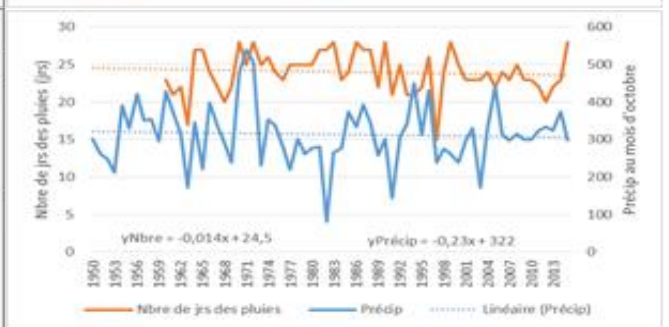
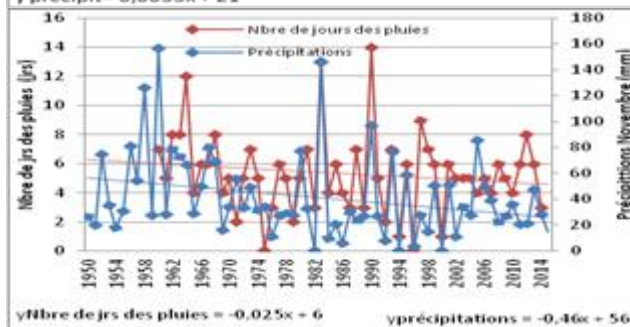
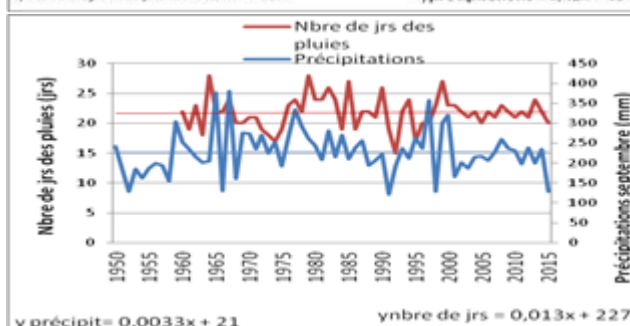
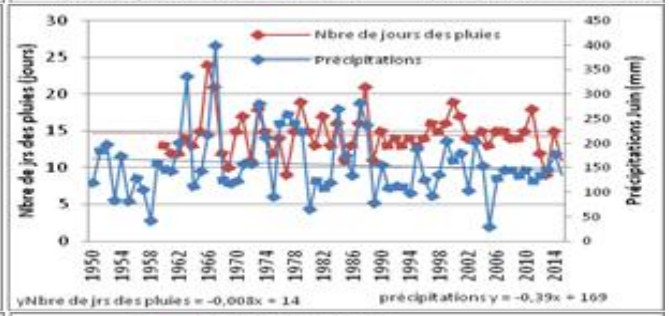
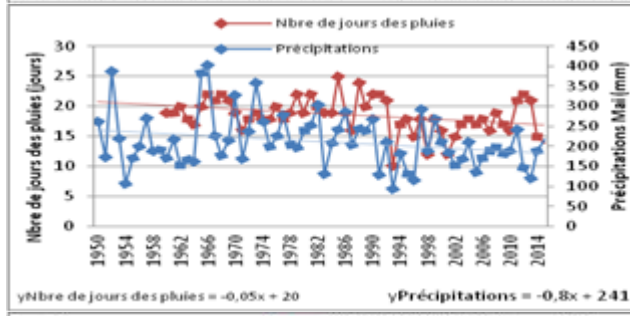
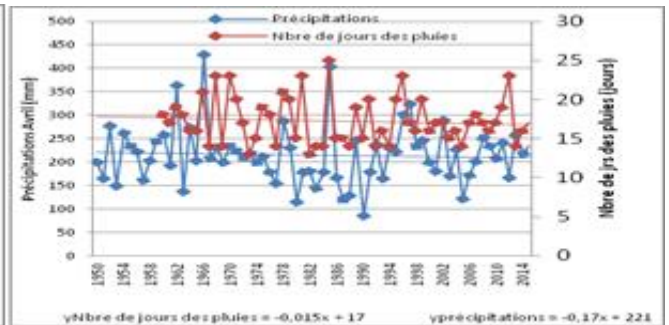
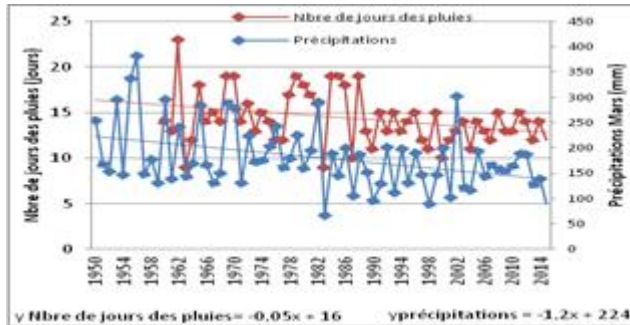
Figure 3: Pluviométrie mensuelle annuelle à Bertoua de 1950 à 2015

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

6. Evolution des quantités de précipitations et du nombre de jours des pluies à l'échelle mensuelles à Ebolowa de 1950 à 2015





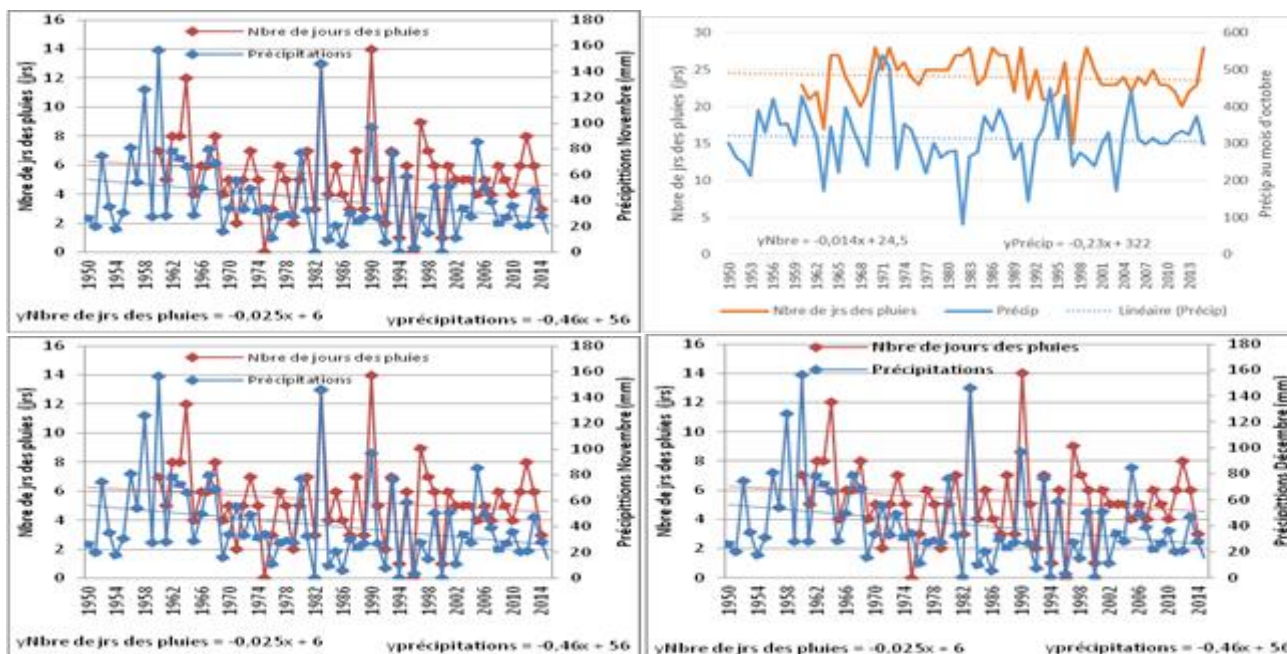
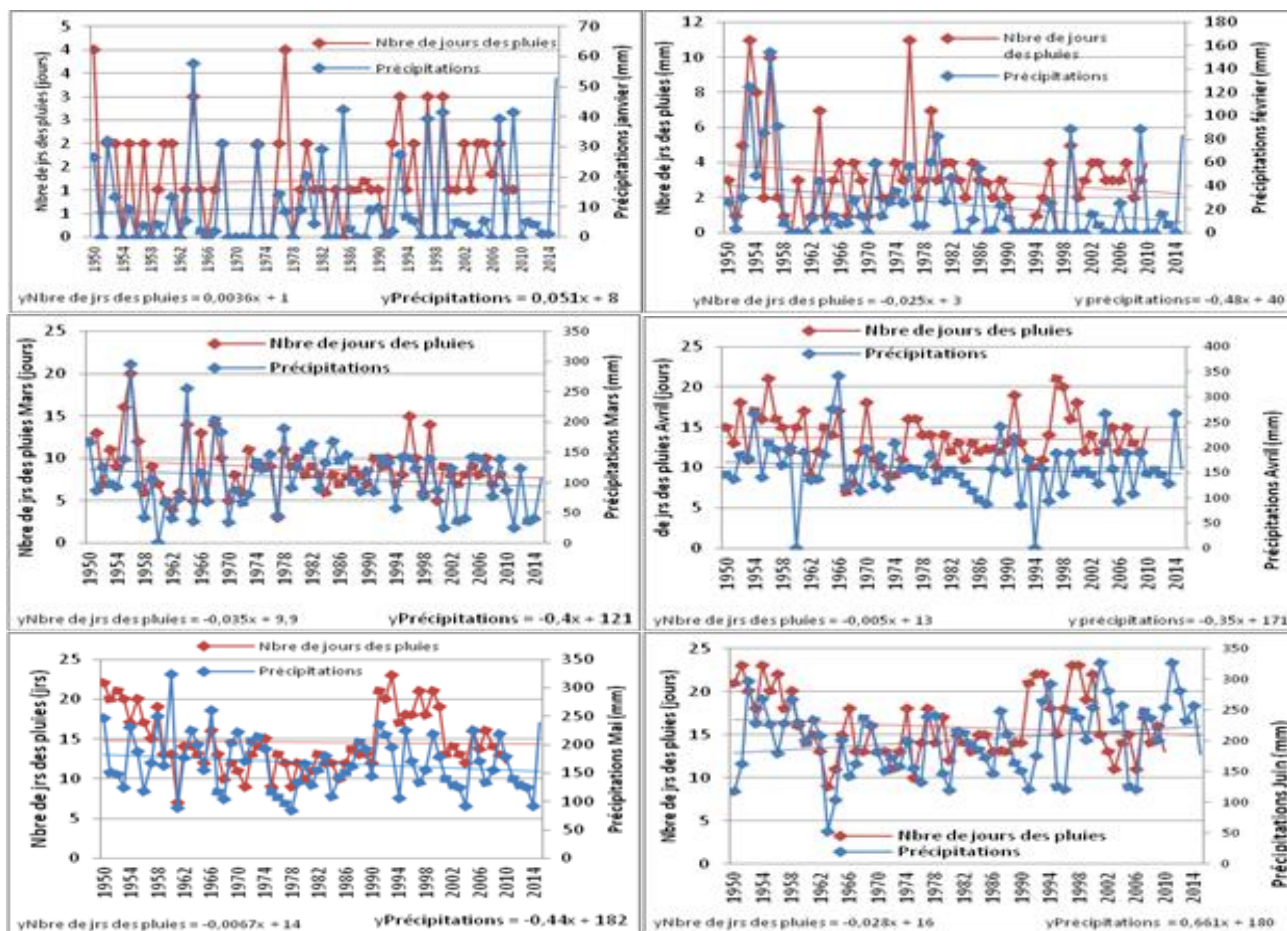


Figure 4: Pluviométrie mensuelle annuelle à Ebolowa de 1950 à 2015

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

7. Evolution des quantités de précipitations et du nombre de jours des pluies à l'échelle mensuelles à Bafoussam de 1950 à 2015



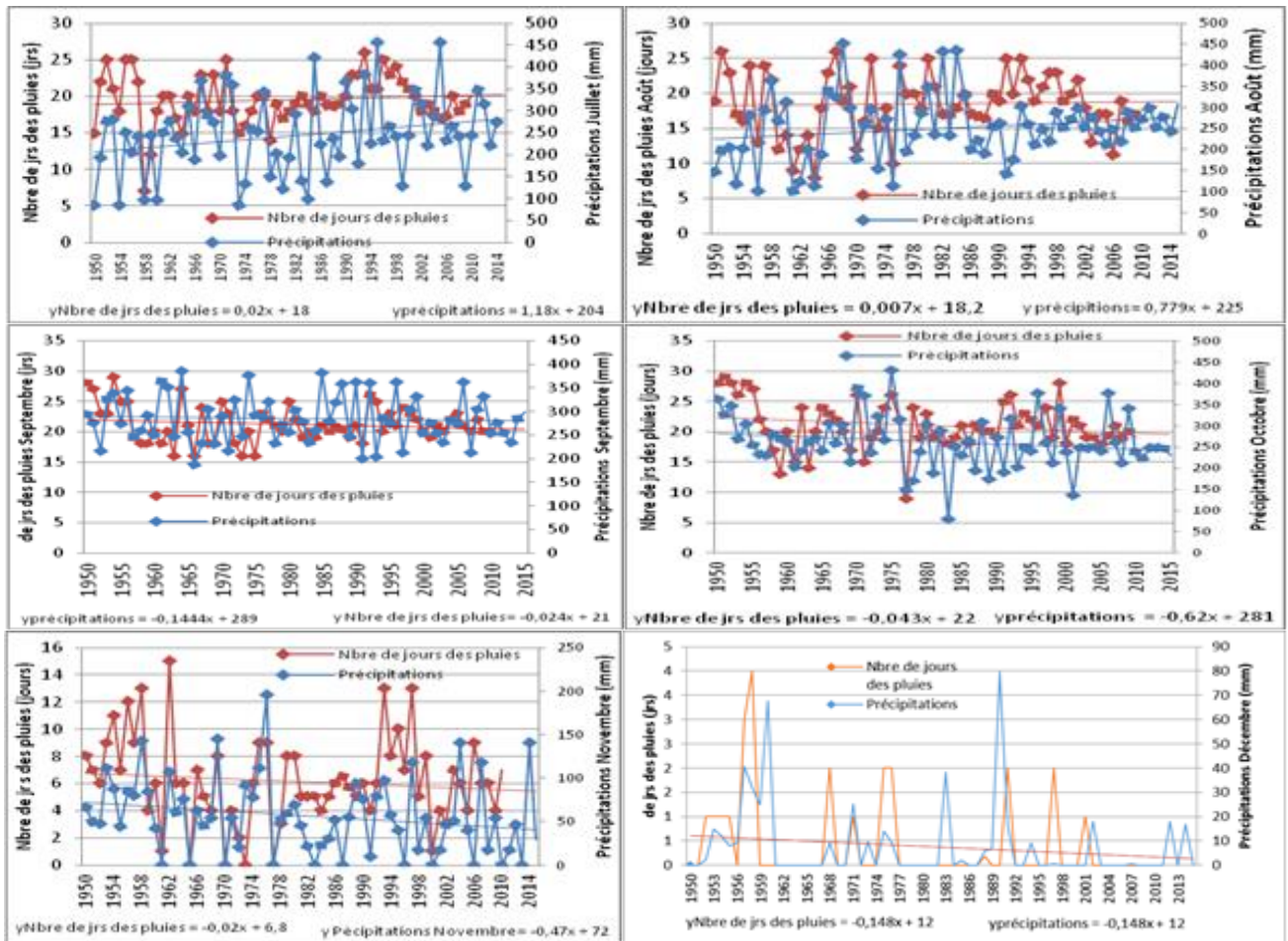
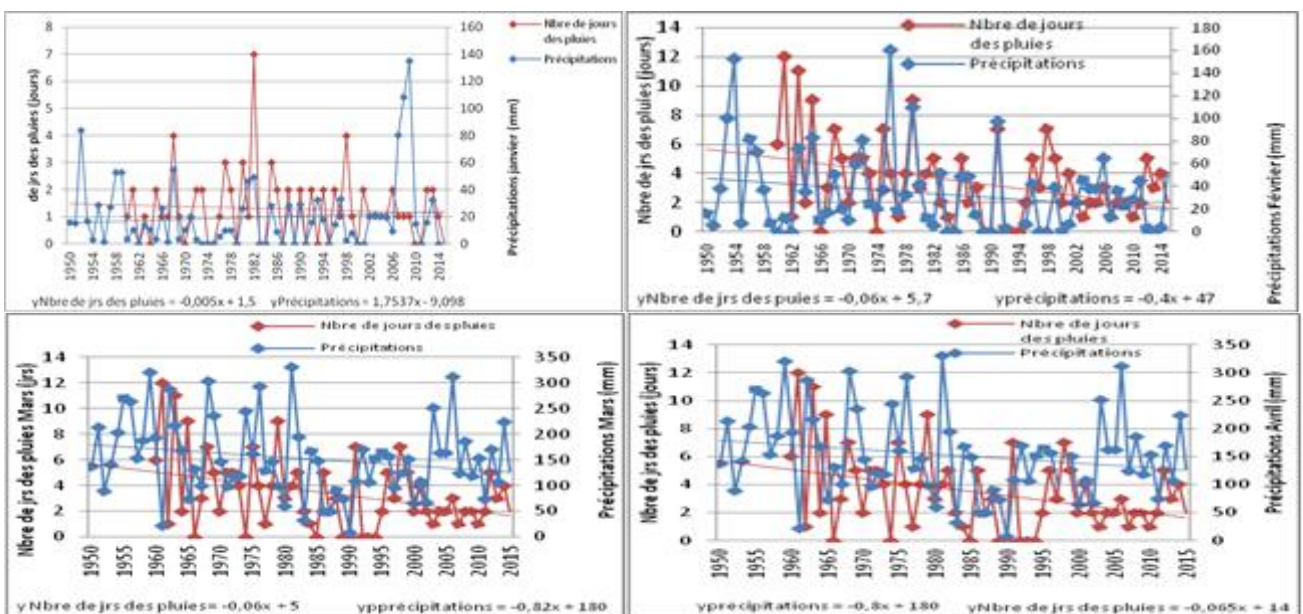


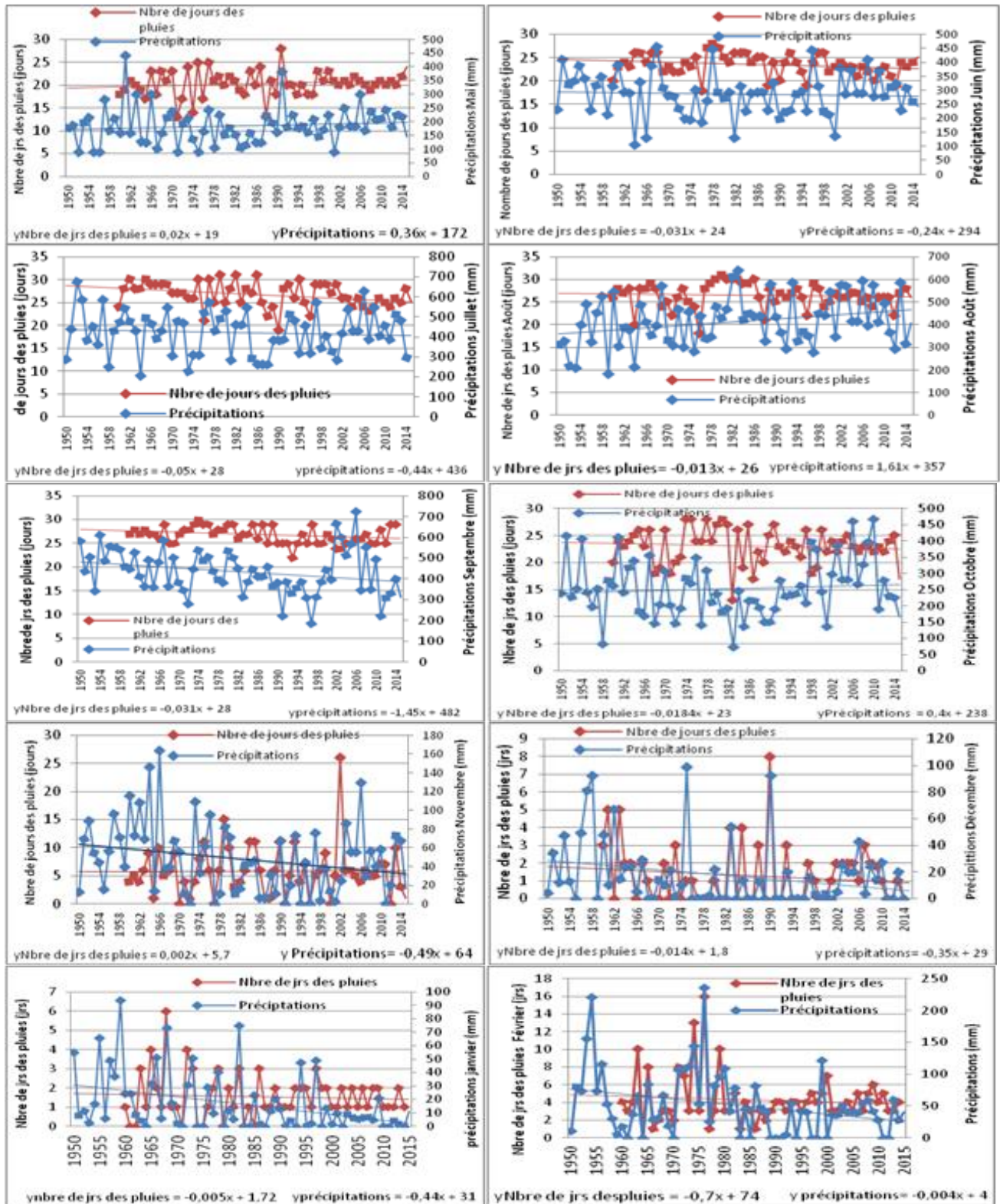
Figure 5: Évolution de la pluviométrie mensuelle annuelle à Bafoussam de 1950 à 2015

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

8. Evolution des quantités de précipitations et du nombre de jours des pluies à l'échelle mensuelles à Mamfe de 1950 à 2015





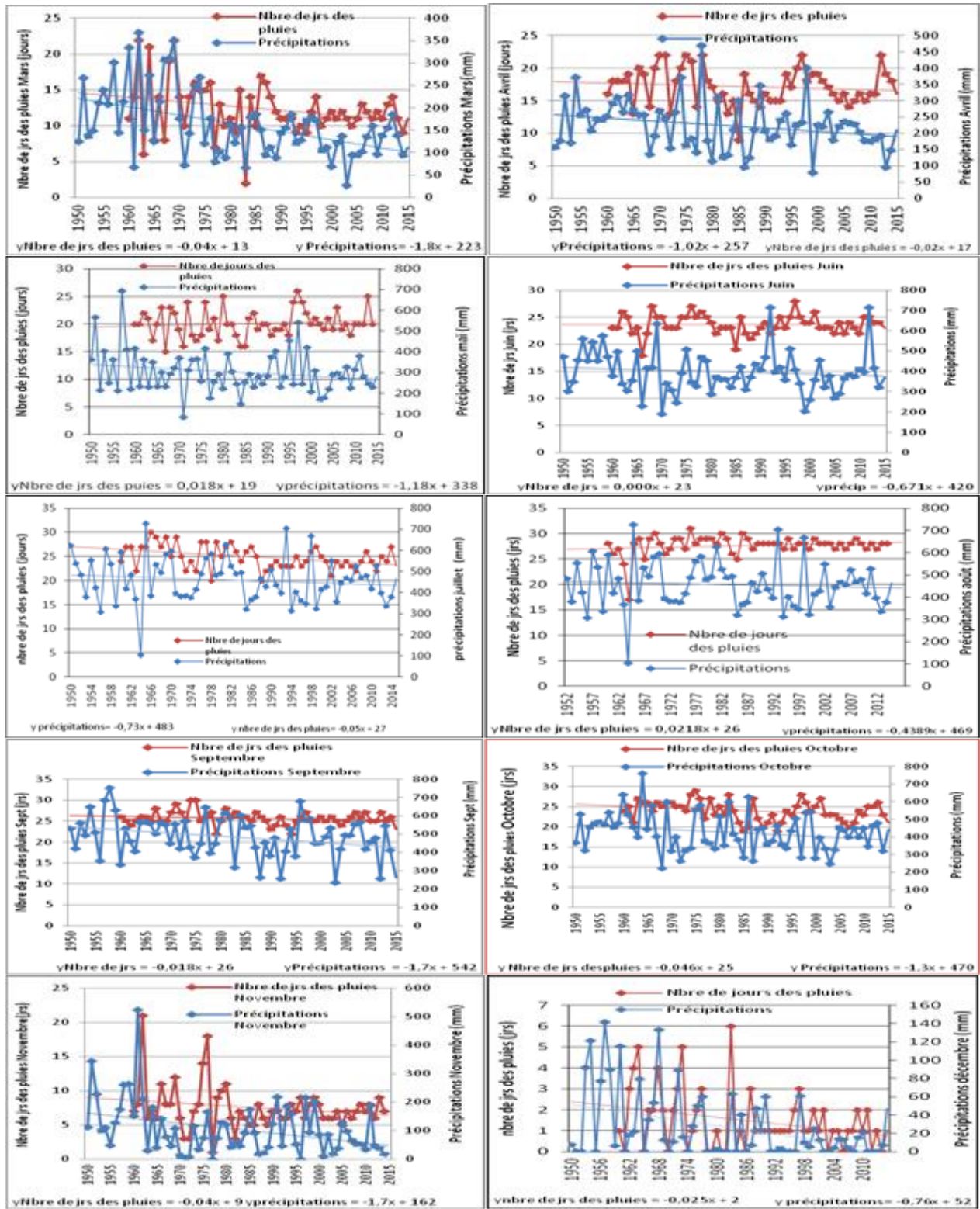
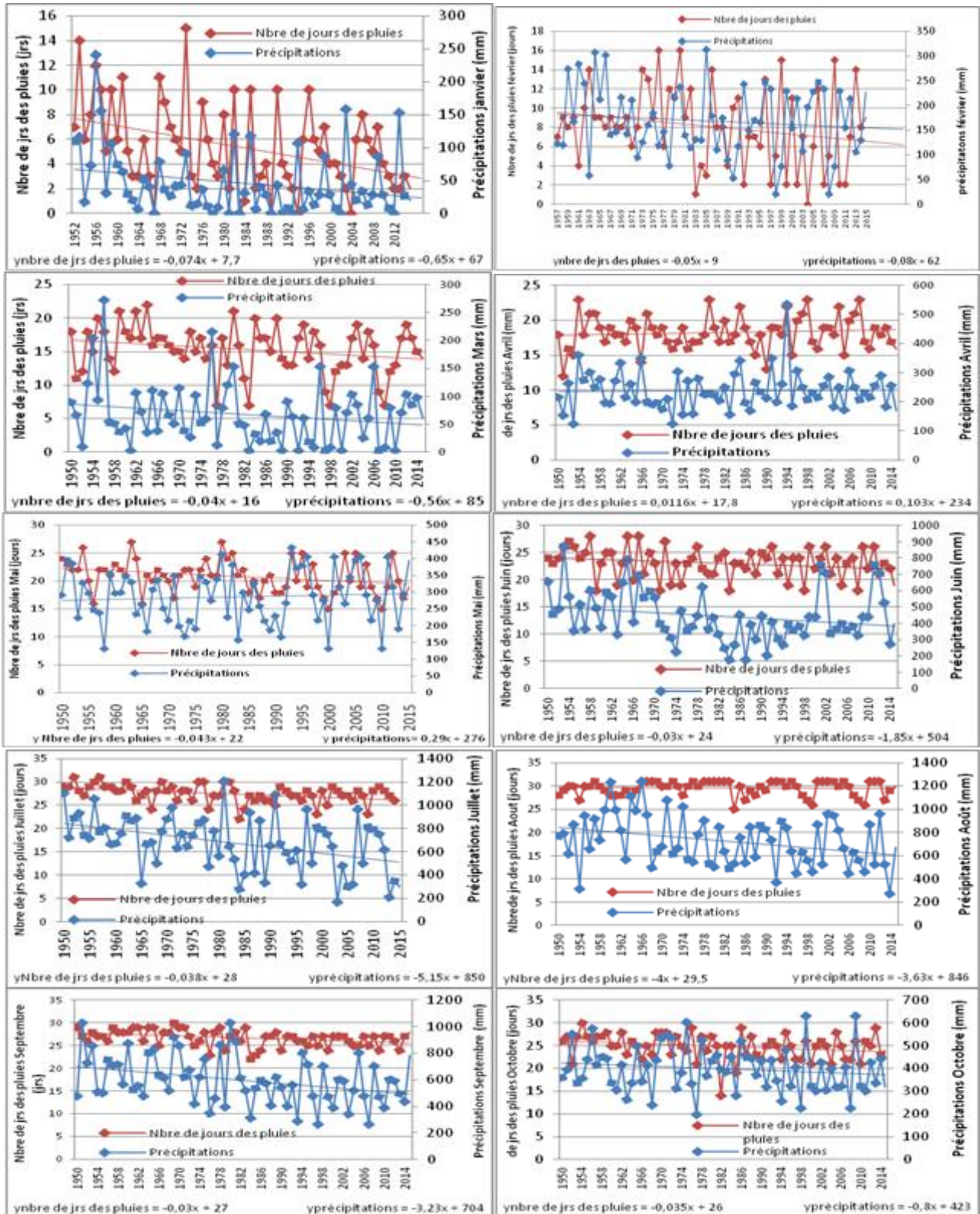


Figure 6: Évolution de la pluviométrie mensuelle annuelle à Mamfe de 1950 à 2015

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

9. Evolution des quantités de précipitations et du nombre de jours des pluies à l'échelle mensuelle à Douala de 1950 à 2015



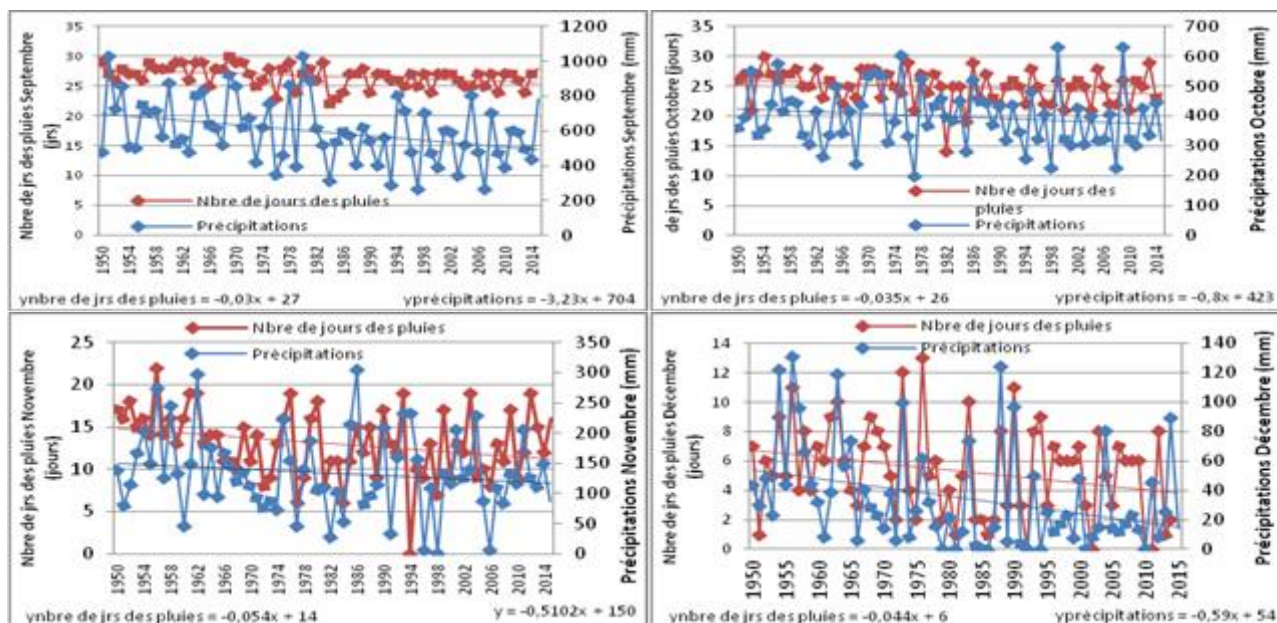


Figure 7: Évolution mensuelle annuelle de la pluviométrie à Douala de 1950 à 2015

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

12. Variabilité cumulée des quantités de précipitations enregistrées à l'échelle mensuelle moyenne au Cameroun de 1950 à 2015

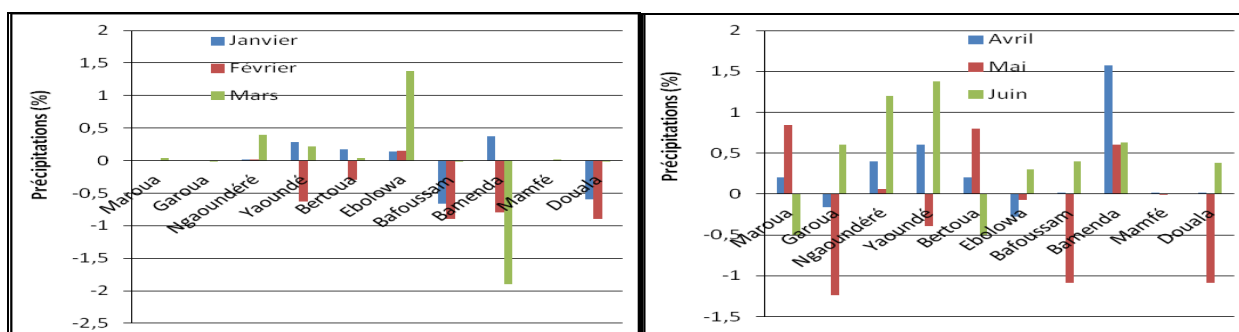
Tableau 2 : Quantités de précipitations cumulées enregistrées à l'échelle mensuelle moyenne au Cameroun de 1950 à 2015

Précipitations (%)	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Maroua	0	0	0,04	0,2	0,84	-0,5	-1,4	-0,36	1,3	0,35	0,006	0
Garoua	0	0	-0,013	-0,16	-1,24	0,6	0,47	0,3	1,3	-0,6	0,014	0
Ngaoundéré	0,014	0,02	0,4	0,4	0,061	1,2	-0,7	1,04	-0,42	0,5	-0,1	0,012
Yaoundé	0,28	-0,63	0,22	0,6	-0,39	1,38	0,47	0,65	-0,63	0,14	-0,23	0,29
Bertoua	0,17	-0,3	0,04	0,2	0,8	-0,5	-1,4	-0,36	1,3	0,35	0,006	-0,27
Ebolowa	0,14	0,15	1,38	-0,28	-0,07	0,3	0,06	0,1	1,5	0,25	-0,44	0,4
Bafoussam	-0,66	-0,9	-0,006	0,02	-1,09	0,4	-0,47	-0,9	-0,23	0,47	0,41	0,11
Bamenda	0,37	-0,8	-1,9	1,57	0,6	0,63	1,76	0,06	1,8	1,3	0,48	0,25
Mamfe	0,009	0	0,018	0,014	-0,0029	0,011	0,02	-0,005	0,05	0,045	0,008	0,008
Douala	-0,6	-0,9	-0,006	0,019	-1,09	0,38	-0,47	-0,9	-0,2	0,47	0,4	0,11

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

13. Variabilité cumulée des quantités de précipitations enregistrées à l'échelle mensuelle moyenne au Cameroun de 1950 à 2015



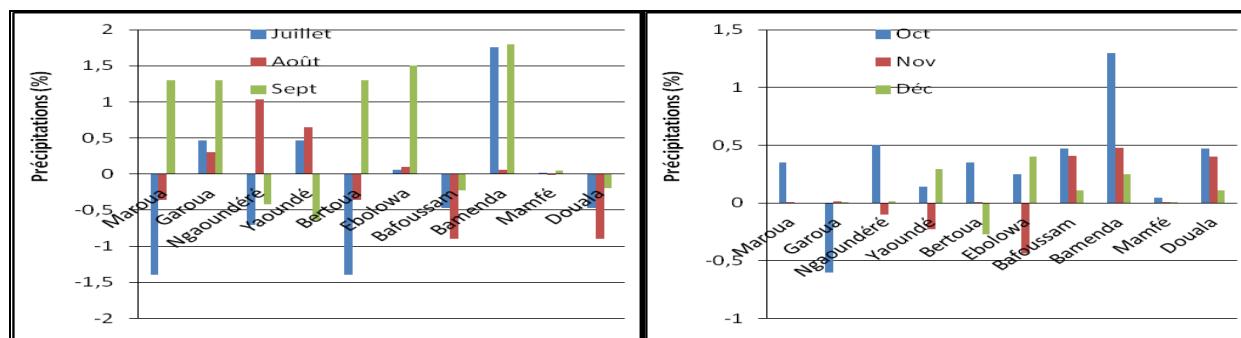


Figure 8: Variabilité cumulée des quantités de précipitations enregistrées à l'échelle mensuelle moyenne au Cameroun de 1950 à 2015

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

14. Variabilité cumulée du nombre de jours des pluies par mois au Cameroun de 1950 à 2015

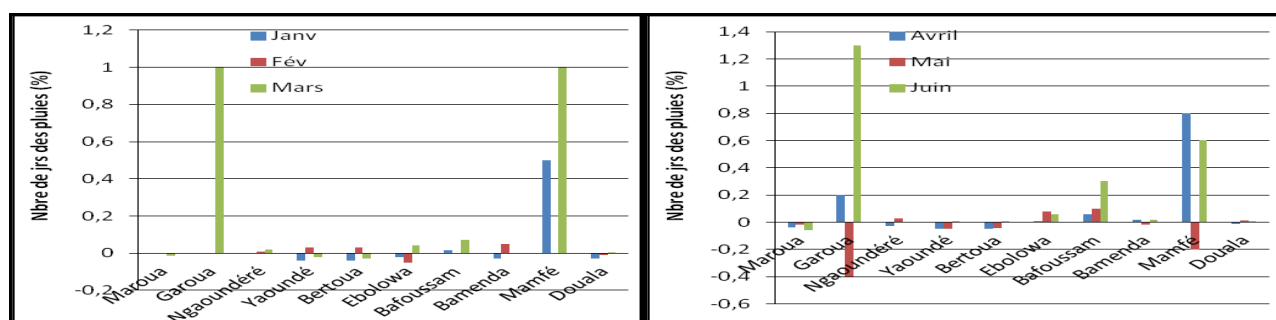
Tableau 3 : Variabilité cumulée du nombre de jours des pluies par mois au Cameroun de 1950 à 2015

Nombre de jours des pluies (%)	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Annuel
Maroua	0	0	-0,014	-0,04	-0,018	-0,06	-0,0	-0,04	-0,08	0,08	0,005	0	-0,2
Garoua	0	0	1	0,2	-0,4	1,3	0,13	-0,4	-1	1,8	-1,4	0	0,7
Ngaoundéré	0	0,007	0,021	-0,03	0,03	-0	0,01	0,017	-0,01	0,03	0,021	0	0,09
Yaoundé	-0,04	0,03	-0,02	-0,05	-0,05	0,003	-0,06	-0,09	-0,05	0,002	0,0352	0,018	-0,2
Bertoua	-0,04	0,03	-0,03	-0,05	-0,045	0,003	-0,06	-0,086	-0,05	0,002	0,0352	0,018	-0,26
Ebolowa	-0,02	-0,05	0,04	0,005	0,08	0,06	0,02	0,04	0,03	-0,07	0,02	0,04	0,2
Bafoussam	0,016	-0,004	0,07	0,06	0,1	0,3	0,08	0,3	0,175	0,03	-0,07	-0,02	0,08
Bamenda	-0,03	0,05	0	0,016	-0,02	0,016	0,03	-0,03	-0,04	-0,06	-0,08	0,016	-0,03
Mamfé	0,5	0,0	1,0	0,8	-0,2	0,6	1,4	-0,3	2,7	2,5	0,5	0,4	0,8
Douala	-0,03	-0,011	0,0053	-0,013	0,015	0,0005	-0,01	-0,007	-0,04	-0,05	0,04	-0,03	-0,14

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Réalisation : Auteur, 2017

15. Variabilité cumulée du nombre de jours des pluies par mois au Cameroun de 1950 à 2015



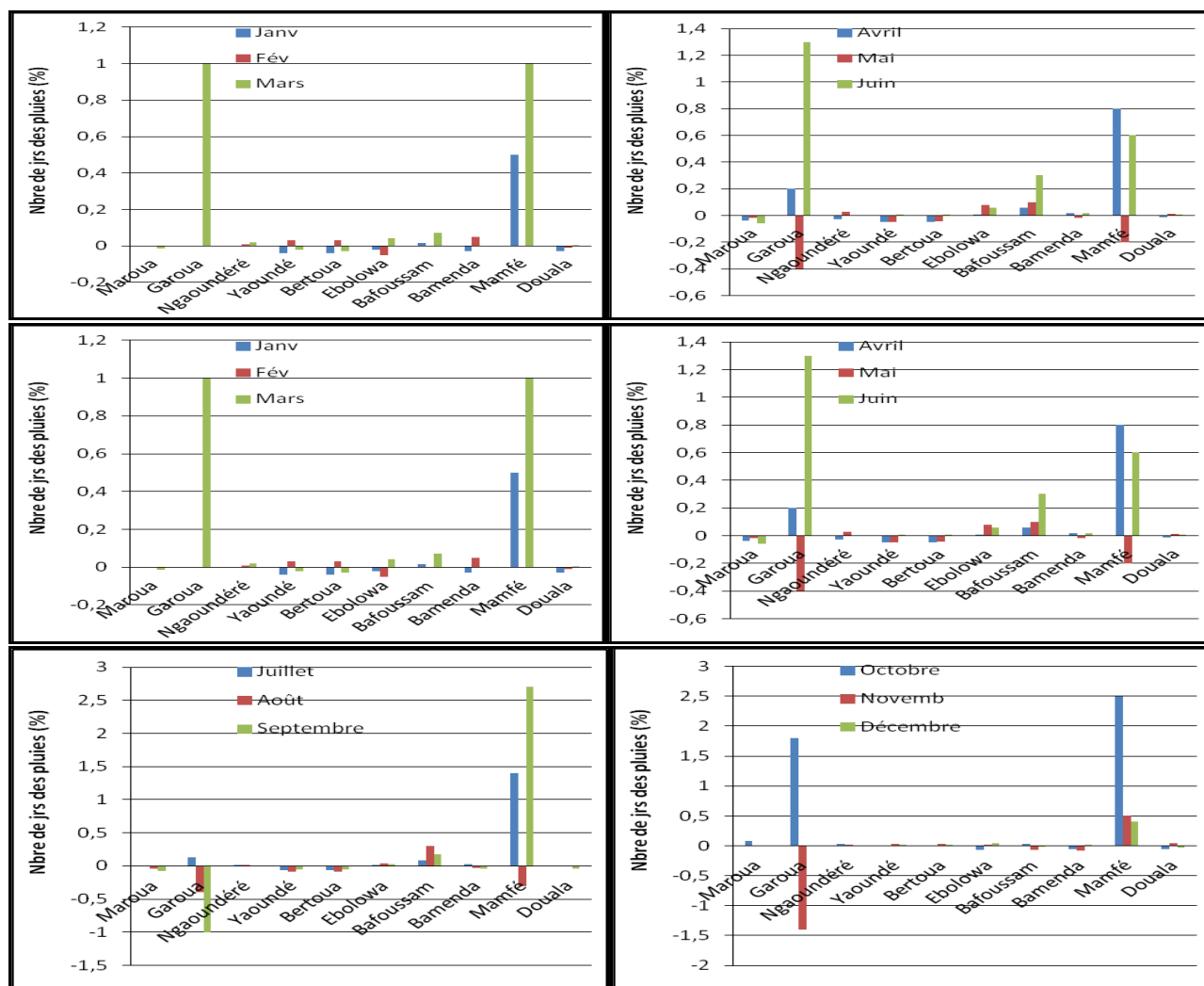


Figure 9 : Variabilité cumulée du nombre de jours des pluies par mois au Cameroun de 1950 à 2015

16. Variations de l'indice des précipitations mensuelles au Cameroun de 1950 à 2015

Tableau 4 : Variations de l'indice des précipitations mensuelles au Cameroun de 1950 à 2015

Indice des précipitations	janv	févr	mars	avril	mai	juin	juillet	août	sept	oct	nov	déc
Maroua	0	0	0,4	0,88	1,6	2,28	3,1	3,39	2,37	0,8	0	0
Garoua	0	0	0,46	1,15	2	2,7	2,67	2,75	2,8	1,42	0,28	0,12
Ngaoundéré	0,21	0,35	0,91	2,42	3,78	3,75	3,3	4,46	3,65	2,49	0,64	0,22
Yaoundé	0,87	1,18	2,56	2,95	3,19	2,46	1,37	1,63	3,64	4,84	2,03	0,96
Bertoua	0,82	1,01	2,11	3,36	3,14	2,49	1,8	2,14	2,9	3,59	1,98	1,08
Ebolowa	1,24	1,61	2,83	3,45	3,23	2,36	1,36	1,53	4	3,86	2,9	1,27
Bafoussam	0,66	0,72	1,98	2,8	3,36	3,59	2,74	3,2	5,7	4,15	1,29	0,48
Bamenda	0,75	0,94	2	2,9	2,7	3,78	3,95	3,8	4,05	2,8	1,26	0,7
Mamfé	0,76	1	2	3	2,9	3,8	4,7	4,29	4,4	3,6	1,13	0,7
Douala	0,9	1,2	2,4	3,6	3,6	2,8	2,8	3,35	3,28	4	2	0,9

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Tableau 5 : Variation de l'indice mensuel moyen du nombre de jours des pluies au Cameroun de 1950 à 2015

Indice Nbre de jrs des pluies	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Maroua	0	0	0,49	1,51	2,73	4,5	5,9	5,87	3,71	1,57	0,44	0
Garoua	0	0	0,64	2	3,9	5,59	6	6,53	5,72	2,49	0,62	0
Ngaoundéré	0,15	0,48	1,26	3,64	7,52	7	13,6	10,29	11,24	2,6	0,75	0,16
Yaoundé	1,71	1,8	4,39	6,14	6,35	4,9	3,44	3,15	5,9	7,99	3,21	1,23
Bertoua	1,09	1,32	3	5	6,8	6,13	3,74	3,9	6,24	5,89	2,3	1,23
Ebolowa	1,75	2,73	4,95	5,77	6,38	5,03	2,79	3,41	8,06	8,63	3,76	1,92
Bafoussam	1,15	1,27	2,85	4,4	3,88	4,29	5,81	4,25	7	5,36	1,88	0,45
Bamenda	0,98	1,23	2,23	5,32	7,7	10,4	10	10	15	7	1,3	0,77
Mamfe	1,32	1,52	3	4	5	13	5,98	14,31	16,23	5,81	2,33	1,03
Douala	1,5	1,9	4,3	7,6	7,26	8,4	14,2	18,9	15,14	8,9	3,24	1,7

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

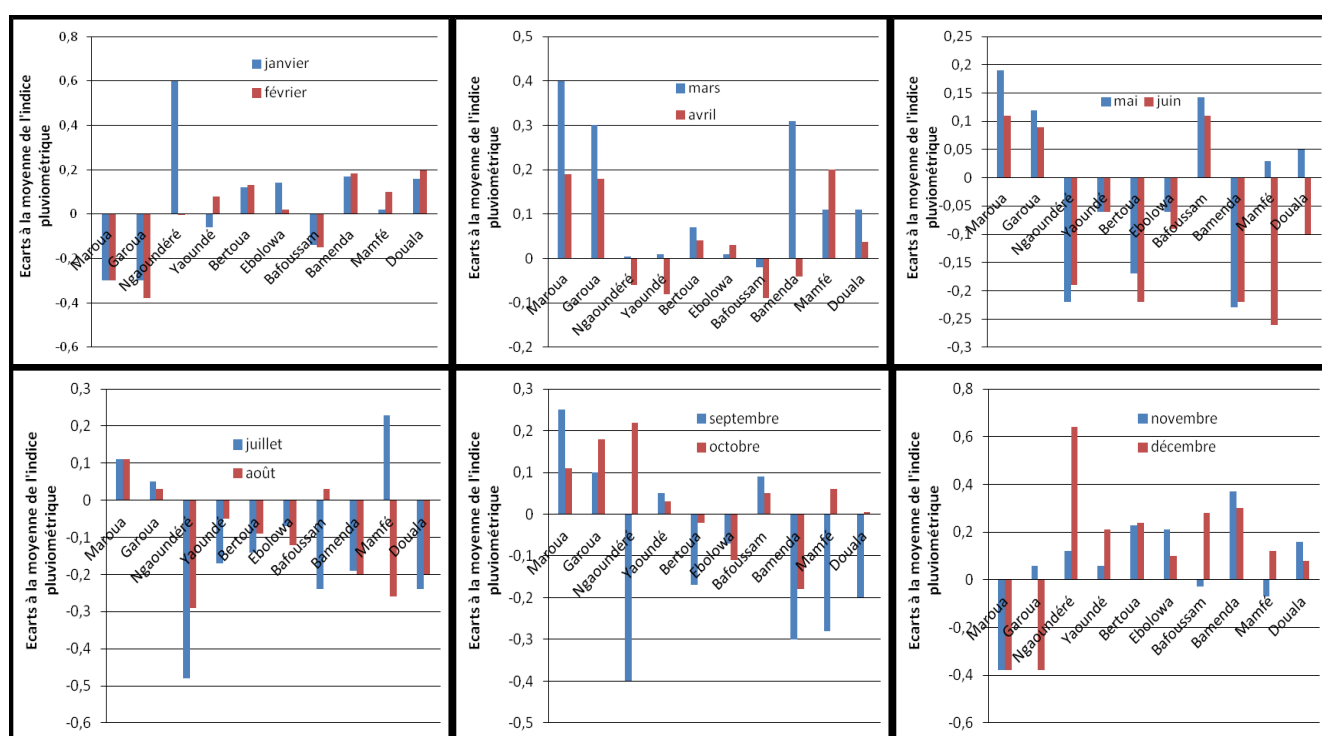


Figure 10: Variation mensuel moyen de l'indice pluviométrique au Cameroun de 1950 à 2015

Tableau 6: Variation de l'indice pluviométrique mensuel annuel au Cameroun de 1950 à 2015

Écarts à la moyenne indice pluviométrique	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Maroua	/	/	0,4	0,19	0,19	0,11	0,11	0,11	0,25	0,11	-0,38	-0,38
Garoua	0	-0,38	0,3	0,18	0,12	0,09	0,05	0,03	0,1	0,18	0,06	-0,38
Ngaoundéré	0,6	-0,004	0,004	-0,06	-0,22	-0,19	-0,48	-0,29	-0,4	0,22	0,12	0,64
Yaoundé	-0,06	0,08	0,01	-0,08	-0,06	-0,06	-0,17	-0,05	0,05	0,03	0,06	0,21
Bertoua	0,12	0,13	0,07	0,04	-0,17	-0,22	-0,14	-0,09	-0,17	-0,02	0,23	0,24
Ebolowa	0,14	0,02	0,01	0,03	-0,06	-0,09	-0,07	-0,12	-0,07	-0,11	0,21	0,1
Bafoussam	-0,14	-0,15	-0,02	-0,09	0,142	0,11	-0,24	0,03	0,09	0,05	-0,03	0,28
Bamenda	0,17	0,184	0,31	-0,04	-0,23	-0,22	-0,19	-0,2	-0,3	-0,18	0,37	0,3
Mamfe	0,02	0,1	0,11	0,2	0,03	-0,26	0,23	-0,26	-0,28	0,06	-0,07	0,12
Douala	0,16	0,197	0,11	0,037	0,05	-0,1	-0,24	-0,2	-0,2	0,006	0,16	0,08

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

Tableau 7 : Qualification de la distribution des quantités de précipitations par unité de temps au Cameroun

Mois	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre
Maroua	/	/	F	M	M	M	M	M	M	M	/	/
Garoua	/	/	M	M	M	M	M	M	M	M	M	/
Ngaoundéré	/	f	M	M	f	f	f	f	f	M	M	F
Yaoundé	f	M	M	f	f	f	f	f	M	M	M	M
Bertoua	M	M	M	M	M	f	f	f	f	M	M	M
Ebolowa	M	M	M	M	M	M	f	f	f	M	M	M
Bafoussam	f	f	f	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Bamenda	M	M	M	M	F	f	f	f	f	f	F	M
Mamfe	M	M	M	M	M	f	M	f	M	M	M	M
Douala	M	M	M	M	M	M	f	f	f	M	M	M

Critères de qualification de la distribution
entre 0,36 et 0,7: (F) distribution Forte
entre -0,09 et 0,36: (M) distribution Modéré
entre -0,5 et -0,09 : (f) faible distribution.

17. Ruptures pluviométriques à Maroua

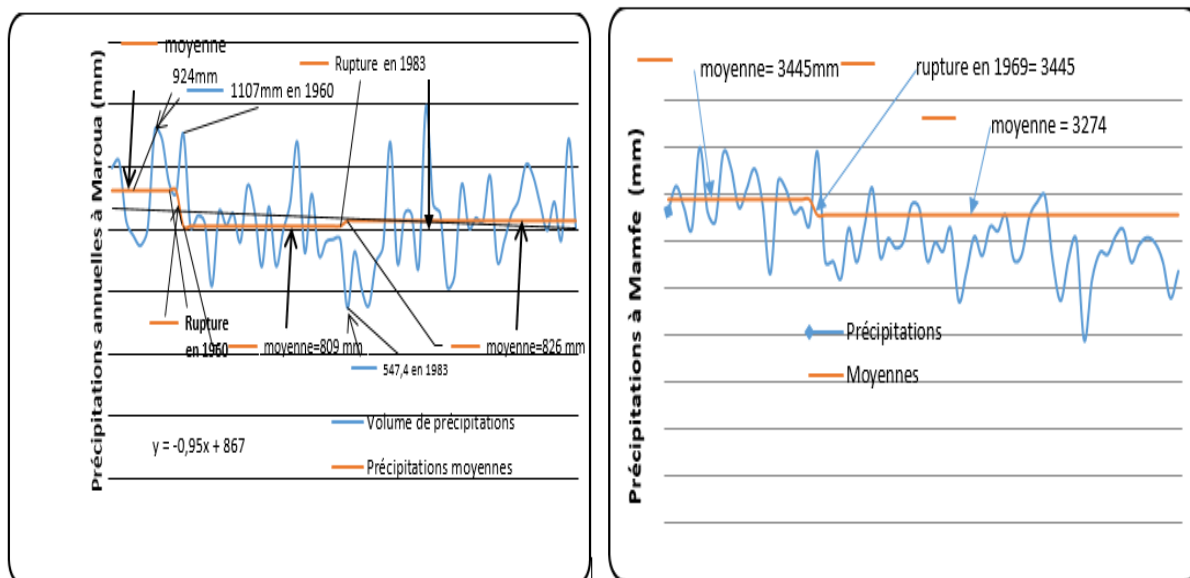


Figure : Ruptures pluviométriques à la station de Maroua

18. Classification des degrés de liberté selon la méthode de Student

Tableau : classification des degrés de liberté selon Student

LOI DE STUDENT AVEC k DEGRÉS DE LIBERTÉ											
QUANTILES D'ORDRE $1 - \gamma$											
k	γ										
	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05	0.025	0.010	0.005	0.0025	0.0010	0.0005
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.71	31.82	63.66	127.3	318.3	636.6
2	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	14.09	22.33	31.60
3	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	7.453	10.21	12.92
4	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	5.598	7.173	8.610
5	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	4.773	5.893	6.869
6	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	4.317	5.208	5.959
7	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.029	4.785	5.408
8	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	3.833	4.501	5.041
9	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	3.690	4.297	4.781
10	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	3.581	4.144	4.587
11	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	3.497	4.025	4.437
12	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.428	3.930	4.318
13	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.372	3.852	4.221
14	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.326	3.787	4.140
15	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.286	3.733	4.073
16	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.252	3.686	4.015
17	0.689	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.222	3.646	3.965
18	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.197	3.610	3.922
19	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.174	3.579	3.883
20	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.153	3.552	3.850
21	0.686	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.135	3.527	3.819
22	0.686	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.119	3.505	3.792
23	0.685	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.104	3.485	3.767
24	0.685	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.091	3.467	3.745
25	0.684	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.078	3.450	3.725
26	0.684	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.067	3.435	3.707
27	0.684	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.057	3.421	3.690
28	0.683	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.047	3.408	3.674
29	0.683	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.038	3.396	3.659
30	0.683	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.030	3.385	3.646
40	0.681	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	2.971	3.307	3.551
50	0.679	0.849	1.047	1.299	1.676	2.009	2.403	2.678	2.937	3.261	3.496
60	0.679	0.848	1.045	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	2.915	3.232	3.460
80	0.678	0.846	1.043	1.292	1.664	1.990	2.374	2.639	2.887	3.195	3.416
100	0.677	0.845	1.042	1.290	1.660	1.984	2.364	2.626	2.871	3.174	3.390
120	0.677	0.845	1.041	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	2.860	3.160	3.373
∞	0.674	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	2.807	3.090	3.291

19. Etat du Réseau d'observation météorologique au Cameroun.

Tableau 9 : Réseau d'observation météorologique dans la région de l'Extrême-Nord du Cameroun

Type de Stations	Localisation	Institution responsable	Quantité	Etat	Types de données collectées	Période de collecte	Types de données fournies
Stations Aéronautiques	Maroua-Salack	ASECNA	01	fonctionnelle	- la pluviométrie ; - la température ; - le vent (vitesse et direction) ; - l'humidité - l'évapotranspiration, - le rayonnement solaire.	1943-2017	les informations sur format numérique et sur format papier (fiches de collecte).
Stations automatiques	Yagoua Kaelé	DMN/MINT	02	fonctionnelles	- la pluviométrie ; - la température ; - le vent (vitesse et direction) ; - l'humidité - l'évapotranspiration, - le rayonnement solaire.	2014-2017	stations fournissent les informations sur format numérique
Stations météorologiques	Kaélé Kousseri Mokolo Mora Yagoua	DMN/MINT	05	Stations non fonctionnelles et ne sont pas conformes aux normes recommandées par l'OMM	- la pluviométrie ; - la température	1943-2015 Avec les périodes de rupture qui sont différentes d'une station à l'autre	stations fournissent les informations sur format papier (fiches de collecte)
Postes pluviométriques		SEMRY SODECOTON	Plusieurs postes pluviométriques		- la pluviométrie	1971-2017	

Tableau 10 : Réseau d'observation météorologique dans la région du Nord.

Type de Stations	localisation	Institution responsable	Quantité	Etat	Types de données collectées	Période de collecte	Types de données fournies
Stations automatiques	Sangéré	DMN/MINT	01	Fonctionnelles	- pluviométrie ; - température ; - vent (vitesse et direction) ; - humidité - évapotranspiration, - rayonnement solaire.	- 1950-2015	stations fournissent les informations sur format numérique+ format papier
Stations météorologiques	Madingrin	SOCDCOTON	Plusieurs postes pluviométriques	Postes non fonctionnels	- pluviométrie ; - température	1980-2006	Données sur format numérique + format analogique
Postes pluviométriques	Soukoundou	SOCDCOTON	Plusieurs postes pluviométriques	Postes non fonctionnels	- pluviométrie	1980-2008	Données sur format analogique
Postes pluviométriques	Bidzar	SODECOTON	Plusieurs postes pluviométriques	Postes non fonctionnelles	Pluviométrie	1980-2008	Données sur format analogique
Postes pluviométriques	Guider	SODECOTON	Plusieurs postes pluviométriques	Postes non fonctionnelles	-Pluviométrie	1980-2008	Données sur format analogique

Tableau 11 : Réseau d'observation météorologique dans la région de l'Adamaoua

Type de Stations	localisation	Institution responsable	Quantité	Etat	Types de données collectées	Période de collecte	Types de données fournies
Stations automatiques	Ngaoundéré	DMN/MINT	01+ des postes pluviométriques	Fonctionnelle	- pluviométrie ; - température ; - vent (vitesse et direction) ; - humidité - évapotranspiration, - rayonnement solaire.	1950-2015	stations fournissent les informations sur format numérique + formats papiers
Postes pluviométriques	Meinganga	DMN/MINT	Plusieurs postes pluviométriques	Postes non fonctionnels	Pluviométrie	1951-1991	Données sur format analogique (fiches de collecte)
Postes pluviométriques	Banyo	DMN/MINT	Plusieurs postes pluviométriques	Postes non fonctionnels	Pluviométrie	1980-2001	Données sur format analogique (fiches de collecte)
Postes pluviométriques	Tibati	DMN/MINT	Plusieurs postes pluviométriques	Postes non fonctionnels	Pluviométrie	1980-2001	Données sur format analogique (fiches de collecte)

Tableau 12 : Réseau d'observation météorologique dans la région du Centre.

Type de Stations	localisation	Institution responsable	Quantité	Etat	Types de données collectées	Période de collecte	Types de données fournies
Station Aéronautique	Mefou et Afamba	Nsimalen	ASECNA	Fonctionnelle	- la pluviométrie ; - la température	1943-2015	les données sur format numérique
Station météorologique	Mbam et Inoubou	Bafia	DMN (MINT)	Fonctionnelle	- la pluviométrie ; - la température ;	1960-2002 2000-2006	les données sur format numérique
Station météorologique	Nyong et Kelle	Eséka	DMN (MINT)	Non fonctionnelle	- la pluviométrie ;	1992-2000	les données sur format numérique
Poste pluviométrique	Nyong et Mfoumou	Akonolinga	DMN (MINT)	Non fonctionnelle	- la pluviométrie ; - Température	1980-2001 1971-2004	les données sur format numérique
Poste pluviométrique	Nyong et So'o	Mbalmayo	DMN (MINT)	Non fonctionnelle	- la pluviométrie ;	1964-1998	les données sur format numérique
Poste pluviométrique		Nanga-Eboko	DMN (MINT)	Non fonctionnelle	- la pluviométrie - Température	1971-2006 1971-2006	les données sur format numérique

Tableau 13 : Réseau d'observation météorologique dans la région de l'Est

Type de Stations	Localisation	Institution responsable	Types de données collectées	Période de collecte	Types de données fournies
Station Aéronautique	Bertoua	ASECNA	- la pluviométrie ; - la température ;	1947-2015 1980-2006	les données sur format numérique
Station automatique	Batouri	DMN (MINT)	- la pluviométrie	1950-2000	les données sur format numérique
Station automatique	Betaré-Oya	DMN (MINT)	- la pluviométrie ;	1940-1988	les données sur format numérique
Station météorologique	Yokadouma	DMN (MINT)	- la pluviométrie ; - la température ;	1971-1994	les données sur format numérique
Station météorologique	Abong-Mbang	DMN (MINT)	- la pluviométrie ; - la température ;	1950-1999 1971-2003	les données sur format numérique
Station météorologique	Lomié	DMN (MINT)	- la pluviométrie ;	1971-1998	les données sur format numérique

Tableau 14 : Réseau d'observation pluviométrique dans la région du Sud

Type de Stations	Localisation	Institution responsable	Types de données collectées	Période de collecte	Types de données fournies
Station Aérienne	Ebolowa	ASECNA	- la pluviométrie ; - la température ;	1947-2015 1980-2006	les données sur format numérique + format analogique (fiches de collecte)
Postes pluviométriques	Ambam	DMN (MINT)	- la pluviométrie	1972-2001	les données sur format numérique+ format analogique (fiches de collecte)
Postes pluviométriques	Campo	DMN (MINT)	- la pluviométrie ;	1970-2000	les données sur format numérique+ format analogique (fiches de collecte)
Station météorologique	Sangmélina	DMN (MINT)	- la pluviométrie ; - la température ;	1962-2005	les données sur format numérique+ format analogique (fiches de collecte)
Station météorologique	Kribi	DMN (MINT)	- pluviométrie ; - température ; - vent (vitesse et direction) ; - humidité - évapotranspiration, - rayonnement solaire.	1960-2014	données sur format numérique+ format analogique (fiches de collecte)

Tableau 15 : Réseau d'observation pluviométrique dans la région de l'Ouest

Type de Stations	Localisation	Institution responsable	Types de données collectées	Période de collecte	Types de données fournies
Station Aérienne	Bafoussam	ASECNA	- pluviométrie ; - température ; - vent (vitesse et direction) ; - humidité - évapotranspiration, - rayonnement solaire.	1950-2015 1980-2006	données sur format numérique + format analogique (fiches de collecte)
Postes pluviométriques	Dschang	DMN (MINT)	- la pluviométrie	1971-1993	données sur format numérique+ format analogique (fiches de collecte)
Postes pluviométriques	Koundia	DMN (MINT)	- la pluviométrie ;	1961-1999	données sur format numérique+ format analogique (fiches de collecte)

Tableau 16 : Réseau d'observation pluviométrique dans la région du Nord-Ouest

Type de Stations	Localisation	Institution responsable	Types de données collectées	Période de collecte	Types de données fournies
Station Aérienne	Bamenda	ASECNA	- pluviométrie ; - température ; - vent (vitesse et direction) ; - humidité - évapotranspiration, - rayonnement solaire.	1950-2015 1980-2006	données sur format numérique + format analogique (fiches de collecte)
Postes pluviométriques	Jakiri	ASECNA	Pluviométrie ;	1961-2000	données sur format numérique + format analogique (fiches de collecte)
Postes pluviométriques	Ndu Tea	DMN (MINT)	Pluviométrie	1975-2005	données sur format numérique + format analogique (fiches de collecte)
Postes pluviométriques	Santa	DMN (MINT)	Pluviométrie ;	1980-2002	les données sur format numérique + format analogique (fiches de collecte)

Tableau 17 : Réseau d'observation pluviométrique dans la région du Sud-Ouest du Cameroun

Type de Stations	localisation	Institution responsable	Quantité	Etat	Types de données collectées	Période de collecte	Types de données fournies
Stations automatiques	Mamfe	DMN/MINT	02	Fonctionnelles	- pluviométrie ; - température ; - vent (vitesse et direction) ; - humidité - évapotranspiration, - rayonnement solaire.	- 1950-2015 - 2013-2015	données sur format numérique+ format analogique (fiches de collecte)
Stations météorologiques	Tiko	DMN/MINT	05	Stations non fonctionnelles et ne sont pas conformes aux normes recommandées par l'OMM	- pluviométrie ; - température	1980-2010 Avec les périodes de rupture qui sont différentes d'une station à l'autre	données sur format numérique+ format analogique (fiches de collecte)
Postes pluviométriques	Ekona Debunsha	CDC PAMOL SOCAPALM IRGM IRAD	Plusieurs postes pluviométriques		- pluviométrie - température	- 1971-2002 et 1930-1974	données sur format numérique+ format analogique (fiches de collecte)

Tableau 18 : Réseau d'observation pluviométrique dans la région du Littoral

Type de Stations	Localisation	Institution responsable	Types de données collectées	Période de collecte	Types de données fournies
Station Aérienne	Douala	ASECNA	- pluviométrie ; - température ; - vent (vitesse et direction) ; - humidité - évapotranspiration, - rayonnement solaire.	1947-2015 1960-2010	données sur format numérique+ format analogique (fiches de collecte)
Station automatique	Edéa	DMN (MINT)	- la pluviométrie	1960-2005	données sur format numérique+ format analogique (fiches de collecte)
Station automatique	Nkongsamba	DMN (MINT)	- la pluviométrie ;	1971-2005	données sur format numérique+ format analogique (fiches de collecte)
Station météorologique	Yabassi	DMN (MINT)	- la pluviométrie ; - la température ;	1971-2005	données sur format numérique+ format analogique (fiches de collecte)

20. Réseau d'observation météorologique au Cameroun.



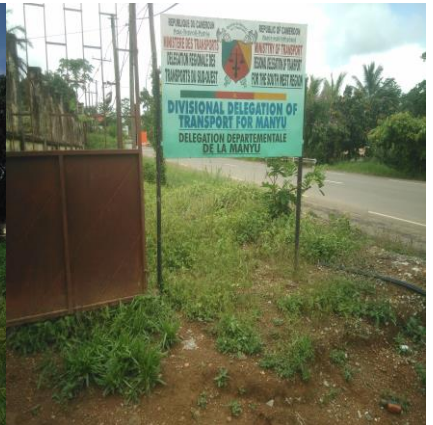
Maga



Mamfe



Mamfe
Sources : Auteur, 2017



Limbé



Ekona



Mamfe
Sources : Auteur, 2017



Eséka

Batouri

Makak

Sources : Auteur, 2018



Batouri

Bertoua

Bertoua

Sources : Auteur, 2018



Aérodrome de Bertoua

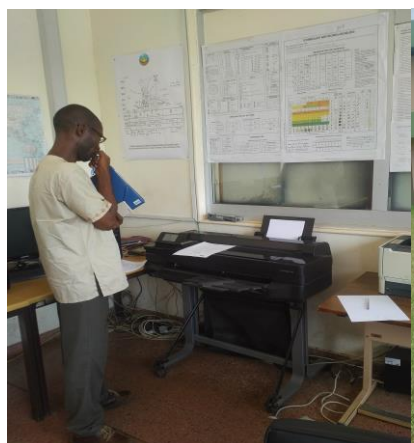


Bafia



Bafia

Sources : Auteur, 2018



Yaoundé



Yaoundé



Yaoundé

Sources : Auteur, 2016



ASECNA, Ngaoundéré



Station météo Tibati, Ngdéré



Station météo Tibati, Ngdéré

Sources : Auteur, 2019



ASECNA, Ngaoundéré



Station météo d'Ebowa



Pluviomètre, station météo d'Ebwa

Sources : Auteur, 2019



Abri météo de Bamendjida



Station Bamendjida



Station météo de Bamendjida

Sources : Auteur, 2019



Station météo de Foumban



Station Foumban

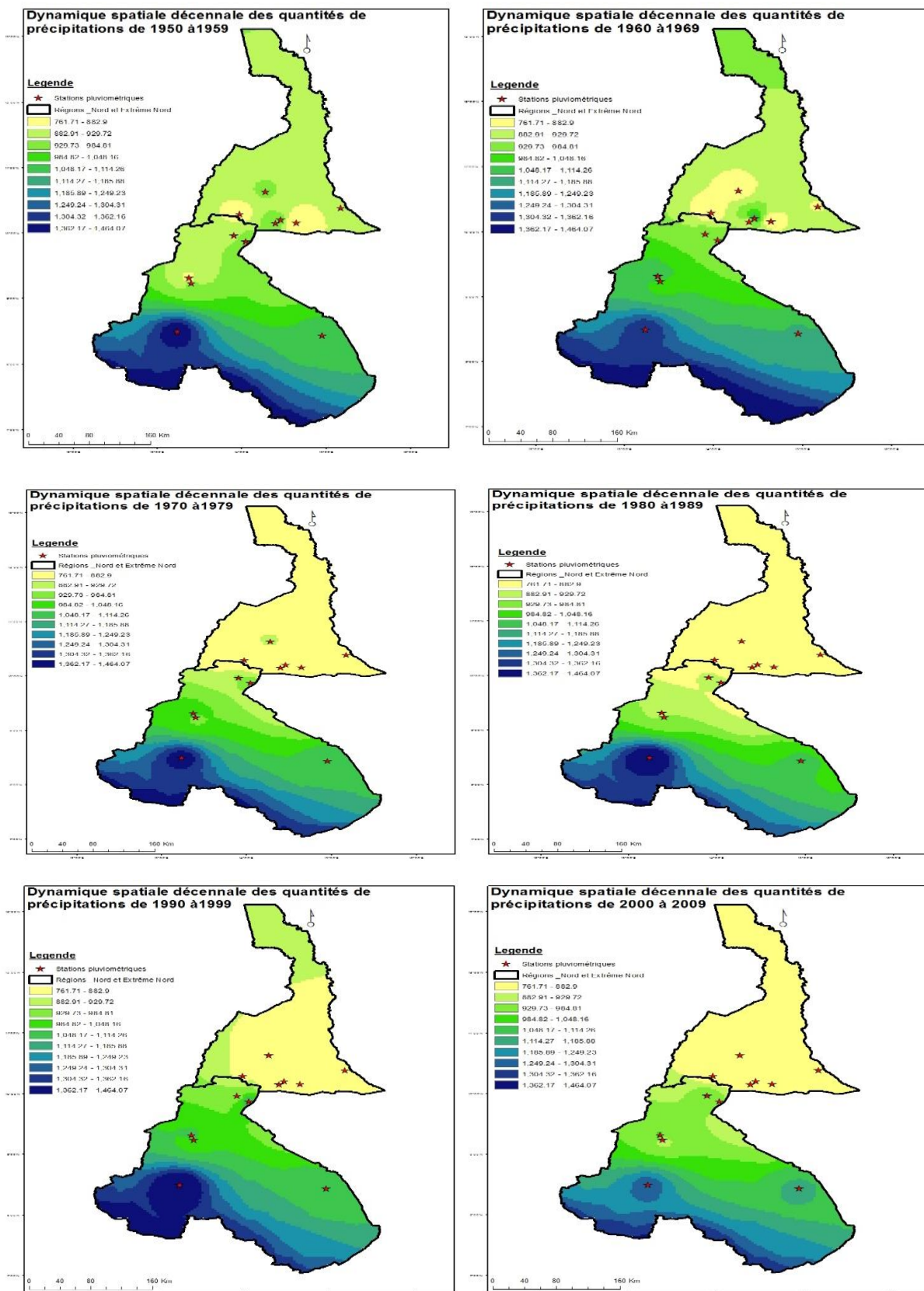


Station météo de Foumban

Sources : Auteur, 2020

21. DYNAMIQUE SPATIALE DÉCENNALE DES QUANTITÉS DE PRÉCIPITATIONS AU CAMEROUN DE 1950 A 2015

1. Dynamique spatiale des précipitations dans les Régions du Nord et de l'Extrême- Nord



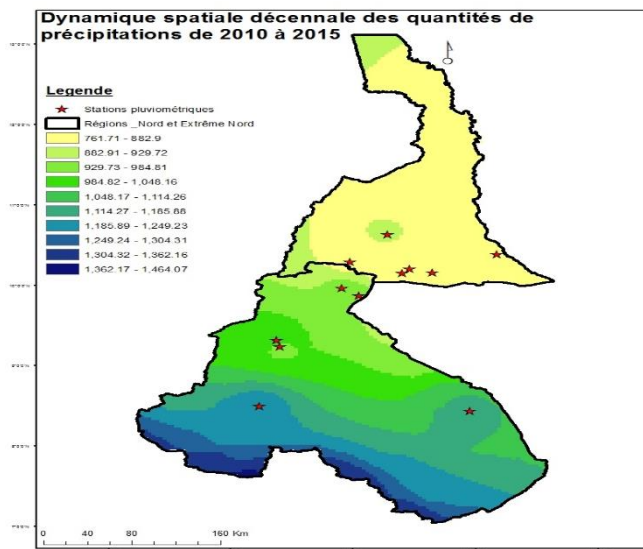
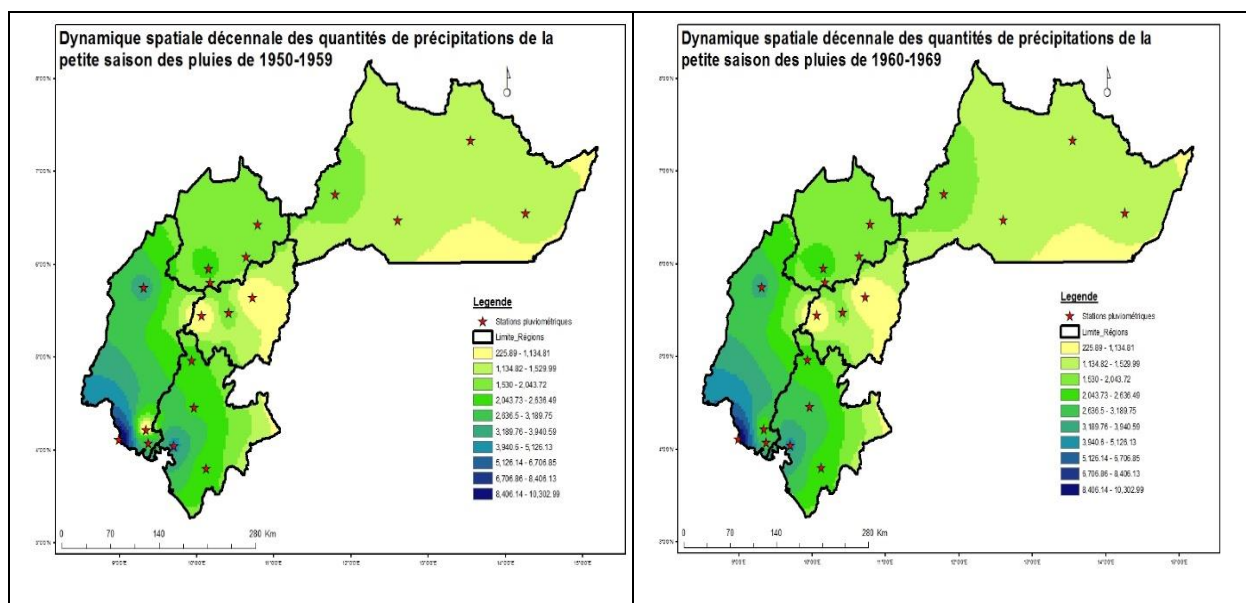


Figure : Dynamique spatiale décennales des quantités de précipitations dans les Régions de l'Extrême-Nord et du Nord Cameroun

Source : DMN, ASECNA, PULCI, MINADER

1. Dynamique spatiale décennale des quantités de précipitations dans les Régions de l'Adamaoua, de l'Ouest, du Nord-Ouest, du Sud-Ouest et du Littoral



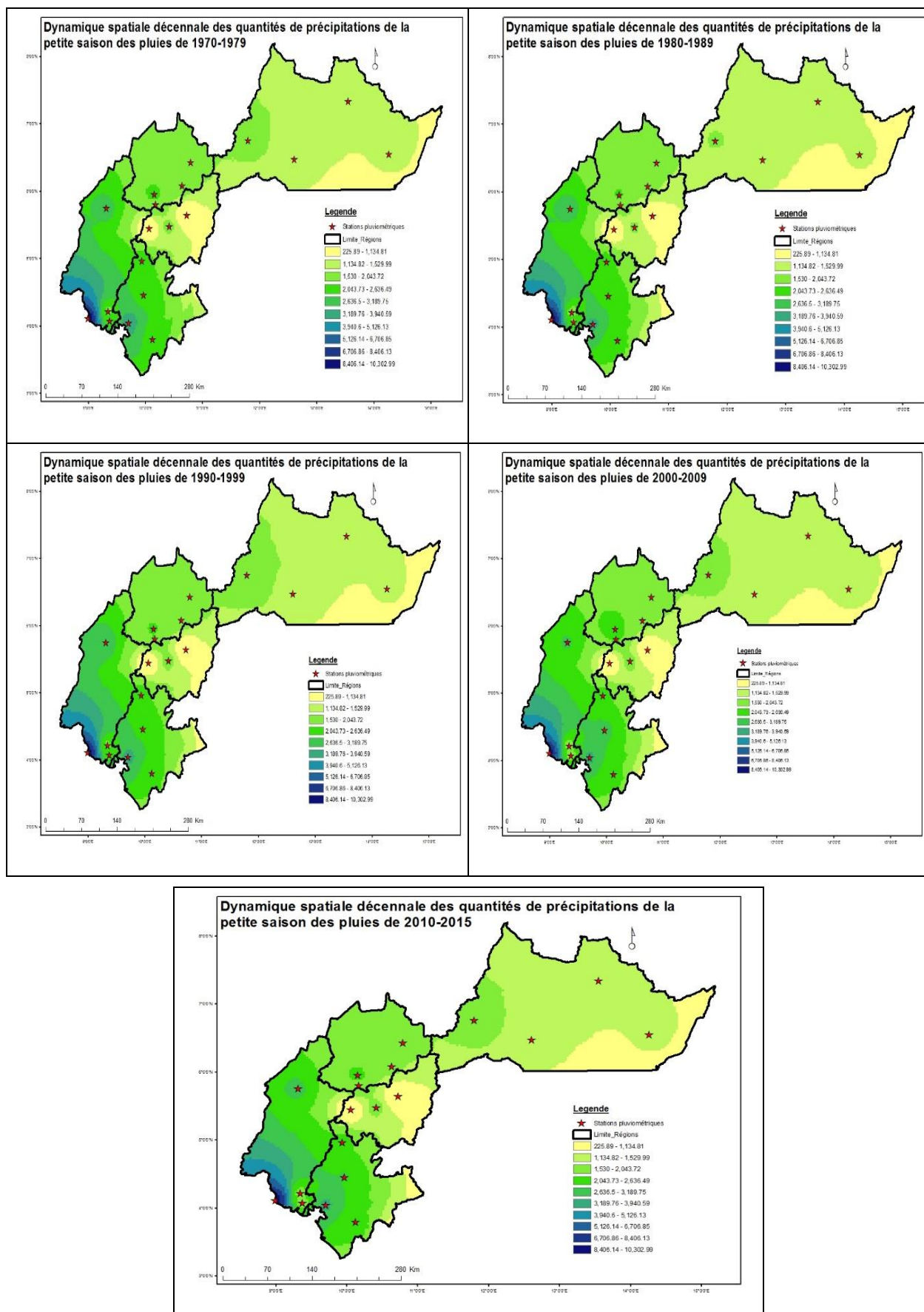


Figure : Évolution annuelles décennales dans les Régions de l'Adamaoua, de l'Ouest, du Nord-Ouest, Sud-Ouest et Littoral

2. Dynamique spatiale décennale des quantités de précipitations dans les Régions du Centre, du Sud et de l'Est

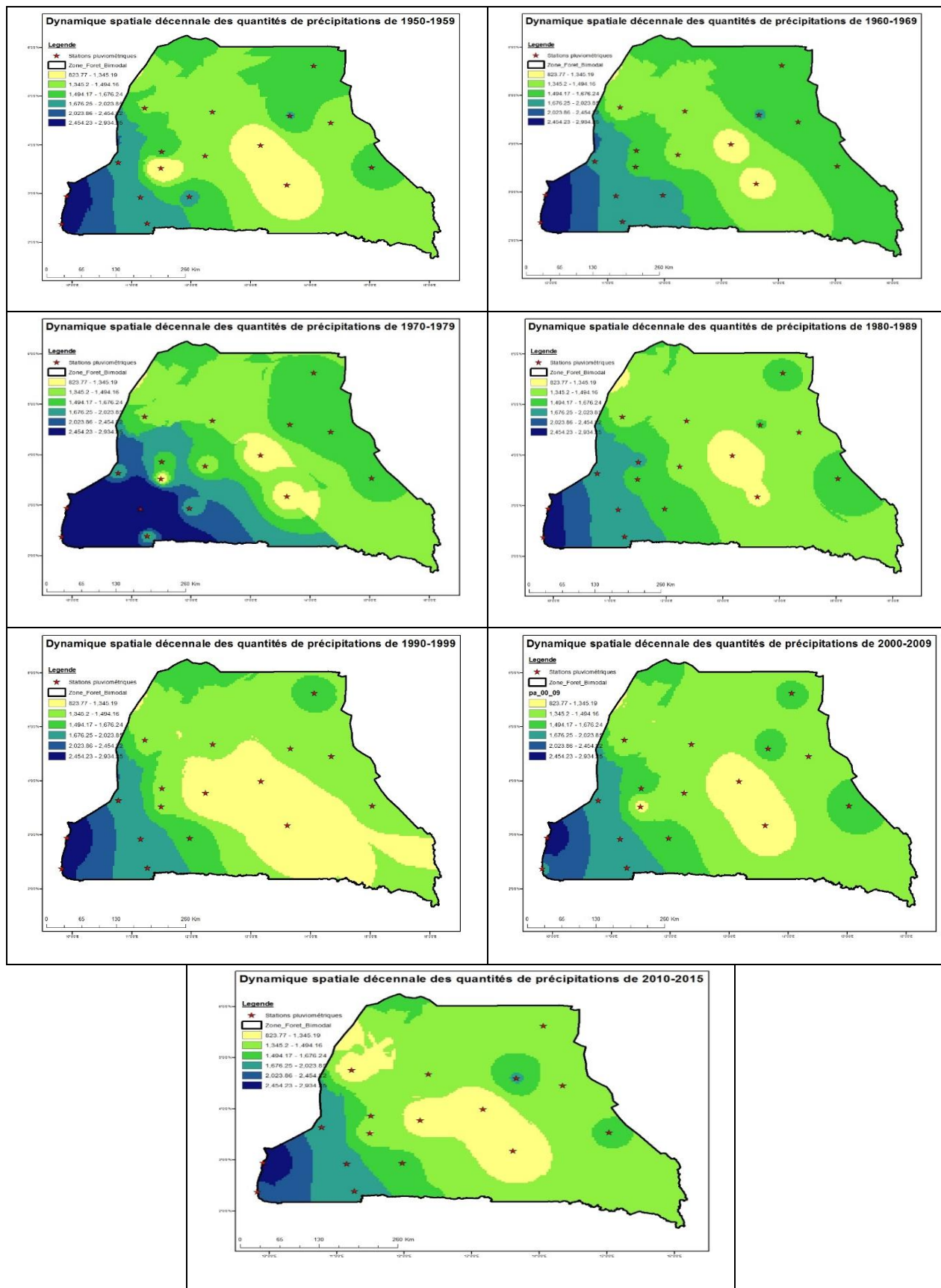


Figure 25: Évolution spatiale décennale des quantités de précipitations dans les Régions du Centre, de l'Est et du Sud