

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

Joseph Armathé AMOUGOU et Romain Armand Soleil BATHA *

Université de Yaoundé I, Département de Géographie, Cameroun

* Correspondance, courriel : bathsol33@yahoo.fr

Résumé

La présente étude fait une analyse de l'impact de la dynamique des épisodes El Niño sur la pluviométrie à l'échelle annuelle dans les cinq zones agro-écologiques du Cameroun. Il s'agit pour nous de faire pour ces zones agro-écologiques entre autres une lecture comparative avec la situation normale des précipitations en terme d'étalement des saisons des pluies, d'évolution des tendances des précipitations et du nombre de jours des pluies tombées pour les années avant, pendant et après les épisodes El Niño de 1950 à 2010. L'étude a permis d'analyser l'évolution des dates des débuts et des fins des saisons des pluies pour les années avant, pendant et après les épisodes El Niño afin de les comparer avec les années normales. Les résultats obtenus de cette étude indiquent que le comportement de la pluviométrie les années avant, pendant, après les épisodes El Niño ainsi que la distribution dans le temps des dates des débuts et des fins des saisons des pluies, la répartition des régimes des pluies, la longueur des saisons des pluies varient différemment d'une zone agro-écologique à une autre. Dans la zone soudano-sahélienne, il ne se dégage pas de tendance précise en terme des débuts ou des fins des saisons des pluies les années avant, pendant et après les épisodes El Niño. Par contre, les quantités de pluies tombées et le nombre de jours des pluies observées diminuent les années avant, pendant et après les épisodes El Niño sur les 61 années de l'étude. En ce qui concerne la zone agro-écologique à pluviométrie bimodale, la présente étude révèle un déficit général des quantités de précipitations et du nombre de jour des pluies par rapport à la moyenne normale les années avant, pendant et après les épisodes El Niño. Pour cette zone, la petite saison des pluies est de plus en plus longue par rapport à la grande saison des pluies. La zone des hautes terres connaît une augmentation des quantités annuelles de pluies tombées et du nombre de jours des pluies pour les années avant, pendant et après les épisodes. Pour cette zone, les pluies commencent en général entre le mois de Mars et d'Avril pour s'arrêter autour du mois d'Octobre. Cette situation s'accompagne très souvent d'un déplacement de la saison des pluies qui est suivi d'une augmentation de sa longueur, notamment à Bafoussam et à Bamenda. Contrairement à cela, Manfé présente plutôt un raccourcissement de la saison des pluies qui passe très souvent de 08 à 07 mois et demi les années avant et après les épisodes. Dans la zone forestière à pluviométrie monomodale, les pluies sont plus significatives les années avant les épisodes El Niño. A Douala particulièrement pour les années avant les épisodes El Niño, les pluies commencent en général vers la fin du mois de Février pour s'achever en début du mois de Décembre. Les années El Niño au contraire présentent un recul simultané des dates des débuts et des fins des saisons des pluies. A ce stade, la saison des pluies commence tardivement, vers la fin du mois de février pour finir vers la mi-Décembre. Les années après les épisodes El Niño sont les moins arrosées et curieusement les plus étalées durant ces observations.

Mots-clés : *évolution annuelle de la pluviométrie, débuts des saisons des pluies, fins des saisons des pluies, longueur de la saison des pluies, régime des précipitations, El Niño.*

Abstract

El Niño impact on the dynamics of spatial and temporal rainfall in the five agro-ecological zones of Cameroon from 1950 to 2010

This study is an analysis of the impact of El Niño episode on annual rainfall dynamics in the five agro-ecological zones of Cameroon. It is for us to do among others a comparative reading with the normal situation of rainfall in terms of its spread during the rainy season, of changing patterns of precipitation and the number of days of rainfall for the years before, during and after the El Niño episode from 1950 to 2010 in these agro-ecological zones. The study has also enabled the analysis of the evolution of the dates of the beginning and end of the rainy season for the years before, during and after the El Niño events in order to compare them with the normal years. The results of this study indicate that rainfall patterns in the years before, during and after the El Niño episode as well as its distribution over time on dates of the beginning and end of rainy season, the distribution of rainfall regimes, and the length of the rainy season vary from one agro-ecological zone to another. In the Sudano-Sahelian zone, no particular trend in terms of the beginning or end of the rainy season for the years before, during and after the El Niño events emerged. On the other hand, amounts of rainfall and the number of days of rainfall observed dropped for the years before, during and after the El Niño events on the 61 years of the study. With regards to the agro-ecological zone with bimodal rainfall, this study reveals a general deficit in amounts of precipitation and the number of days of rainfall compared to the average normal years before, during and after the El Niño events. In this zone, the small rainy season becomes longer and longer compared to the main rainy season. The upland zone witnessed an increase in the annual amount of rainfall and the number of days of rain for the years before, during and after the episodes. For this zone, rainfall starts in general between the months of March and April and ends around the month of October. This situation is very often accompanied by a shift in the rainy season, which is followed by an increase of its length, notably in Bafoussam and Bamenda. Contrary to this, Mamfe presents rather a shortening rainy season that drops very often from 08 to 07 months and a half for the years before and after the episodes. In the forest zone with a mono-modal rainy season, rainfall is more significant in the pre-El Niño episode years. In Douala especially for the pre-El Niño years, rainfall begins generally towards the end of the month of February and ends at the beginning of the month of December. The El Niño years instead present a simultaneous decrease in the dates of the beginnings and ends of rainy seasons. At this stage, the rainy season starts late, toward the end of the month of February to mid-December. The years after the El Niño episodes are those with less rainfall and curiously the most spread during these observations.

Keywords : *annual evolution of rainfall, beginning of the rainy season, end of the rainy season length of the rainy season, El Niño.*

1. Introduction

L'instabilité du climat est devenue l'une des préoccupations majeures des pays en ce début de XXI^{ème} siècle, du fait de l'impact des anomalies climatiques observées sur les activités humaines (l'agriculture, l'élevage, la pêche, les énergies, le tourisme, etc.) et sur les écosystèmes, notamment sur la faune, la flore, les ressources, etc. La succession des conférences internationales (notamment celles de Bali en 2007, de Poznam en 2008, de Copenhague en 2009, de Cancun en 2010, de Durban en 2011, de Doha en 2012, de Varsovie en 2013 et la Conférence des Partis (COP 21) de Paris en Décembre 2015) exprime l'importance et le regain d'intérêt de la communauté internationale sur les problèmes climatiques. Dans ses quatrième et cinquième rapports de 2007 et de 2013, le Groupe Intergouvernemental des Experts sur le Climat (GIEC) prévoit une diminution des pluies annuelles de 0,2 % à 0,3 % par décennie dans les régions intertropicales.

Les mêmes rapports présentent l'Afrique comme l'une des régions les plus vulnérables aux changements climatiques présents et futurs. Bien que la prise en compte de la problématique des Changements Climatiques soit peu perceptible dans la Vision 2035 et le Document Stratégique pour la croissance et l'Emploi (DSCE) [1], le Plan National d'Adaptation aux Changements Climatiques (PNAAC) [2], indique que les changements climatiques vont affecter les écosystèmes, et de nombreux secteurs d'activités économiques notamment : la production (agriculture, forêt, tourisme, pêche, etc.), les infrastructures (bâtiments, énergie, eau et assainissement), le développement humain (éducation, emploi, genre, etc.). D'où l'urgence pour répondre aux besoins immédiats et avenir, de proposer des voies d'intégration ou de renforcement de la prise en compte des Changements climatiques dans ces secteurs d'activité. La Seconde Communication Nationale sur les Changements Climatiques (SCNCC, 2015) [3] indique clairement que le changement climatique serait un obstacle majeur dans la réalisation des objectifs nationaux à moyen terme de développement, du fait que sur le plan économique, les options stratégiques de développement du Cameroun s'articulent autour de la sécurité alimentaire, de la sécurité énergétique pour soutenir le développement de l'industrie et le développement social, de la valorisation locale des importantes ressources naturelles disponibles. Ces trois secteurs constituent en matière de changement climatique, les principales sources nationales d'émissions des Gaz à Effet de Serre (estimées à environ à 29 599 GgEq. CO₂(SCNCC, 2015) [3]).

En prélude à ce travail, certaines études sur la dynamique spatiale et temporelle de la pluviométrie dans les cinq zones agro-écologiques du Cameroun ont été faites par les mêmes auteurs et les résultats de ces travaux ont été publiés dans des revues spécialisées (Open Science Repository, 2013 ; Afrique Science en 2014; Revist, 2014 et Revist, 2015). Les résultats de ces travaux viennent conforter le constat selon lequel la pluviométrie du Cameroun est en permanente instabilité. D'autres auteurs tels que [4, 5] estiment que l'une des causes de cette variabilité dans la région du littoral camerounais serait liée aux manifestations du phénomène El Niño dans le pacifique central. 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 phases d'inondations (2012, 2013 et 2015 dans les parties Septentrionale et Littorale du Cameroun), des sècheresses (2001, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 et 2015-2016) 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. L'analyse de l'impact des épisodes El Niño sur la dynamique pluviométrie à l'échelle annuelle de 1950 à 2010 dans les 05 zones agro écologiques du Cameroun est d'une grande utilité. Cette étude se propose :

- d'analyser l'impact des épisodes El Niño sur la distribution annuelle de la pluviométrie dans les cinq zones agro-écologiques du Cameroun ;
- d'analyser l'impact des épisodes El Niño sur la distribution saisonnière dates des débuts et des fins des saisons des pluies dans les cinq zones agro-écologiques du Cameroun ;
- d'établir l'impact des épisodes El Niño sur la dynamique de la forme des régimes pluviométriques dans les cinq zones agro-écologiques du Cameroun.

2. Méthodologie

2-1. Le choix de la zone d'étude et la collecte des données à observer

2-1-1. Le choix de la zone d'étude

Notre zone d'étude concerne les cinq zones agro-écologiques du Cameroun comme l'indique le **Tableau 1**.

Tableau 1 : Situation des zones agro-écologiques et des stations étudiées

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

2-1-2. Présentation des zones agro-écologiques du Cameroun

2-1-2-1. La zone agro-écologique soudano-sahélienne

C'est une zone de plaine faisant suite au massif de l'Adamaoua en direction du Nord dans un paysage qui évoque une aridité permanente. Les bassins de la Bénoué et du Tchad sont les parties les plus basses de cette zone qui est périodiquement soumise aux inondations en raison de son extrême platitude [6]. Cette basse plaine du Diamaré, constitue le seuil topographique qui marque la différence entre la cuvette de la Bénoué et la cuvette du Tchad. Selon cet auteur, il s'agit d'un vaste glacis de piedmont marqué par l'importance de l'ennoyage de type subaride et la présence de massifs rocheux (inselbergs) qui se font de plus en plus nombreux et compacts en direction des Monts Mandara. [7] fait référence au rôle de la mousson humide pour justifier la répartition des précipitations et des lignes de grains d'Est qui entretient les orages. Pour [8], c'est durant la longue saison sèche que ces plaines sont très souvent exposées au souffle desséchant de l'harmattan qui porte la marque d'une intense aridité.

2-1-2-2. La zone agro-écologique des hautes savanes guinéennes

C'est la zone par excellence de l'Adamaoua, selon [9] c'est un immense plateau dont les altitudes sont comprises entre 1000 et 1500 m. Ses rebords sont très escarpés et font place à des « falaises » dont les escarpements hardis domine localement les régions voisines. Une extension vers le Nord du domaine humide méridional de sorte que son escarpement Nord constitue ce que [10] qualifie de l'une des limites pluviométriques les plus nettes du pays. Cette pluviométrie encore relativement abondante autorise le développement d'une savane avec de hautes herbes périodiquement soumise aux feux pastoraux.

2-1-2-3. La zone agro-écologique forestière à pluviométrie bimodale

C'est le domaine du plateau sud-camerounais qui est une vaste unité de relief quasi subhorizontal avec des altitudes moyennes comprises entre 600 et 900 mètres [11]. Selon [12], sur l'ensemble de cette surface, prévaut un régime climatique bimodal qui entretient une forêt dense, aujourd'hui très éprouvée par l'homme. Le passage du plateau Sud-camerounais au littoral camerounais est plus aisé au Sud-ouest du pays à la latitude de Kribi. Par endroits, se dresse un escarpement très entaillé par de nombreux cours d'eau venant de l'intérieur du pays et qu'on peut suivre de l'embouchure du fleuve Ntem (sur la frontière avec la Guinée Equatoriale et le Gabon) jusque dans la vallée de la Cross-River dans la dépression de Manfé plus au nord [13].

2-1-2-4. La zone agro-écologique des hauts plateaux

La physionomie générale du relief des hauts plateaux est montagnarde, avec des sommets qui culminent entre 2000 et 3000 m d'altitude [14]. Toute cette région porte par ailleurs les marques du volcanisme dont les principaux édifices s'élèvent jusqu'à 3000 m. Les hautes terres sont dominées par de hauts plateaux, des massifs montagneux et des bassins d'effondrement [15]. Ces gros appareils volcaniques se terminent par endroits par des escarpements impressionnants qui jouxtent des plaines d'effondrement intramontagnardes taillées dans les boutonnières de socle. [10] fait un parallèle entre les contrastes pluviométriques et les contrastes thermiques. Selon lui, alors que les bas des versants sont des milieux humides et chauds, les sommets des montagnes sont au contraire relativement plus secs et plus frais. On retrouve ces caractéristiques climatiques sur l'ensemble des hautes terres qui se développent des plateaux de l'Ouest au plateau de l'Adamaoua avec une nette dégradation des conditions pluviométriques avec la latitude croissante. De plus, l'autre différence majeure entre les deux domaines est la densité de l'occupation humaine.

2-1-2-5. La zone forestière côtière à pluviométrie uni-modale

C'est une zone hyperhumide, la plus pluvieuse du pays qui s'ouvre sur l'Océan Atlantique. [16] divise cette zone en plusieurs secteurs : un secteur Nord très pluvieux, avec des précipitations comprises entre 4000 et 11000 mm/an de pluie, allant de l'embouchure du Nyong jusqu'à la frontière avec le Nigeria, d'un secteur Sud recevant en moyenne 2700 mm/an de pluie et se développant de l'embouchure du Nyong jusqu'à l'extrême sud du pays. Selon [17], l'abondance des précipitations dans le secteur Nord est liée à la position des montagnes comme le Mont Cameroun et les Monts Rumpi qui se dressent comme des obstacles au cheminement du flux de mousson atlantique, principal dispensateur des précipitations dans le pays. En ce qui concerne la répartition mensuelle des pluies, [18] évoquent la présence de deux types de régimes pluviométriques. Les stations recevant de plein fouet le flux de mousson connaissent pendant l'été boréal d'importantes précipitations dites « paroxysme pluviométrique » qui leur confère un régime simple à maximum unique. A ce stade à Douala, les mois les plus pluvieux sont Août, Septembre ou Octobre. De l'embouchure du Nyong au Rio Campo, s'étend le domaine des climats équatoriaux camerounais littoral à 4 saisons. Selon [19], les deux saisons des pluies sont encore fortement marquées par la forte influence de la mousson : 4 mois enregistrent plus de 2000 mm de pluies et les totaux enregistrés en Septembre et en Octobre atteignent presque 400 mm. Le fléchissement pluvial des mois de juillet et d'Août qui détermine le caractère bimodal du régime correspond à la lutte d'influence entre la mousson et l'alizé austral. Ce dernier bien individualisé sur les eaux froides de Benguela près du littoral se glisse en été, entre l'air de mousson et l'air équatorial continental à la faveur de la migration vers le nord du FIT.

2-2. Position et localisation des zones agro-écologiques du Cameroun

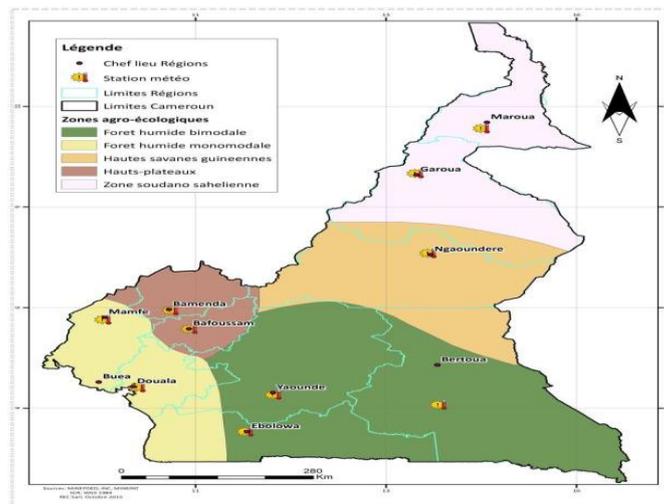


Figure 1 : Localisation des zones agro-écologiques
Source : MINEPDED, 2012

2-3. La collecte des données climatiques

Les données climatiques journalières et mensuelles utilisées pour cette étude dans les cinq zones agro-écologiques du Cameroun proviennent toutes de la Direction de la Météorologie Nationale à Yaoundé qui est le principal collecteur des données climatiques au Cameroun. Les données utiles à l'étude ont été traitées grâce aux logiciels Excel, SPSS version 12.0, R-Clim-dex.

2-4. Analyse des données collectées

2-4-1. Calcul de la moyenne annuelle des précipitations et du nombre de jour des pluies

La moyenne annuelle des précipitations est obtenue d'après les équations suivantes : $P_m = \sum(P_x) / N_b$ avec : P_x = volume annuel des pluies recueillies dans chaque station en mm ; N_b = nombre total de mois ; P_m = précipitation moyenne annuelle en mm ; avec $1 \leq b \leq 12$. Le nombre moyen de jour des pluies est obtenue d'après l'équation statistique : $N_a = \sum(N_y) / N_b$, avec : N_a = nombre annuel moyen de jour des pluies en jours ; N_y = nombre annuel de jour des pluies enregistrées par station en jour, avec $1 \leq b \leq 48$.

2-5. Détermination de la droite de régression de la pluviométrie dans les cinq zones agro-écologiques du Cameroun

La droite de régression de la pluviométrie est définie d'après l'équation suivante : $Y = Ax + B$ avec $A = \text{cov}(x, y) / X^2$ et $B = m(y) - a_m(x)$, avec : A est la pente de la droite de régression par rapport à l'axe des x ; B est la coordonnée verticale de l'intersection entre la droite de régression et l'axe des ordonnées y .

2-6. Détermination des dates des débuts et des fins des pluies dans les cinq zones agro-écologiques du Cameroun.

Dans le cadre de cette étude, les dates des débuts des saisons des pluies sont déterminées en utilisant le critère le premier jour, à partir du premier Janvier 1950, lorsqu'on enregistre plus de 20 mm de pluies en 1 ou 2 jours successifs mais sans épisode sec de plus de 7 jours dans les 30 jours qui suivent les semis [20].

Les dates des fins des saisons des pluies sont déterminées lorsqu'on enregistre moins de 20 mm de pluies en fin de saison des pluies.

2-7. El Niño et ses conséquences à l'échelle globale

El Niño tient sa renommée des catastrophes climatiques qu'il engendre et qui ont déjà causées des milliers de morts, inondations (de 1982 - 1983) sur l'Est et le Centre du Pacifique, du Pérou aux côtes pacifiques de l'Amérique du Nord ; cyclones à répétition en Polynésie (en 1982 - 1983, 25 000 sinistrés après que Tahiti et les îles voisines eurent été touchées par six cyclones dévastateurs) ; les vagues de froid exceptionnelles qui touchèrent le centre des Etats-Unis durant l'hiver 93 ; terribles sécheresses de 1982 - 1983 en l'Afrique Australe, en Australie touchée par des feux de brousse et de gigantesques tempêtes de sable, en Indonésie touchée par une famine. L'apparition d'un épisode El Niño à l'échelle du bassin océanique a une incidence sur les régimes climatiques auxquels il faut s'attendre dans de nombreuses régions du monde. "Ces deux manifestations du même phénomène perturbent la configuration habituelle des précipitations ainsi que la circulation atmosphérique aux latitudes tropicales et peuvent avoir des répercussions à grande échelle sur le climat dans de nombreuses régions du monde" [21]. Pendant les épisodes El Niño, les températures de surface de la mer sont bien supérieures à la normale au centre et à l'est du Pacifique tropical. Ces variations de température sont étroitement corrélées avec d'importantes fluctuations du climat observées dans le monde entier [22].

3. Résultats

3-1. Influence des épisodes El Niño sur la pluviométrie dans les cinq zones agro-écologiques du Cameroun

[23] démontrent qu'il existe une interaction entre les courants marins chauds du pacifique et de l'atlantique et la circulation atmosphérique globale. Pour [24], ces perturbations d'échelle planétaire affectent toute la zone équatoriale et au-delà. El Niño est une variation saisonnière et périodique du climat dû au couplage entre les phénomènes atmosphériques et océaniques de l'océan pacifique. Ce phénomène météorologique très complexe affecte aussi le Cameroun.

3-1-1. *Episodes El Niño et la pluviométrie dans la zone soudano-sahélienne du Cameroun de 1950 à 2010*

La dynamique des quantités de pluies varie différemment dans cette bande soudano-sahélienne. A l'exception de Maroua qui enregistre des quantités de pluies excédentaires les années El Niño, toute la zone soudano-sahélienne du Cameroun connaît un déficit général des quantités de pluies tombées les années avant, pendant et après l'épisode. La zone soudano-sahélienne enregistre ses premières pluies entre la fin du mois d'Avril et la mi-Mai pour se terminer entre le mois de Septembre et le mois d'Octobre. La distribution des dates des débuts des saisons des pluies n'est pas uniforme partout dans la soudano-sahélienne. Le **Tableau 2a** indique que Maroua reçoit la totalité de ses premières pluies au mois de Mai. En ce qui concerne les années avant et pendant les épisodes El Niño, 62,5 % des premières pluies sont identifiées avant les 15 premiers jours du mois d'Avril. Au même moment, les premières pluies seront perceptibles à Garoua (**Tableau 2b**) située un peu plus au Sud de la zone soudano-sahélienne entre la mi-Avril et la mi-Mai. Ces pluies s'achèvent entre la fin du mois de Septembre et la mi-October en ce qui concerne les années avant, pendant et après les épisodes El Niño.

Tableau 2a : Les épisodes El Niño et les dates des débuts des saisons des pluies à Maroua dans la zone soudano-sahélienne du Cameroun

Mois	Dates début des saisons des pluies (jour de l'année)	Avant El Niño	Pendant El Niño	Après El Niño
Mai	121-130	28 %	18 %	32 %
Mai	131-140	18,5 %	58 %	18 %
Mai	141-150	53,5 %	24 %	50 %
Du début à la fin de la saison des pluies	121-150	100 %	100 %	100 %

Tableau 2b : Les épisodes El Niño et les dates des débuts des saisons des pluies à Garoua dans la zone soudano-sahélienne du Cameroun

Mois	Dates débuts saisons des pluies (jour de l'année)	Avant El Niño	Pendant El Niño	Après El Niño
Avril	101 - 110	31 %	50 %	62,5 %
Avril	111 - 120	25 %	18,75 %	6,25 %
Mai	121 - 130	25 %	18,75 %	25 %
Mai	131 - 140	18,75 %	12,5 %	6,25 %
Du début à la fin de la saison des pluies	101 - 140	100 %	100 %	100 %

Les dates des fins des saisons des pluies ne sont pas uniformes dans la zone soudano-sahélienne du Cameroun (*Tableau 3a*). Elles s'arrêtent entre la fin du mois d'Août et le début du mois de Septembre à Maroua les années avant, pendant et après les épisodes El Niño. A Garoua (*Tableau 3b*) au contraire, les pluies finissent un peu plus tard, entre la fin du mois de Septembre et le début du mois d'Octobre, soit un mois un peu plutôt qu'à Maroua.

Tableau 3a : Les épisodes El Niño et les dates des fins des saisons des pluies à Maroua dans la zone soudano-sahélienne du Cameroun

Mois	Dates fins des saisons des pluies (jour de l'année)	Avant El Niño	Pendant El Niño	Après El Niño
Septembre	261 - 270	68,75 %	12,5 %	31,25 %
Octobre	271 - 280	31,25 %	63 %	31,25 %
Octobre	281 - 290	0,0 %	24,5 %	37,50 %
Du début à la fin de la saison des pluies	261 - 290	100 %	100 %	100 %

Tableau 3b: Les épisodes El Niño et les dates des fins des saisons des pluies à Garoua dans la zone soudano-sahélienne du Cameroun

Mois	Dates fins des saisons des pluies (jour de l'année)	Avant El Niño	Pendant El Niño	Après El Niño
Septembre	271 - 280	0,0 %	37 %	18,75 %
Octobre	281 - 290	50 %	31,5 %	31,25 %
Octobre	291 - 300	50 %	31,5 %	50 %
Du début à la fin	271 - 300	100 %	100 %	100 %

Les quantités de pluies enregistrées diminuent progressivement les années avant les épisodes El Niño dans la zone soudano-sahélienne. Au même moment, on observe une nette diminution du nombre de jours des pluies à Maroua (**Figure 4a**), tandis que cette variable augmente légèrement à Garoua (**Figure 4b**). En ce qui concerne la distribution des dates des débuts et des fins des saisons des pluies, il est noté que les pluies commencent à Maroua avec une avance de 27 jours en moyenne pour la sous période qui va de 1977 à 2010 par rapport à la sous période qui va de 1950 à 1976. Il ressort aussi que les fins des saisons des pluies connaissent une dizaine de jours de retard par rapport à la moyenne normale sur la même période. La **Figure 4b** révèle que, les pluies sont de plus en plus précoces à Garoua et finissent de plus en plus tardivement, vers la fin du mois d'Octobre.

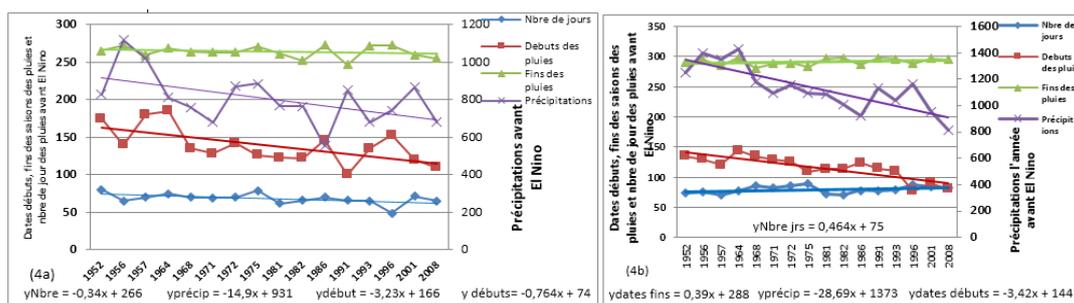


Figure 4 (a et b) : Les précipitations, le nombre de jour des pluies enregistrées et les dates des débuts des saisons des pluies respectivement à Maroua (a) et à Garoua (b) les années avant les épisodes El Niño de 1950 à 2010

Longueur de la saison des pluies augmente sur toute la bande soudano-sahélienne du Cameroun. La saison de pluies dure en moyenne 125 jours de pluies par an à Maroua (autour de 4 mois) (**Figure 5a**), pendant qu'elle atteint les 176 jours de pluies à Garoua (environ 06 mois) (**Figure 5b**), soit surplus de 51 jours par rapport à Maroua. L'analyse de l'évolution des écarts à la moyenne de la longueur des saisons des pluies indique que les années qui enregistrent les plus longues saisons des pluies ne coïncident pas dans toute la zone soudano-sahélienne, en ce qui concerne les années avant les épisodes El Niño. C'est le cas de l'année 1991 qui enregistre une saison des pluies qui s'étale sur 147 jours à Maroua, pendant que la plus longue saison des pluies qui dure 211 jours, ne sera visible à Garoua qu'en 1996. L'étude révèle que l'année 1957 enregistre le plus fort déficit, soit 45 jours de pluies par rapport à la moyenne normale à Maroua tandis que ce n'est qu'en 1968 que le plus fort déficit sera observé à Garoua, soit 30 jours en moins par rapport à la moyenne.

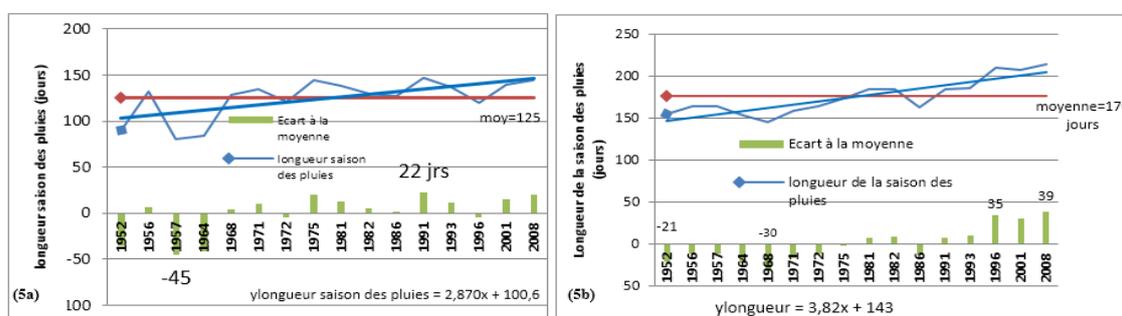


Figure 5 (a et b) : La longueur des saisons des pluies respectivement à Maroua (a) et à Garoua (b) les années avant les épisodes El Niño de 1950 à 2010

Les équations de régression (**Figure 6**) confirment une nette diminution des quantités de pluies sur la bande soudano-sahélienne. Pendant ce temps, le nombre de jour des pluies présente une évolution très contrastée.

Il est en augmentation à Maroua (**Figure 6a**), tandis qu'il est en diminution à Garoua pendant les épisodes El Niño (**Figure 6b**). L'observation des dates des débuts et des fins de saison des pluies qui ne se comportent pas de la même manière sur toute cette zone. Les pluies commencent tardivement à Maroua, tandis qu'elles commencent précocement à Garoua les années pendant les épisodes El Niño. Elles finissent en général tardivement sur toute la bande zone.

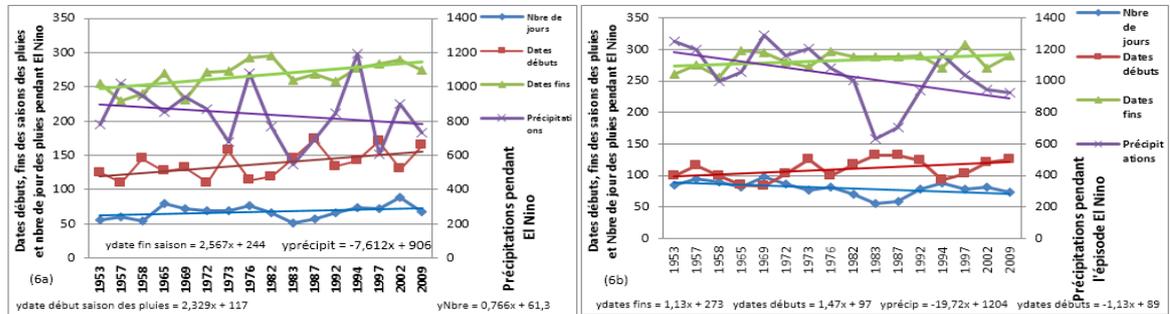


Figure 6a : Les dates des débuts des saisons des pluies à Maroua (a) et à Garoua (b) pendant les épisodes El Niño de 1950 à 2010

Les observations montrent que la longueur des saisons des pluies ne se comporte pas de la même façon sur la bande soudano-sahélienne. Les saisons des pluies se rallongent à Maroua, tandis qu'elles sont en permanente régression à Garoua les années El Niño. Maroua enregistre 129 jours de pluies par an, tandis que Garoua enregistre 173 pendant les dites épisodes. Les années les plus longues ne coïncident pas sur toute la bande soudano-sahélienne. Il en est de même pour les années ayant les saisons des pluies les plus courtes. A Maroua par exemple, les années 1976 et 1982 enregistrent les saisons des pluies les plus longues, soient respectivement 178 et 176 jours (environ 06 mois de pluies). Pendant Au même moment, les années 1958 et 1987 enregistrent les saisons des pluies les plus courtes, soient respectivement 95 et 94 jours de pluies. Un peu plus au Sud à Garoua, les années 1965 et 1969 enregistrent les saisons des pluies les plus longues, soit respectivement 40 et 39 jours de pluies de plus que la moyenne. Tandis que les années 1973 et 2002 sont les moins étalées avec respectivement 27 et 23 jours de pluies en moins par rapport à la moyenne normale.

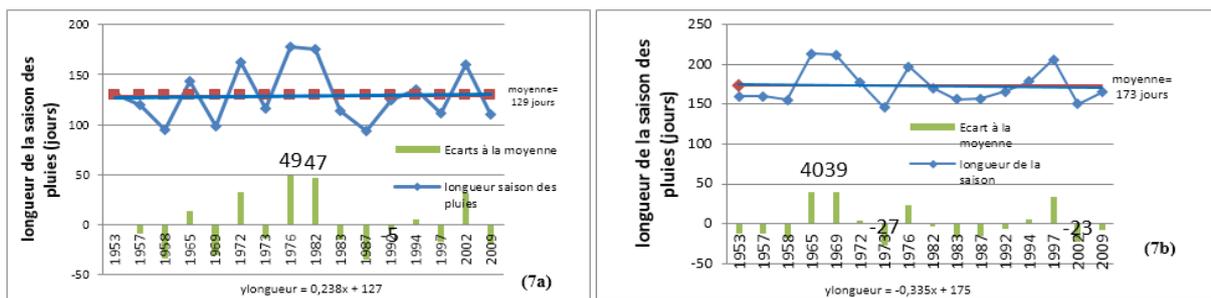


Figure 7(a et b) : La longueur des saisons des pluies à Maroua (a) et à Garoua (b) pendant les épisodes El Niño de 1950 à 2010

D'après la **Figure 8a**, les années après les épisodes El Niño sont de plus en plus arides à Maroua tandis qu'elles sont très arrosées à Garoua. Par ailleurs, il est noté que les pluies arrivent précocement et finissent précocement à Maroua. A l'opposé, les mêmes pluies commencent tardivement et finissent précocement à Maroua. Cette différence observable entre les deux villes montre qu'une instabilité dans la distribution des dates des débuts et des fins des saisons des pluies dans la zone soudano-sahélienne les années après les épisodes El Niño.

Contrairement à la précédente, la **Figure 8b** montre que les quantités de pluies tombées sont en nette augmentation à Garoua les années après les épisodes El Niño, pendant que le nombre de jour des pluies est en régression. Cette augmentation est surtout occasionnée par l'année 1984 qui a été très arrosée, avec un total pluviométrique qui a atteint le record de 1459 mm de pluies, tombées sur une période de temps très courte (autour de 102 jours). A l'opposé, l'année 1983 a été la moins arrosée (631 mm de pluies) et la moins étalée (55 jours). La même **Figure** montre un léger déplacement de la saison des pluies. Elles commencent de plus en plus tard et finissent plus tôt, entraînant une modification de la longueur de la saison des pluies.

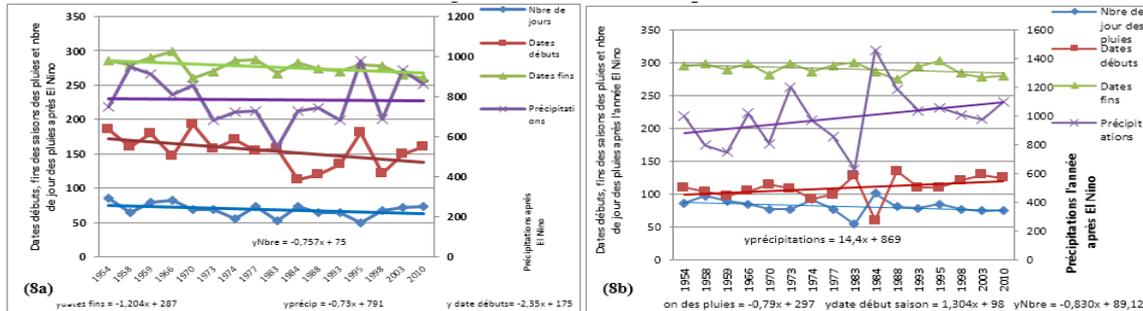


Figure 8 (a et b) : Les dates des débuts des saisons des pluies à Maroua (a) à Garoua (b) les années après les épisodes El Niño de 1950 à 2010

La longueur des saisons des pluies est instable sur toute la zone soudano-sahélienne. Elle se rallonge à Maroua (**Figure 9a**), tandis qu'elle se rétrécit à Garoua (**Figure 9b**). La moyenne annuelle est de 122 jours (4 mois) de pluies par an à Maroua tandis qu'elle est de 181 jours (6 mois) de pluies par an à Garoua, soit un surplus de 59 jours de plus par rapport à Maroua. A Maroua, les années 1984 et 1988 enregistrent les plus longues saisons des pluies qui durent respectivement 170 et 157 jours. A l'opposé, l'année 1968 enregistre la plus courte saison des pluies qui ne dure que 68 jours. Par ailleurs, la période 1977 à 2010 enregistre 18 jours de plus que la période 1954 à 1974, confirmant ainsi le rallongement de la saison des pluies à Maroua.

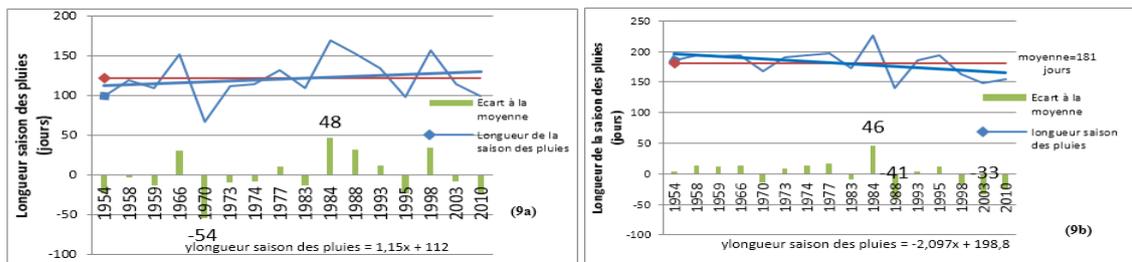


Figure 9 (a et b) : La longueur des saisons des pluies respectivement à Maroua (a) et à Garoua (b) les années après les épisodes El Niño de 1950 à 2010

3-1-2. Les formes des régimes des précipitations dans la zone soudano-sahélienne et les épisodes El Niño

La dynamique des quantités de pluies s'accompagne d'une forte instabilité dans la distribution des formes de précipitations sur toute la zone soudano-sahélienne du Cameroun les années avant, pendant et après les épisodes El Niño. Le **Tableau 4** indique que malgré l'instabilité du climat observée dans cette zone, le régime pluviométrique est resté majoritairement monomodal à Garoua les années avant, pendant et après les épisodes El Niño. Il est plus significatif à Maroua, avec 88 % des cas observés contre 75 % des cas identifiés à Garoua les années avant les épisodes.

Les années pendant les épisodes El Niño, enregistrent 88 % des cas de ce régime à Maroua et seulement 68,75 % des cas à Garoua. Par ailleurs, le régime monomodal est très significatif les années après les épisodes à Garoua qui représente 93,75 % des cas. Bien moins significatifs, le régime bimodal arrive au second plan et, représentent 12,5 % des cas les années avant les épisodes à Maroua et à Garoua. Ce régime atteint 25 % les années pendant les épisodes El Niño à Garoua contre seulement 12 % à Maroua.

Tableau 4 : Les épisodes El Niño et les formes des régimes des précipitations dans la zone soudano-sahélienne du Cameroun

Zone soudano-sahélienne	Avant El Niño		Pendant El Niño			Après El Niño	
	Monomodal	Bimodal	Monomodal	Bimodal	Plurimodal	Monomodal	Bimodal
Maroua	88%	12%	88%	12%	0%	87,5%	12,5%
	1952, 1956, 1957, 1968, 1971, 1972, 1975, 1981, 1982, 1986, 1991, 1996, 2001, 2008	1964, 1981	1953, 1957, 1958, 1965, 1969, 1972, 1973, 1982, 1983, 1992, 1994, 1997, 2002, 2009	1976, 1987		1958, 1959, 1966, 1970, 1973, 1974, 1977, 1983, 1988, 1993, 1995, 1998, 2003, 2010	1954, 1984
Garoua	87,5%	12,5%	68,75%	25%	6,25%	93,75%	6,25%
	1952, 1956, 1957, 1968, 1971, 1972, 1975, 1982, 1986, 1991, 1996, 2008	1964, 1981	1953, 1957, 1965, 1969, 1972, 1982, 1983, 1987, 1992, 1997, 2009	1958, 1973, 1976, 2002	1994	1958, 1959, 1966, 1970, 1971, 1973, 1974, 1977, 1983, 1988, 1993, 1995, 1998, 2003, 2010	1979

3-1-3. Les épisodes El Niño et le comportement de la pluviométrie à Ngaoundéré dans la zone des hautes savanes guinéennes de 1950 à 2010

Les précipitations sont en majorité excédentaires dans la zone des hautes savanes guinéennes les années avant et pendant les épisodes El Niño. Sur les 16 cas recensés, 09 années sont excédentaires les années avant et pendant les épisodes et, 08 années seulement sont excédentaires les années après les épisodes El Niño. Le **Tableau 5a** indique qu'en ce qui concerne la zone des hautes savanes guinéennes, les pluies commencent à Ngaoundéré entre le début du mois de Mars et la fin du mois d'Avril pour les années avant, pendant et après l'épisode, réparties de la manière suivante : 62,5 % des cas entre le 91^{ème} et le 110^{ème} jour de l'année pour les années avant les épisodes ; 56,25 % des cas pendant et après les épisodes El Niño. Le **Tableau 5b** relève que les dates des fins des saisons des pluies sont le plus concentrées entre le début du mois d'Octobre et le début du mois de Novembre.

Tableau 5a : Les dates des débuts des saisons des pluies à Ngaoundéré et épisodes El Niño

Mois	Dates débuts saisons des pluies (jour de l'année)	Avant El Niño	Pendant El Niño	Après El Niño
Mars	61 - 70	12,5 %	6,25 %	6,25 %
Mars	71 - 80	12,5 %	18,75 %	0,0 %
Mars	81 - 90	6,25 %	18,75 %	31,25 %
Avril	91 - 100	37,5 %	25 %	37,5 %
Avril	101 - 110	25 %	31,25 %	18,75 %
Avril	111 - 120	6,25 %	0,0 %	6,25 %
Du début à la fin de la saison des pluies		61 - 120	100 %	100 %

Tableau 5b: Les dates des fins des saisons des pluies à Ngaoundéré et épisodes El Niño

Mois	Dates fins des saisons des pluies (jour de l'année)	Avant El Niño	Pendant El Niño	Après El Niño
Octobre	271 - 280	6,25 %	0,0 %	12,5 %
Octobre	281 - 290	25 %	18,75 %	18,75 %
Octobre	291 - 300	31,25 %	12,5 %	68,75 %
Novembre	301 - 310	37,50 %	68,75 %	0,0 %
Du début à la fin de la saison des pluies	271 - 310	100 %	100 %	100,00 %

La zone des hautes savanes guinéennes est caractérisée par une unique saison des pluies entre les mois de Mars et le mois d'Octobre. Ngaoundéré connaît une diminution des quantités de pluies et du nombre de jours des pluies les années avant et pendant les épisodes El Niño (*Figure 10a et 10b*). La distribution des dates des débuts et des fins des saisons des pluies pour cette zone montre que les débuts des saisons des pluies sont de plus en plus précoces et, leurs fins également sont de plus en plus précoces. La distribution observée des dates des débuts et des fins des saisons des pluies s'accompagne d'un déplacement régulier de celles-ci.

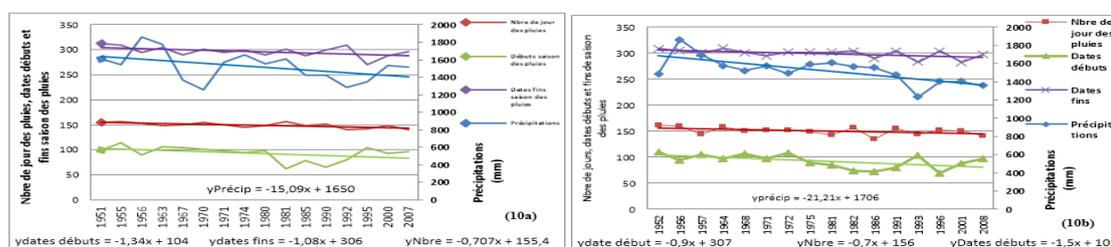


Figure 10 (a et b) : Les dates des débuts, des fins de saison des pluies, les quantités de pluies et le nombre de jours des pluies tombées à Ngaoundéré les années avant (a) et pendant (b) les épisodes El Niño de 1950 à 2010

La *Figure 10c* indique une diminution des quantités de pluies, pendant que le nombre de jour des pluies est en augmentation les années après les épisodes El Niño. Quant à l'évolution de la longueur de la saison des pluies, les années avant les épisodes El Niño, la saison des pluies dure en moyenne 206 jours, soit 07 mois environ. Pendant cette phase, l'année 1996 présente la plus longue saison des pluies qui enregistre un excédent de 29 jours par rapport à la moyenne normale. Au même moment, l'année 1993 est reconnue comme présentant la plus courte saison des pluies, avec un déficit de 27 jours par rapport à la moyenne normale. Les années El Niño enregistrent un déficit de 02 jours de pluies en moins que les années avant les épisodes. En ce qui concerne le nombre de jour des pluies pour les années El Niño, l'année 1981 est la plus étalée avec un excédent de 35 jours de pluies de plus que la moyenne, alors que l'année 1995 présente la saison des pluies la moins étalée, avec un déficit de 38 jours de pluies par rapport à la moyenne normale. Les années après les épisodes El Niño sont en général les moins étalées. Elles enregistrent 08 jours de pluies de plus que les années avant les épisodes.

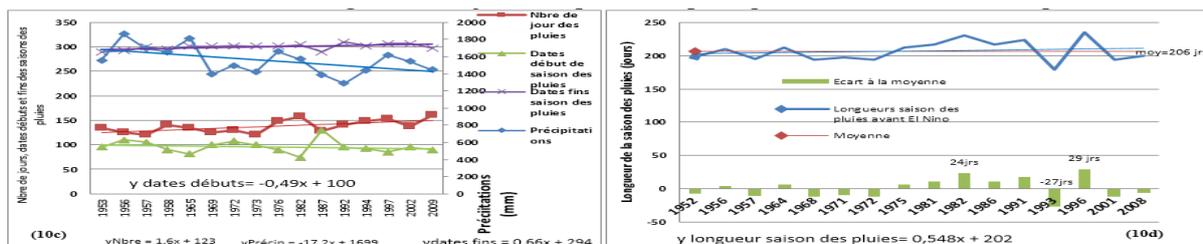


Figure 10 (c et d) : Les dates des débuts, des fins de saison des pluies, les quantités de pluies tombées, le nombre de jour des pluies (c) et la longueur des saisons des pluies (d) les années après les épisodes El Niño

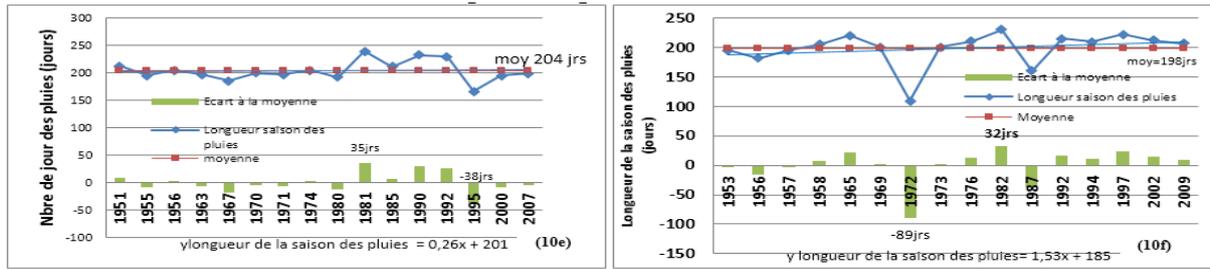


Figure 10 (e et f) : La longueur des saisons des pluies à Ngaoundéré dans la zone de savane guinéenne les années pendant (e) et après (f) les épisodes El Niño de 1950 à 2010

3-1-4. Les épisodes El Niño et la forme des régimes des précipitations dans la zone de haute savane guinéenne

Le **Tableau 6** met en exergue les formes des précipitations observables à Ngaoundéré. Il ressort que le régime monomodal reste le plus présent pour les années avant, pendant et après les épisodes El Niño. D'ailleurs pour la période de l'étude, il représente 87,5 % des cas pour les années avant et pendant les épisodes, et atteint 93,75 % des cas les années après El Niño.

Tableau 6 : Les épisodes El Niño et les formes des régimes des précipitations dans la zone de haute savane guinéenne

Région de Ngaoundéré dans la zone de haute savane guinéenne	Avant El Nino		Pendant El Nino		Après El Nino	
	Monomodal	Bimodal	Monomodal	Bimodal	Monomodal	Bimodal
En pourcentage (%)	87,50 %	12,5 %	87,5 %	12,5 %	93,75 %	6,25 %
Années	1952, 1956, 1957, 1964, 1968, 1971, 1972, 1975, 1981, 1982, 1991, 2001, 2008	1986, 1996	1953, 1957, 1958, 1965, 1969, 1972, 1973, 1976, 1982, 1983, 1987, 1994, 1997, 2009	1992, 2002	1954, 1958, 1959, 1966, 1970, 1973, 1974, 1977, 1983, 1984, 1993, 1995, 1998, 2003, 2010	1988

3-1-5. Les épisodes El Niño et le comportement de la pluviométrie dans la zone de forêt à pluviométrie bimodale

La zone forestière à pluviométrie bimodale est très déficitaire les années avant et pendant les épisodes El Niño. Ce déficit est très variable de part et d'autres dans la même zone. Bertoua enregistre les plus forts déficits, soit 14 jours en moins par rapport à la moyenne normale, suivie d'Ebolowa, 12 jours par rapport à la moyenne et Yaoundé, 10 jours en moins par rapport à la moyenne normale les années avant l'épisode El Niño. Le **Tableau 7a** indique qu'en général dans cette zone forestière à pluviométrie bimodale, les débuts des petites saisons des pluies sont très visibles à partir de la mi-février. Par ailleurs, ces débuts de saison des pluies ne sont pas uniformes les années avant, pendant et après les épisodes El Niño. Pour les années avant les dites épisodes, les débuts des petites saisons des pluies sont visibles entre la mi-février et le début du mois de Mars, pour s'achever entre la fin du mois de Mai et le début du mois d'Août à Yaoundé et à Ebolowa (**Tableau 7b**). Contrairement à cela, Bertoua présente une petite saison des pluies qui débute à la première quinzaine du mois de Mars pour s'achever en début du mois d'Août. Pendant les épisodes El Niño, la zone forestière à pluviométrie bimodale enregistre ses premières pluies entre la mi-février et le début du mois de Mars, pour s'achever autour du mois d'Août.

Bertoua enregistre les premières pluies pendant la petite saison des pluies entre le mois de Mars et mois d'Avril, pour s'achever en début du mois d'Août. En ce qui concerne les années après les épisodes, les dates des débuts des saisons des pluies sont de plus en plus précoces, avant la première quinzaine du mois de Mars pour l'ensemble de la zone forestière. Par ailleurs, Yaoundé et Ebolowa enregistrent leurs premières pluies entre le début du mois de Février et le début du mois de Mars pour s'achever entre la fin du mois de Juillet et le début du mois d'Août. A l'opposé à Bertoua, les premières pluies n'apparaissent qu'à la mi-Mars pour s'achever entre Juillet et Août.

Tableau 7a : Les épisodes El Niño et les dates des débuts des petites saisons des pluies dans la zone forestière à pluviométrie bimodale

Dates des débuts de la petite des saisons des pluies		Avant l'épisode El Niño			Pendant l'épisode El Niño			Après l'épisode El Niño		
Mois	Jours de l'année	Yaoundé	Bertoua	Ebolowa	Yaoundé	Bertoua	Ebolowa	Yaoundé	Bertoua	Ebolowa
Janvier-Février	31 - 40	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	25 %	0,00 %	0,00 %	6,25 %
Février	41 - 50	56,25 %	0,00 %	37,50 %	31,25 %	0,00 %	31,25 %	12,50 %	0,00 %	37,50 %
Février-Mars	51 - 60	43,75 %	0,00 %	31,25 %	12,50 %	0,00 %	12,50 %	36,25 %	0,00 %	25 %
Mars	61 - 70	0,00 %	56,25 %	31,25 %	37,50 %	37,50 %	31,25 %	45 %	31,25 %	31,25 %
Mars	71 - 80	0,00 %	6,25 %	0,00 %	12,50 %	25 %	0,00 %	6,25 %	25 %	0,00 %
Mars	81 - 90	0,00 %	31,25 %	0,00 %	6,25 %	18,75 %	0,00 %	0,00 %	25 %	0,00 %
Avril	91 - 100	0,00 %	6,25 %	0,00 %	0,00 %	18,75 %	0,00 %	0,00 %	18,75 %	0,00 %
Du début à la fin de la saison des pluies	31 - 100	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Tableau 7b : Les épisodes El Niño et les dates des fins des petites saisons des pluies dans la zone forestière à pluviométrie bimodale

Dates des fins des petites des saisons des pluies		Avant l'épisode El Niño			Pendant l'épisode El Niño			Après l'épisode El Niño		
Mois	Jours de l'année	Yaoundé	Bertoua	Ebolowa	Yaoundé	Bertoua	Ebolowa	Yaoundé	Bertoua	Ebolowa
Avril-Mai	121 - 130	0,00 %	31 %	0,00 %	0,00 %	12,50 %	0,00 %	0,00 %	6,25 %	0,00 %
Mai	141 - 150	0,00 %	6,25 %	6,50 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
Mai	151 - 160	12,50 %	6,25 %	12,50 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	12,50 %	0,00 %	18,75 %
Juin	171 - 180	18,75 %	18,75 %	0,00 %	12,50 %	25,00 %	6,25 %	43,75 %	6,25 %	6,25 %
Juin	181 - 190	0,00 %	6,25 %	25,00 %	29,00 %	0,00 %	19,00 %	0,00 %	6,25 %	18,75 %
Juin-Juillet	191 - 200	31,25 %	6,25 %	18,75 %	6,25 %	6,50 %	31,00 %	18,75 %	12,50 %	13 %
Juillet	201 - 210	12,50 %	12,50 %	6,50 %	12,50 %	12,00 %	12,50 %	6,25 %	41,25 %	31,25 %
Juillet	221 - 230	18,75 %	6,25 %	18,25 %	33,50 %	6,50 %	6,25 %	12,50 %	6,25 %	12,00 %
Août	241 - 250	6,25 %	6,25 %	12,50 %	6,25 %	37,50 %	25 %	6,25 %	21,25 %	0,00 %
Du début à la fin de la saison des pluies	121 - 250	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Le **Tableau 8a** révèle que la grande saison des pluies commence en général entre les mois de Mai et Juin dans la zone forestière à pluviométrie bimodale et, s'arrête entre les mois d'Octobre et Décembre. Il ressort aussi que comportement pluviométrique de la grande saison des pluies n'est pas resté uniforme sur la zone forestière. A Yaoundé par exemple, la grande saison des pluies commence tardivement (mois de Juin) pour s'arrêter entre les mois d'Octobre et de Novembre.

Par ailleurs, les grandes saisons des pluies commencent le plus entre les mois de Juin et les mois de Juillet à Ebolowa pour les années avant et pendant les épisodes El Niño. Les années après les dites épisodes sont très pluvieuses (25 % entre le 201^{ème} et le 210^{ème} jour de l'année), ce qui correspond à la fin du mois de Juin et le début du mois de Juillet. Ces pluies s'arrêtent entre les mois d'Octobre et Décembre. Pendant les phases El Niño, 37,5 % des fins des saisons des pluies sont identifiées au mois de Novembre. En ce qui concerne Bertoua, la grande saison des pluies commence différemment les années avant, pendant et après les épisodes El Niño. Les résultats du **Tableau 8b** indiquent des débuts des grandes saisons des pluies visibles entre la fin du mois de Mai et la fin du mois d'Août, soit 50 % des cas identifiées au cours de cette période. Pendant la phase El Niño, les premières pluies en ce qui concerne la grande saison, sont observées entre la fin du mois de Mai et la fin du mois d'Août, soit durant 04 mois. Cette période concentre 56 % des premières pluies entre la fin du mois de Juillet et le début du mois d'Août (soit un mois et demi en moyenne). Ces pluies s'achèvent pour la plupart des cas entre la fin du mois d'Octobre et le début du mois de Décembre.

Tableau 8a : Les épisodes El Niño et les dates des débuts des grandes saisons des pluies dans la zone forestière à pluviométrie bimodale

Dates des débuts de la grande saison des pluies		Avant l'épisode El Niño			Pendant l'épisode El Niño			Après l'épisode El Niño		
Mois	Jours de l'année	Yaoundé	Bertoua	Ebolowa	Yaoundé	Bertoua	Ebolowa	Yaoundé	Bertoua	Ebolowa
Avril-Mai	141 - 150	0,00%	0,00 %	0,00 %	0,0 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	12,50 %	12,50 %
Mai	151 - 160	0,00%	0,00 %	0,00 %	12,50 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	6,25 %	6,25 %
Mai	161 - 170	12,5%	6,25 %	0,00 %	6,25 %	12,50 %	6,25 %	0,00 %	12,50 %	0,00 %
Mai-Juin	171 - 180	12,5%	6,25 %	6,25 %	6,25 %	0,00 %	18,75 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
Juin	181 - 190	18,75 %	0,00 %	6,25 %	12,50 %	12,50 %	18,75 %	31,25 %	12,50 %	6,25 %
Juin	191 - 200	6,25 %	18,75 %	12,50 %	6,25 %	0,00 %	12,50 %	25,00 %	25 %	0,00 %
Juin-Juillet	201 - 210	6,25 %	6,25 %	6,25 %	6,25 %	12,50 %	6,25 %	12,50 %	6,25 %	25 %
Juillet	211 - 220	18,75 %	25 %	12,50 %	18,75 %	25 %	0,00 %	6,25 %	18,75 %	12,50 %
Juillet	221 - 230	25 %	12,50 %	25 %	31,25 %	18,75 %	25 %	25 %	0,00 %	12,50 %
Juillet-Août	231 - 240	0,00 %	18,75 %	0,00 %	0,00 %	12,50 %	0,00 %	0,00 %	6,25 %	6,25 %
Août	241 - 250	0,00 %	6,25 %	6,25 %	0,00 %	6,25 %	6,25 %	0,00 %	0,00 %	6,25 %
Août-Septembre	261 - 270	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	6,25 %
Septembre-Octobre	291 - 300	0,00 %	0,00 %	6,25 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
Octobre-Novembre	321 - 330	0,00 %	0,00 %	18,75 %	0,00 %	0,00 %	6,25 %	0,00 %	0,00 %	6,25 %
Du début à la fin de la saison des pluies	141 - 330	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

La pluviométrie est en une baisse générale les années avant les épisodes El Niño dans toute la zone forestière à pluviométrie bimodale entre 1950 et 2010. Cette baisse s'accompagne d'une modification de la structure des saisons. A Yaoundé, les petites et les grandes saisons des pluies arrivent précocement et, finissent tardivement (**Figure 11a**). La modification de la structure des dates des débuts et des fins des saisons des pluies s'accompagne d'un déplacement de la saison les années avant les épisodes El Niño. En ce qui concerne Ebolowa, la petite saison des pluies recule d'une dizaine de jours en moyenne sur la période de l'étude. Il en est de même des dates des fins des petites saisons des pluies qui reculent en moyenne d'un mois (**Figure 11b**). Cette dynamique aura des conséquences significatives sur la longueur des deux saisons des pluies. En ce qui concerne les petites saisons des pluies, les années avant les épisodes El Niño, les premières pluies sont perceptibles à la première dizaine du mois de Février entre 1950 et 1975, pour se terminer vers la mi-Juin de la même période.

Tableau 8b : Les épisodes El Niño et les dates des fins des grandes saisons des pluies dans la zone forestière à pluviométrie bimodale

Mois	Dates des débuts de la grande saison des pluies	Avant l'épisode El Niño			Pendant l'épisode El Niño			Après l'épisode El Niño		
		Jours de l'année	Yaoundé	Bertoua	Eholowa	Yaoundé	Bertoua	Eholowa	Yaoundé	Bertoua
Octobre	299 - 310	0,0 %	0,0 %	12,5 %	0,0 %	0,0 %	6,25 %	0,0 %	31,25 %	6,25 %
Octobre	301 - 310	12,5 %	43,75 %	12,5 %	37,5 %	50 %	6,25 %	31,25 %	18,75 %	18,75 %
Novembre	311 - 320	43,75 %	25 %	18,75 %	25 %	31,25 %	37,5 %	31,25 %	18,75 %	31,25 %
Novembre	321 - 330	18,75 %	18,75 %	18,75 %	18,75 %	18,75 %	12,5 %	18,75 %	31,25 %	12,5 %
Décembre	331 - 340	25 %	6,25 %	25 %	12,5 %	0,0 %	37,5 %	6,25 %	0,0 %	25 %
Décembre	341 - 350	0,0 %	6,25 %	12,5 %	6,25 %	0,0 %	0,00 %	12,5 %	0,0 %	6,25 %
Du début à la fin de la saison des pluies	299 - 350	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Après 1975, 50 % cas enregistrent leurs premières pluies à la mi-février pour finir en début du mois d'Août. Les années 1982 et 1993 sont très particulières, ne présentent qu'une unique saison des pluies. Celles-ci commencent à la fin du mois de Janvier pour s'achever à la fin du mois d'Octobre. Dans la même localité, la grande saison des pluies recule progressivement pour finir précocement les années avant les épisodes. Entre 1950 et 1975, on enregistre des premières pluies (grande saison) en début du mois de Juillet, pour finir au début du mois de Novembre. Entre 1976 et 2010, les premières pluies sont identifiées en début du mois de Septembre, avec des fins des saisons à la mi-Juillet. Les disparités entre les saisons à Eholowa s'accompagnent d'une diminution des quantités de précipitations et du nombre de jour des pluies tombées les années avant El Niño.

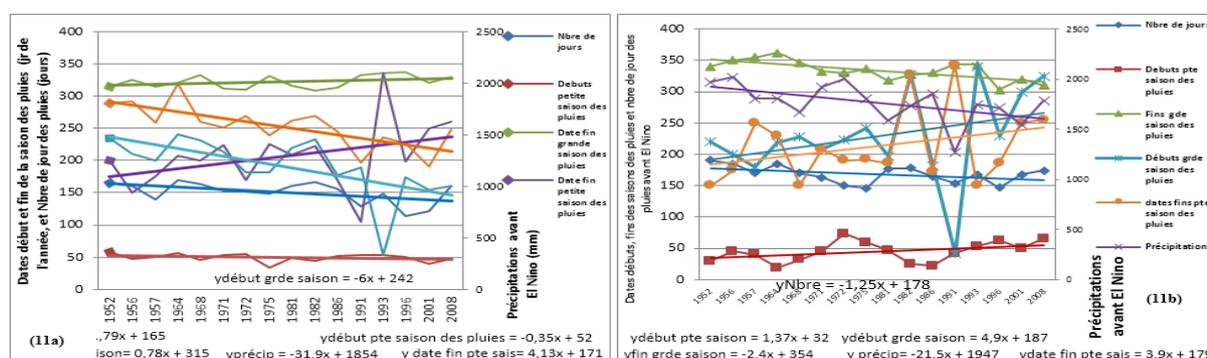


Figure 11(a et b) : Les dates des débuts, des fins des petites saisons des pluies à Yaoundé (a) et à Eholowa (b) les années avant les épisodes El Niño, de 1950 à 2010

Les quantités de pluies tombées et le nombre de jour des pluies enregistrées sont en diminution à Bertoua les années avant les épisodes El Niño (Figure 12a). La moyenne pluviométrique annuelle est de 1500 mm de pluies étalées sur 128 jours durant cette période. L'année 1986 a été la moins arrosée avec un total qui n'a pas dépassé 1126 mm de pluies étalées sur 100 jours. A l'opposé, l'année 1964 qui est la moins arrosée enregistre un record de 1896 mm de pluies étalées sur 148 jours. Les petites saisons des pluies commencent tardivement (vers la fin du mois de Mars) pour en finir précocement (au mois de Mai). La petite saison des pluies a été la plus précoce (fin Février) de l'année 1957, et s'est terminé à la fin du mois de Mars. L'année 1991 enregistre les premières pluies les plus tardives à la fin du mois d'Avril. Celles-ci ne s'achèvent qu'en début du mois d'Août de la même année.

Les grandes saisons des pluies sont très précoces (fin juin et début Août) à Bertoua et, finissent précocement (fin Novembre et début Décembre). Pour ce cas précis, l'année 2001 a connu une grande saison des pluies la plus précoce (fin Juin) qui s'est achevée en début du mois de Novembre. En ce qui concerne la longueur des deux saisons des pluies, il ressort que celles-ci ne sont pas uniformes partout et, restent instables sur toute la zone forestière à pluviométrie bimodale les années avant les épisodes El Niño. A Yaoundé par exemple, les deux saisons des pluies se rallongement entre 1950 et 2010 (*Figure 12b*). Les petites saisons des pluies durent en moyenne 84 jours, tandis que les grandes saisons des pluies en durent 96 jours en moyenne les années avant les épisodes El Niño. Au même moment, la petite saison des pluies sera la plus longue en 1957, avec un total de 145 jours. Quant-à la grande saison des pluies, l'année 1993 présente est étalée, avec un total de 134 jours. A l'opposé, les années 1982 et 1991 qui enregistrent respectivement 64 et 33 jours de déficits par rapport à la moyenne normale. A Ebolowa, la petite saison des pluies dure plus longtemps (5 mois en moyenne) par rapport à la grande saison des pluies qui n'en dure que 04 mois (*Figure 12a*). L'année 1982 présente une petite saison des pluies la plus étalée, soit d'une vingtaine jours de plus par rapport à la moyenne, tandis que la grande saison des pluies la plus longue ne sera visible qu'en 1957, elle enregistre 39 jours de pluies de plus que la moyenne normale. A l'opposé de cela, l'année 1993 présente la plus courte petite saison des pluies qui ne dure que 71 jours, pendant que la grande saison des pluies la plus courte n'est visible qu'en 2008, elle s'étale sur 101 jours. La grande saison des pluies est plus longue à Bertoua (*Figure 12b*). Elle s'étale sur 96 jours en moyenne, alors que la petite saison des pluies ne dépasse pas 84 jours les années avant les épisodes El Niño. Les années après les épisodes enregistrent les petites saisons des pluies de plus en plus longues. C'est le cas des années 1957 (145 jours) ; 1964 (124 jours) ; 1975 (140 jours) ; 1981 (128 jours). A l'opposé certaines années ont enregistrées les plus courtes petites saisons des pluies les années après les épisodes, c'est le cas des années 1982 (20 jours) ; 1986 (33 jours) ; 1991 (38 jours) ; 2001 (45 jours) et 2008 (20 jours). Par ailleurs, les années 1971 (124 jours) ; 1993 (134 jours) ; 2001 (131 jours) et 2008 (125 jours) enregistrent les grandes saisons des pluies les plus longues au cours de nos observation.

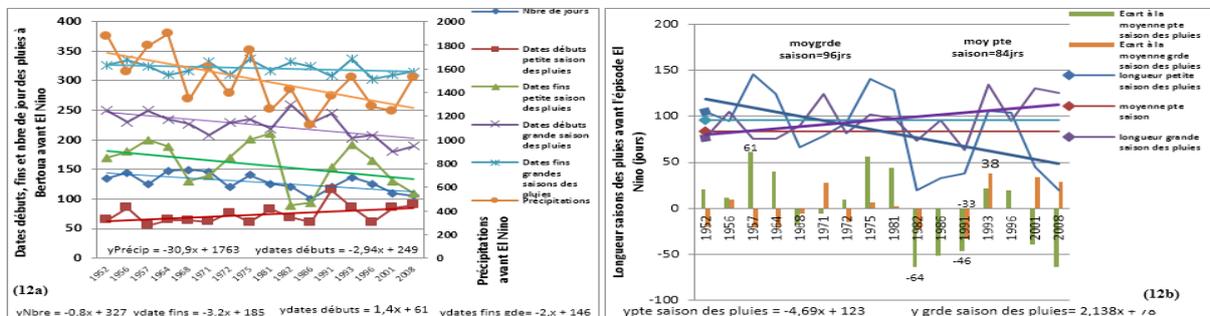


Figure 12 (a et b) : Les dates des débuts et des fins des petites saisons des pluies, la pluviométrie à Bertoua (a) les années avant les épisodes El Niño et la longueur des petites saisons des pluies à Yaoundé (b) les années avant lesdites épisodes de 1950 à 2010

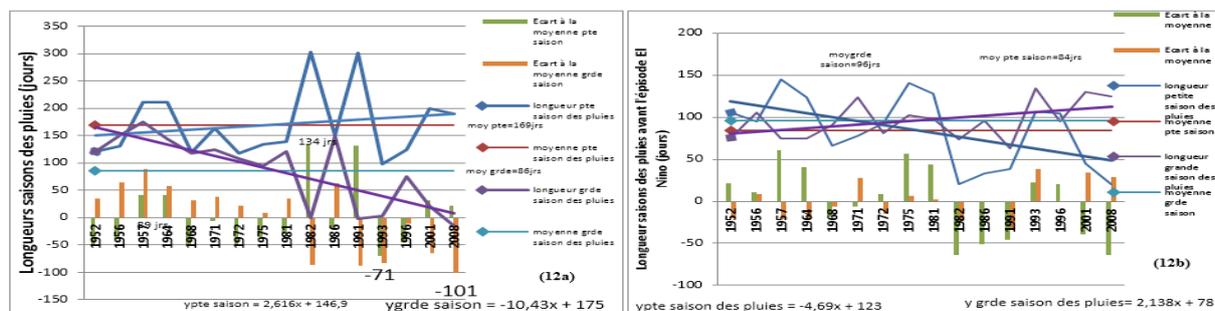


Figure 12 (a et b) : La longueur des saisons des pluies à Ebolowa (a) et à Bertoua (b) les années avant les épisodes El Niño de 1950 à 2010

Pendant les phases El Niño, les quantités de pluies enregistrées et le nombre de jour des pluies diminuent à Yaoundé entre 1950 et 2010. La petite saison des pluies apparaît avec un retard en début du mois de Février et se termine en début du mois de Juillet. (**Figure 13a**). A l'opposé, la grande saison des pluies commence en début du mois de Septembre pour s'arrêter à la mi-Novembre. Les deux saisons des pluies commencent précocement et finit précocement. En revanche, ces mouvements des dates des débuts et des fins des deux saisons des pluies s'accompagnent du déplacement des deux saisons qui se traduisent par un raccourcissement des petites saisons des pluies, pendant que les grandes saisons se rallonge. L'année 1965 enregistre les premières pluies les plus précoces (début du mois de Février) et une fin précoce en début du mois de Juillet. Les débuts de petite saison des pluies plus tardives sont observés en début du mois de Mars 1994 avec une fin en début du mois de Juillet de la même année. La situation d'Ebolowa se présente d'une manière différente, les deux saisons des pluies reculent progressivement. La petite saison des pluies apparaît à la première décade du mois de Février pour s'achever à la fin du mois de Juillet. Quant à la grande saison des pluies, elle accuse un début tardif d'une dizaine de jours en moyenne depuis l'année 1982. Ce retard se prolonge jusqu'en 2010 pendant la phase El Niño (**Figure 13b**). Par ailleurs, cette même saison des pluies commence en général à la mi-Août pour finir en début du mois de Décembre. L'année 1965 enregistre un record pluviométrique avec un total qui a atteint les 2238 mm de pluies, étalées sur 186 jours, alors que l'année la moins arrosée est 1983, qui enregistre 1381 mm de pluies, étalées sur 168 jours. Le nombre de jour des pluies et les quantités de pluies tombées n'ont cessés de diminuer entre 1950 et 2010. La petite saison des pluies commence avec 15 jours de retard entre 1982 et 2010 par rapport à la période 1950 à 1981, pour finir précocement, avec une avance de 29 jours en moyenne sur la même période.

Pendant la phase El Niño, Bertoua enregistre ses premières pluies (petite saison des pluies) à la mi-Mars, pour s'achever à la fin du mois de Juillet (**Figure 14b**), contrairement à la grande saison des pluies qui apparaît à la mi-Août et s'arrêter à la mi-Novembre. La distribution des dates des débuts et des fins des grandes saisons des pluies révèle des pluies précoces qui commencent avec une quinzaine de jour d'avance (sur la période 1982 à 2010 par rapport à la période 1950 à 1981). L'année 1976 qui est particulièrement arrosée, elle n'a connue qu'une unique saison à Bertoua. La répartition des saisons des pluies dans le temps n'est pas uniforme sur la période de l'étude à Ebolowa (**Figure 15a**). La petite saison des pluies commence avec un retard d'une 15^{aine} de jours et fini avec une trentaine de jours de retard. Ce décalage entre les dates des débuts et les dates des fins des saisons des pluies s'accompagne d'un déplacement des dites saisons et d'une modification de la longueur de leur durée. Entre 1950 et 1981, les petites saisons des pluies commencent en début du mois de Février pour s'achever à la mi-Juin, soit pendant 05 mois. A partir de 1982, les pluies ont plutôt commencées à la fin du mois de Février pour achever à la mi-Juillet, soit une longueur de 5 mois et demi. Il ressort qu'entre 1982 et 2010, la petite saison des pluies se rallonge d'un demi-mois par rapport à la sous période 1950 à 1981. Les grandes saisons des pluies accusent des retards d'environ un mois à Bertoua, depuis 1982 pendant les épisodes El Niño (**Figure 15b**). La même **Figure** révèle des fins des grandes saisons des pluies tardives, d'une dizaine de jours par rapport à la sous période qui va de 1950 à 1981. Le retard observé s'accompagne d'une réduction de la longueur de la saison des pluies et d'un déplacement de celle-ci, qui passe de 04 mois avant 1981 à 03 mois entre 1982 et 2010. La répartition de la longueur des deux saisons des pluies indique une diminution plus accentuée de la petite saison des pluies, pendant que la grande saison des pluies augmente légèrement. Ce même graphique (**15b**) révèle que dans l'ensemble, les deux saisons des pluies ont connues deux sous périodes remarquables. La première sous-période est visible entre 1950 et 1981 et, une seconde sous période entre 1982 et 2010, enregistre des petites saisons des pluies les plus courtes et, s'opposent aux grandes saisons des pluies les plus longues.

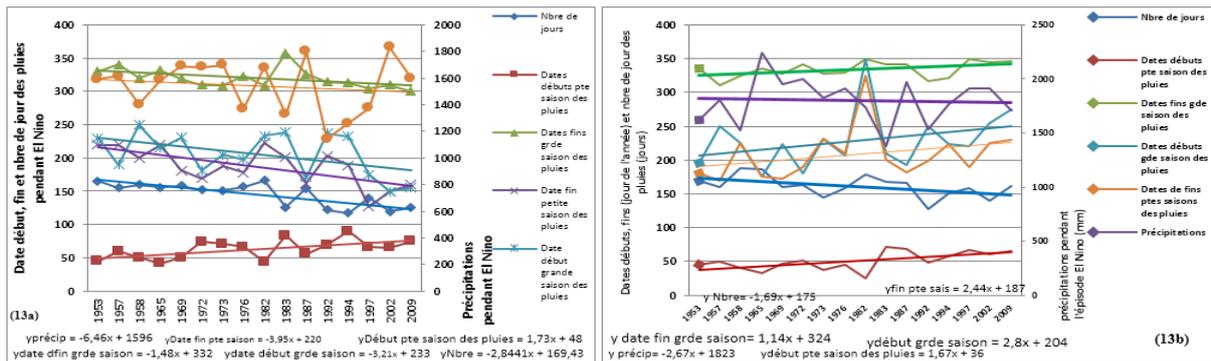


Figure 13 (a et b) : Les dates des débuts des saisons des pluies à Yaoundé (a) et à Ebolowa (b) pendant les épisodes El Niño de 1950 à 2010

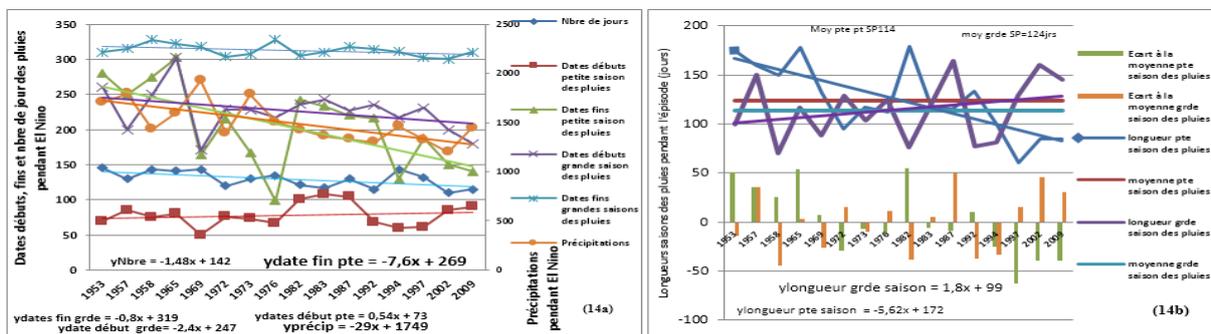


Figure 14 (a et b) : Les dates des débuts des saisons des pluies à Bertoua (a) et la longueur des saisons des pluies (b) les années pendant les épisodes El Niño de 1950 à 2010

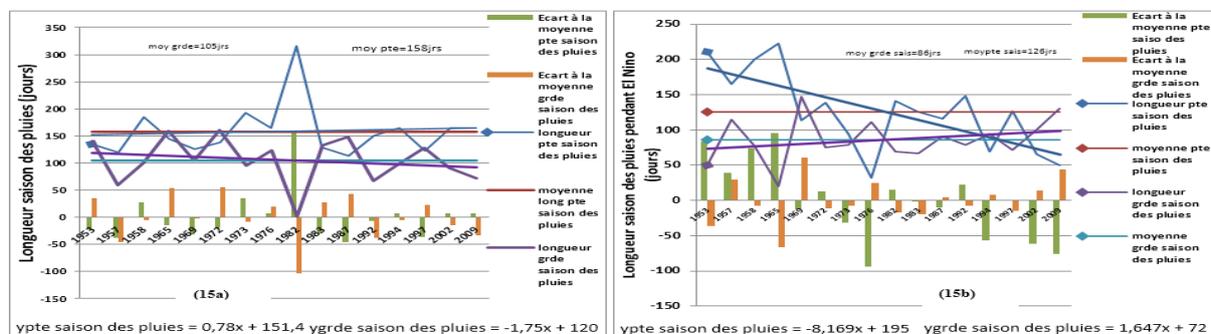


Figure 15 (a et b) : La longueur saison des pluies à Ebolowa (a) et à Bertoua (b) les années pendant les épisodes El Niño de 1950 à 2010

La distribution des quantités de pluies et du nombre de jour des pluies a été instable les années après les épisodes El Niño dans la zone forestière à pluviométrie bimodale. A Yaoundé, les quantités de pluies et le nombre de jours des pluies diminuent les années après les épisodes El Niño. En même temps, la petite saison des pluies commence précocement et, fini tardivement. Pendant ce temps, la grande saison des pluies commence précocement et pour fini tardivement. La situation d'Ebolowa est similaire à celle de Yaoundé, avec des quantités de pluies en diminution au même titre que le nombre de jour des pluies. Cette baisse s'accompagne d'une apparition précoce des premières et des dernières pluies pendant la petite saison des pluies. Pendant la grande saison des pluies, les débuts et les fins des saisons des pluies sont tous deux précoces. C'est le cas de la période 1950 à 1974, où les petites saisons des pluies commencent aux mois de Février pour s'achever à la fin du mois de Juin de la même année.

Après 1974, les premières pluies apparaissent avec une dizaine de jours d'avance par rapport à la moyenne normale et, se terminent avec une quinzaine d'avance. La distribution des pluies est restée instable sur toute la période de l'étude et, l'année 1984 n'a connue qu'une seule saison des pluies qui débute à la mi-Février pour s'achever en début Décembre. La longueur de la petite saison des pluies continue de diminuer à Ebolowa, elle durait 05 mois entre 1950 et 1976 et, ne dure plus que 4 mois et demi entre 1977 et 2010. Curieusement les années après les épisodes El Niño sont les plus arrosées à Bertoua qui enregistre en moyenne 1519 mm de pluies étalées sur 131 jours par an. L'année 2003 reste pour l'occasion la moins arrosée avec un total pluviométrique de 1316 mm de pluies étalées sur 138 jours de pluies. Pendant ce temps un record pluviométrique de 1784 mm de pluies est atteint en 1973. Ces importantes quantités de pluies tombent sur une période de temps relativement courte, 130 jours. Quoique les années 1974 et 2003 enregistrent la petite saison des pluies la plus précoce à fin du mois de Février, les pluies les plus tardives apparaissent plutôt à la fin du mois de Mars de l'année 1959 et, s'achèvent en début du mois de Juillet de la même année. En ce qui concerne les grandes saisons des pluies, les pluies les plus précoces apparaissent en début du mois de Mars de l'année 1984 et se terminent à la mi-Novembre de la même année. Les pluies les plus tardives apparaissent plus tôt en début du mois de Septembre de l'année 1983 pour s'achever à la fin du mois de Décembre de la même année.

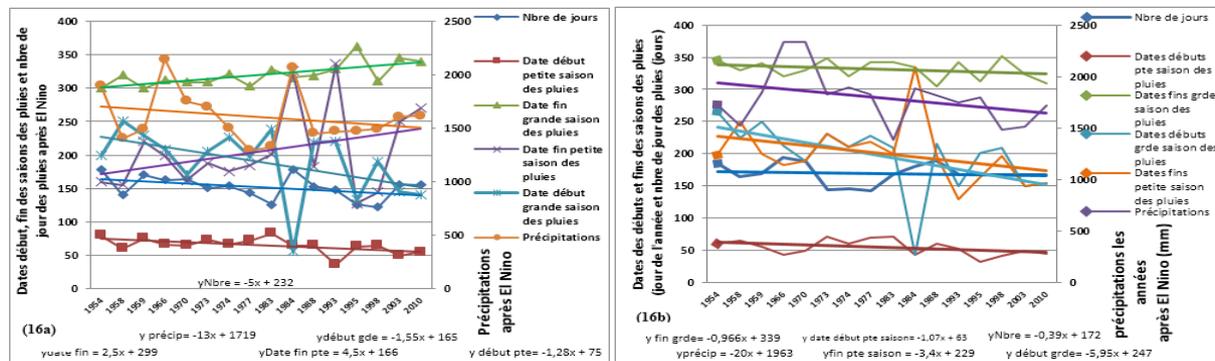


Figure 16 (a et b) : Les dates des débuts des saisons des pluies et la pluviométrie à Yaoundé (a) et à Ebolowa (b) les années après les épisodes El Niño de 1950 à 2010

Les saisons des pluies sont moins étalées et faiblement arrosées les années après les épisodes El Niño à Bertoua entre 1950 et 2010 (**Figure 17a**). Cette tendance à la baisse des quantités de pluies s'accompagne d'une arrivée précoce des premières pluies pour les deux saisons. Les grandes saisons des pluies ont tendance à commencer tôt pour finir tardivement. Au même moment, les petites saisons des pluies commencent précocement et pour s'arrêter précocement. Elles se présentent de la manière suivante : de 1983 à 2010, la petite saison des pluies arrive avec une avance de 07 de jours par rapport à la sous période qui va de 1950 à 1982. Quant-à la fin des dites saisons, la sous période qui va de 1983 à 2010 enregistre un retard de 05 jours par rapport à la sous période qui va de 1950 à 1982. En ce qui concerne la grande saison des pluies, celles-ci arrivent avec une avance de 39 jours pour la sous période 1950 à 1982 par rapport à la sous période 1983 à 2010. Pour la même saison, les pluies finissent en moyenne avec une dizaine de jours de retard par rapport à la sous période qui va de 1983 à 2010. En ce qui concerne la zone forestière à pluviométrie bimodale, il ressort d'une manière générale que les petites saisons des pluies se rallongent de plus en plus par rapport aux grandes saisons des pluies. A Yaoundé (**Figure 17b**), les deux saisons des pluies n'ont cessées de se rallonger les années après les épisodes El Niño. La moyenne est de quatre mois par saison, avec des pics de 251 jours identifiés en 1984. La structure des précipitations enregistrées à Ebolowa est similaire à celle de Yaoundé. Elle présente une petite saison des pluies de plus en plus longue par rapport à la grande saison des pluies (**Figure 18a**).

La moyenne annuelle est de 145 jours de pluies pour la petite saison des pluies, alors qu'elle est de 116 jours de pluies seulement pour la grande saison des pluies, soit 29 jours de pluies de plus que la grande saison. En revanche la physionomie de la pluviométrie de Bertoua présente une petite saison des pluies plus longue que la grande saison des pluies en ce qui concerne les années avant, pendant et après les épisodes El Niño sur la période de l'étude (**Figure 18b**). La moyenne mensuelle enregistrée est de 141 jours de pluies pour la petite saison des pluies, alors qu'elle est seulement de 137 jours pour la grande saison. Il ressort clairement ici à l'opposé d'Ebolowa et de Yaoundé que la grande saison des pluies se rallonge de plus en plus à Bertoua, pendant que la petite saison des pluies est de plus en plus courte.

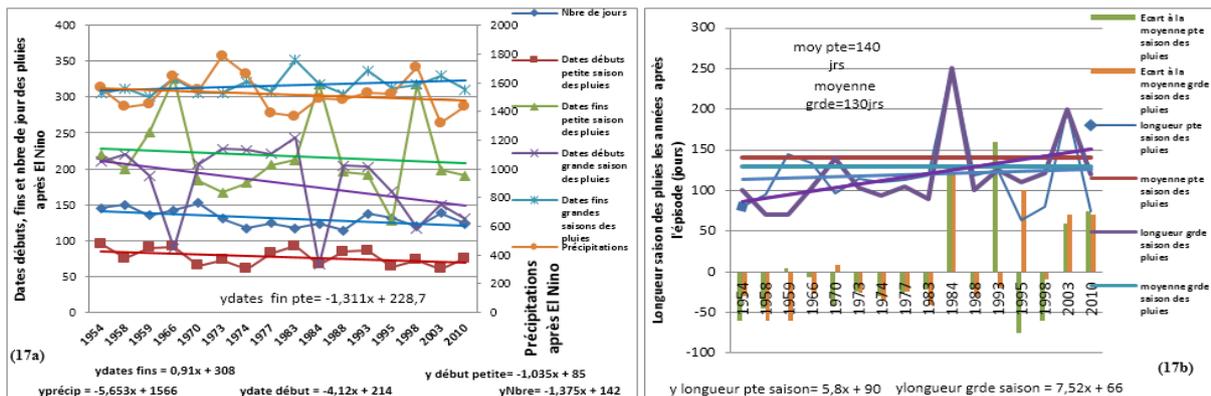


Figure 17 (a et b): Les dates des débuts des saisons des pluies à Bertoua (a) et la longueur des saisons des pluies à Yaoundé (b) les années après les épisodes El Niño de 1950 à 2010

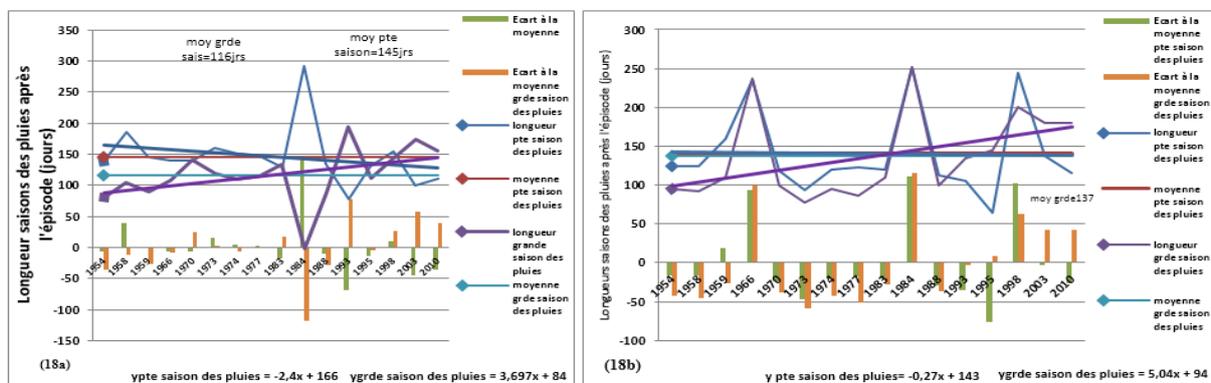


Figure 18 (a et b) : La longueur des saisons des pluies à Ebolowa et à Bertoua (b) les années après les épisodes El Niño de 1950 à 2010

3-1-6. Les épisodes El Niño et les formes des précipitations dans la zone de forêt à pluviométrie bimodale

La distribution des formes des précipitations n'est pas uniforme dans toute la zone forestière à pluviométrie bimodale les années avant, pendant et après les épisodes El Niño (**Tableau 9**). Le même **Tableau** indique que le régime bimodal est le plus représenté. Le régime bimodal est le plus significatif à Yaoundé et à Ebolowa les années avant les épisodes El Niño (avec respectivement 75 %) et seulement 62,5 % pour Bertoua pour la même période. Pendant les phases El Niño, avec 81,25 % Ebolowa conserve la primauté du régime bimodal des formes de précipitations. Le même régime ne représente que 68,75 % à Yaoundé et seulement 43,75 % à Bertoua pendant lesdites phases El Niño. Ce régime reprend de l'ampleur après les épisodes El Niño à Yaoundé et à Ebolowa avec respectivement 75 %, pendant ce temps à Bertoua, ce régime ne représente que 56,25 %.

Le second régime visible est le type plurimodal (trimodal) qui est très significatif à Bertoua pendant les dits épisodes, soit 43,75 %. Le régime monomodal n'a été le plus significatif à Bertoua, soit 25 % les années après les épisodes El Niño.

Tableau 9 : Les épisodes El Niño et les régimes pluviométriques dans la zone de forêt à pluviométrie bimodale

Zone de forêt à pluviométrie bimodale	Avant El Nino			Pendant El Nino			Après El Nino		
	Monomodal	Bimodal	Plurimodal	Monomodal	Bimodal	Plurimodal	Monomodal	Bimodal	plurimodal
Yaoundé	0,0 %	75 %	25 %	12,5 %	68,75 %	18,75 %	6,25 %	75 %	18,75 %
		1952, 1956, 1957, 1964, 1968, 1972, 1981, 1986, 1991, 1996, 2001, 2008	1968, 1971, 1982, 1975	1997, 2002	1953, 1957, 1958, 1965, 1969, 1972, 1973, 1976, 1983, 1987, 2009	1982, 1992, 1994	2003	1958, 1966, 1973, 1974, 1977, 1983, 1984, 1988, 1993, 1995, 1998, 2010	1954, 1959, 1970,
Ebolowa	0,0 %	75 %	25 %	6,25 %	81,25 %	18,75 %	0,0 %	75 %	25 %
	0,0 %	1952, 1956, 1957, 1964, 1968, 1971, 1972, 1981, 1991, 1996, 2000, 2008	1975, 1982, 1986, 1993	1975	1957, 1958, 1969, 1972, 1973, 1976, 1983, 1987, 1992, 1994, 1997, 2002, 2009	1953, 1965, 1982	0	1958, 1959, 1966, 1970, 1973, 1974, 1977, 1983, 1984, 1998, 2003, 2010	1954, 1988, 1993, 1995
Bertoua	12,5 %	62,5 %	25 %	12,50 %	43,75 %	43,75 %	25 %	56,25 %	18,75 %
	1952, 1996	1956, 1957, 1964, 1971, 1975, 1982, 1991, 1993, 2001, 2008	1968, 1972, 1981, 1986	1965, 2009	1953, 1957, 1958, 1976, 1983, 1992, 1997	1969, 1972, 1973, 1982, 1987, 1994, 2002	1974, 1984, 1995, 2010	1954, 1958, 1959, 1970, 1977, 1983, 1988, 1993, 1998,	1966, 1973, 2003

3-1-7. Les épisodes El Niño et la pluviométrie dans la zone des Hautes Terres du Cameroun de 1950 à 2010

De part et d'autres de la zone des Hautes Terres du Cameroun, la distribution des quantités de pluies et du nombre de jours des pluies ne sont pas restées uniformes. Les pluies sont déficitaires dans cette zone pendant les années des épisodes El Niño. Elles commencent entre les mois de Février et les mois de Mars pour s'arrêter autour de Novembre les années avant les dites épisodes. Le **Tableau 10a** indique que les premières pluies sont identifiées à Bafoussam entre la fin du mois de février et le début du mois de Mars en ce qui concerne les années avant les épisodes El Niño. Elles sont visibles en début du mois d'Avril les années El Niño et, visibles en début du mois de Mars pour les années après El Niño. Le même tableau montre qu'en moyenne 63 % des pluies s'arrêtent en début du mois de Novembre les années avant, pendant et après les épisodes El Niño (**Tableau 10b**). A Bamenda par contre, 27 % des pluies apparaissent au mois de Mars pendant les années El Niño. Pour ce cas précis, les fins des saisons des pluies sont très accentuées au mois de Novembre, elles atteignent difficilement les mois de Décembre. En revanche, 31 % de ces pluies se terminent au mois de Novembre les années avant les épisodes, 37,5 % les années après les épisodes et 43,75 % les années El Niño proprement dites. La situation de Manfé est similaire à celle de Bafoussam qui enregistre ses premières pluies entre les mois de Février et le début du mois de Mars les années avant, pendant et après les épisodes El Niño.

Sur les 16 cas observés, 62,5 % enregistrent leurs premières pluies entre la fin du mois de février et le début du mois de Mars les années avant les épisodes. Les années pendant et après les épisodes El Niño reçoivent à peu près 70 % des premières entre la fin du mois de février et le début du mois de Mars, avec une forte concentration des dates des fins des saisons des pluies entre la fin du mois de Novembre et le début du mois de Décembre.

Tableau 10a : Les épisodes El Niño et les dates des débuts des saisons des pluies dans la zone des hauts terres du Cameroun

Mois	Dates débuts des saisons des pluies (jour de l'année)	Avant l'épisode El Niño			Pendant l'épisode El Niño			Après l'épisode El Niño		
		Bafoussam	Bamenda	Manfè	Bafoussam	Bamenda	Manfè	Bafoussam	Bamenda	Manfè
Janvier-Février	31 - 40	0,00 %	0 %	6,25 %	6,25 %	0%	0 %	0,00%	0%	0,00 %
Février	41 - 50	12,5 %	6,25 %	18,75 %	12,50 %	0%	18,75 %	0,00 %	6,25 %	0,00 %
Février-Mars	51 - 60	31,25 %	25 %	49,75 %	6,25 %	18,75%	31,25 %	12,5 %	6,25 %	18,75 %
Mars	61 - 70	31,25 %	25 %	18,75 %	12,5 %	25%	18,75 %	50,00 %	31,25 %	31,25 %
Mars	71 - 80	18,75 %	25 %	6,25 %	12,5 %	37,50%	25,00 %	6,25 %	12,5 %	12,5 %
Mars	81 - 90	6,25 %	18,75 %	0 %	12,5 %	12,50%	0,00 %	12,5 %	31,25 %	31,25 %
Avril	91 - 100	0 %	0 %	0 %	37,50 %	6,25%	6,25 %	18,75 %	12,5 %	6,25 %
Du début à la fin de la saison des pluies	31 - 100	100 %	100 %	100 %	100 %	100%	100 %	100 %	100 %	100 %

Tableau 10b : Les épisodes El Niño et les dates des fins des saisons des pluies dans la zone des hautes terres du Cameroun

Mois	Dates des fins des saisons des pluies (jour de l'année)	Avant l'épisode El Niño			Pendant l'épisode El Niño			Après l'épisode El Niño		
		Bafoussam	Bamenda	Manfè	Bafoussam	Bamenda	Manfè	Bafoussam	Bamenda	Manfè
Octobre	291 - 300	25 %	25 %	12,5 %	6,25 %	12,5 %	6,25 %	31,25 %	12,50 %	12,5 %
Novembre	301 - 310	31,25 %	31,25 %	18,75 %	31,25 %	25 %	25 %	31,25 %	37,50 %	50,25 %
Novembre	311 - 320	25 %	25 %	56,25 %	43,75 %	43,75 %	56,25 %	25 %	25 %	25 %
Novembre	321 - 330	6,25 %	31,25 %	12,50 %	12,50 %	12,5 %	6,25 %	0,0 %	18,75 %	12,50 %
Décembre	331 - 340	12,5 %	12,5 %	0,0 %	6,25 %	6,25 %	6,25 %	12,25 %	6,25 %	0,0 %
Du début à la fin de la saison des pluies	291 - 340	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

La zone des hauts plateaux connaît une baisse générale de sa pluviométrie sur la période de l'étude. Cette baisse s'accompagne d'un déplacement des dates des débuts et des fins de saison des pluies. La **Figure 19a** indique que les dates des débuts et des fins des saisons des pluies évoluent en phase à Bafoussam les années avant les épisodes El Niño. Cette évolution s'accompagne d'un déplacement des saisons des pluies qui commencent avec un retard (début Mars) et s'achèvent tardivement vers la mi-Octobre. Contrairement à Bafoussam, les quantités de pluies et le nombre de jour des pluies évoluent en sens opposé à celui de Bamenda (**Figure 19b**). Les précipitations diminuent pendant que le nombre de jour des pluies est en augmentation.

Ce déséquilibre de la pluviométrie est à l'origine du retard des dates des débuts des saisons des pluies (environ 25 jours à partir des années 1991). Ce retard s'accompagne des fins des saisons des pluies de plus en plus précoces (une quinzaine de jour en moyenne) pour ladite période.

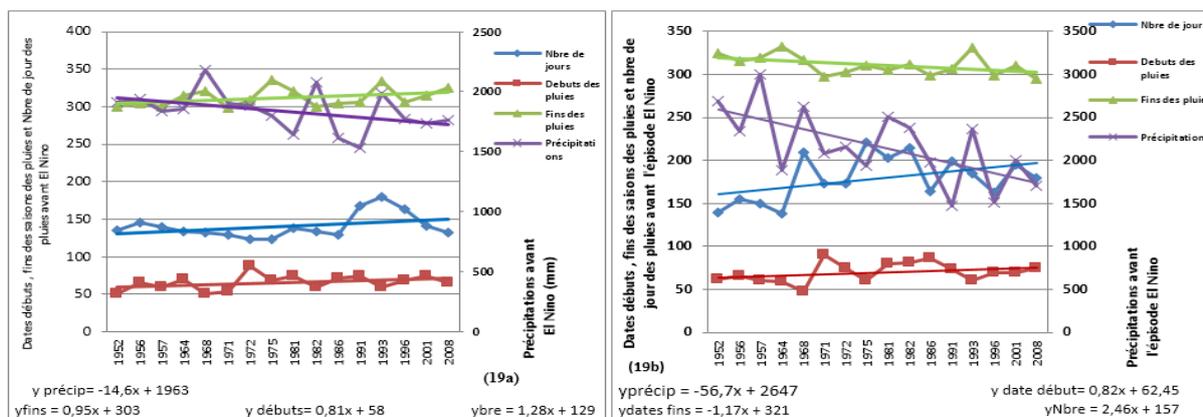


Figure 19 (a et b) : Les dates des débuts, des fins des saisons des pluies, le nombre de jours des pluies et les quantités de précipitations à Bafoussam (a) et à Bamenda (b) les années avant les épisodes El Niño de 1950 à 2010

La **Figure 20a** présente une diminution des quantités de pluies et du nombre de jours de pluies enregistrées à Manfé les années avant les épisodes El Niño sur les 16 cas étudiés. Au même moment, les dates des débuts des saisons des pluies reculent, pendant que les fins des dites saisons arrivent précocement. Les saisons des pluies se rallongent d'une quinzaine de jours à Bafoussam les années avant les épisodes El Niño. La **Figure 20b** montre que la moyenne annuelle est de 246 jours, avec des pics de 274 jours identifiés en 1993, alors que la plus courte saison des pluies n'enregistre que 222 jours de pluies en 1972. La longueur des saisons des pluies s'est rétrécie à Bamenda et à Manfé (**Figures 21a et 21b**) les années avant les épisodes El Niño. Les moyennes annuelles sont respectivement de 246 jours à Bafoussam, de 241 jours à Bamenda et de 251 jours à Manfé. Cette différence démontre une nette disparité dans la distribution des quantités de pluies dans la zone agro écologique des Hauts Plateaux du Cameroun.

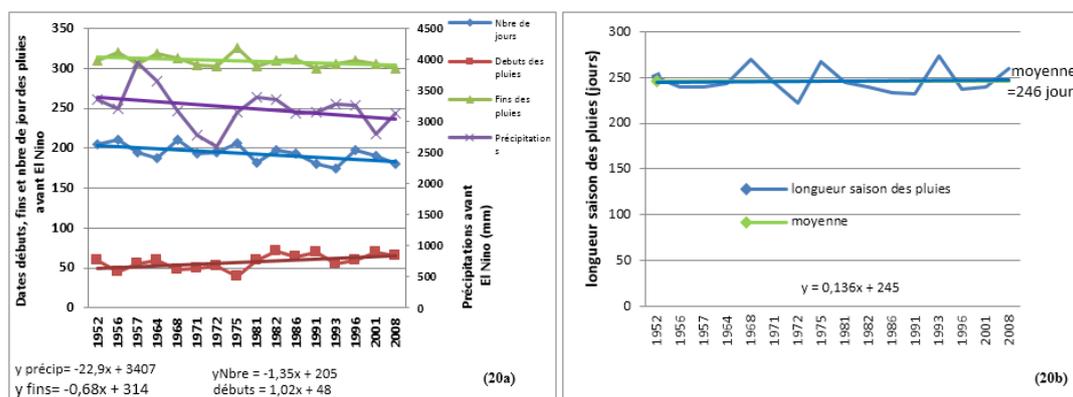


Figure 20 (a et b) : Les dates des débuts et des fins des saisons des pluies, les quantités de précipitations et le nombre de jours des pluies à Manfé (a) et la longueur des saisons des pluies à Bafoussam (b) les années avant les épisodes El Niño de 1950 à 2010

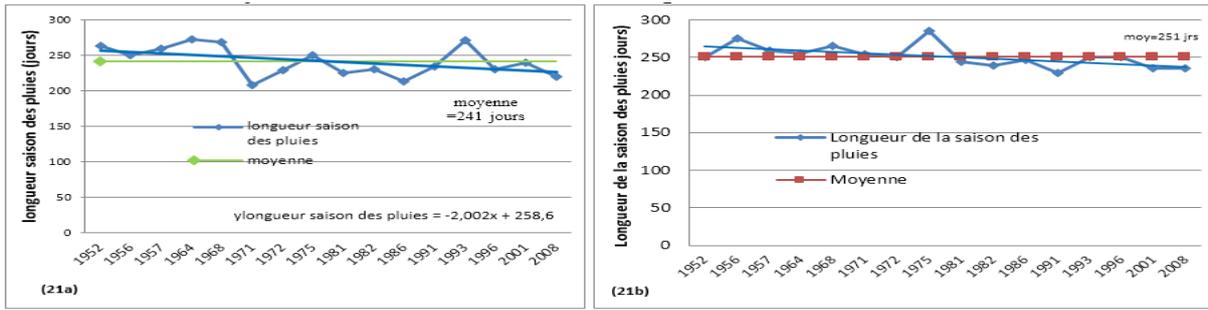


Figure 21 (a et b) : La longueur des saisons des pluies à Bamenda (a) et à Manfé (b) les années avant les épisodes El Niño de 1950 à 2010

A même rythme que les quantités de pluies enregistrées, le nombre de jours des pluies baisse en permanence à Bafoussam et à Bamenda tandis qu'il est en augmentation à Manfé sur la période de l'étude. A Bafoussam (Figure 22a) pendant les épisodes El Niño, les pluies arrivent tôt (fin février-début Mars) et, s'achèvent tardivement (mi-October), soit une vingtaine de jour d'avance en moyenne et une dizaine de jour de retard en moyenne sur la période qui va de 1974 à 2010 par rapport à la période qui va de 1950 à 1973. Pendant la phase El Niño, Bamenda (Figure 22b) enregistre les débuts des saisons des pluies de plus en plus précoces (entre la fin du mois de Février et le début du mois de Mars), pluies qui finissent aussi précocement (entre la fin du mois de Septembre et le début du mois d'October). Dans le secteur de Manfé, la chute tendancielle de la pluviométrie les années avant l'épisode El Niño (Figure 23b) s'accompagne d'un recul progressif des dates des débuts des saisons des pluies et des fins de plus en plus précoces desdites saisons des pluies.

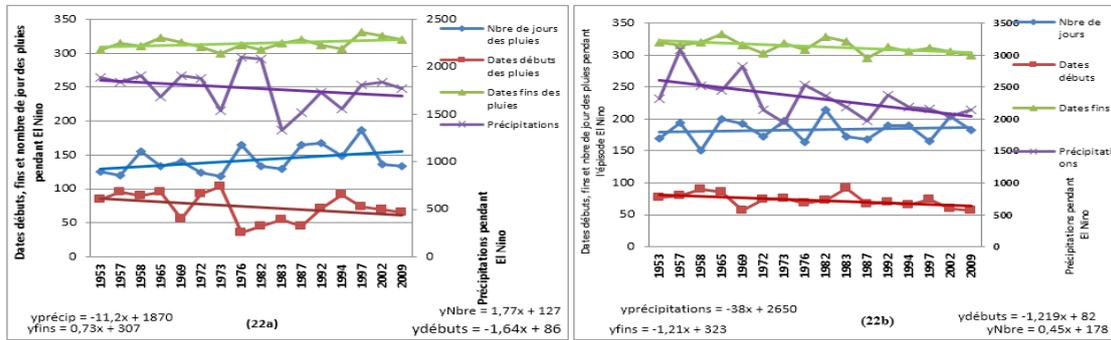


Figure 22 (a et b) : Les dates des débuts, des fins des saisons des pluies, le nombre de jours des pluies et les quantités de précipitations à Bafoussam (a) et à Bamenda (b) les années pendant les épisodes El Niño de 1950 à 2010

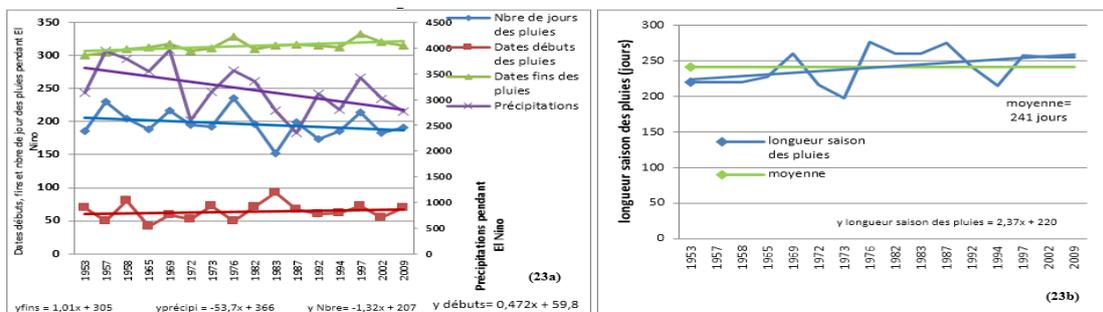


Figure 23 (a et b) : Les dates des débuts, des fins des saisons des pluies, le nombre de jours des pluies et les quantités de précipitations à Manfé (a) et la longueur des saisons des pluies à Bafoussam (b) pendant les épisodes El Niño de 1950 à 2010

En général les quantités de pluies sont en diminution les années après les épisodes El Niño dans la zone des hauts plateaux du Cameroun. La distribution du nombre de jours des pluies montre un contraste visible entre les différentes régions des Hauts plateaux du Cameroun. A Bafoussam et à Bamenda (**Figures 24a et 24b**), la distribution des dates des débuts et des fins des saisons des pluies montre que les débuts des saisons des pluies sont de plus en plus précoces dans toute cette zone et, les fins des saisons des pluies ne sont pas toujours uniformes. A Bafoussam et à Bamenda (**Figures 24a et 24b**), les pluies commencent précocement entre la fin du mois de Février et le début du mois de Mars, pour s'achever entre le mois d'Octobre et le mois de Novembre.

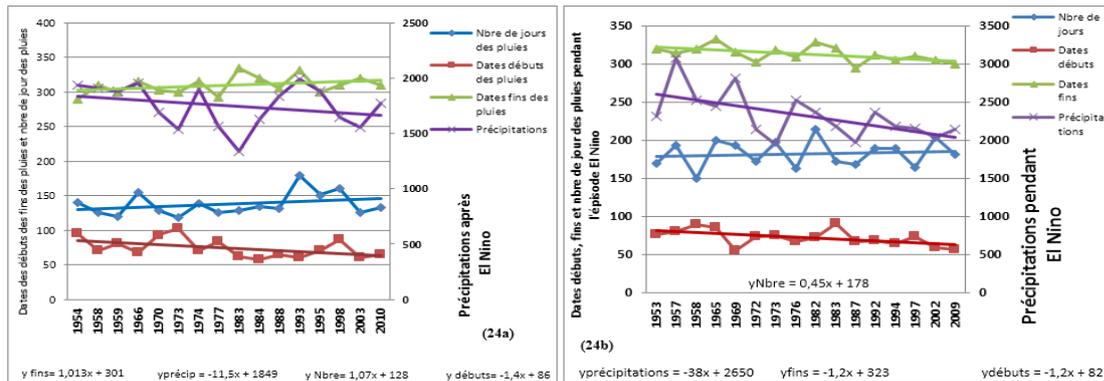


Figure 24 (a et b) : Les dates des débuts, des fins des saisons des pluies, le nombre de jours des pluies et les quantités de précipitations à Bafoussam (a) et à Bamenda (b) les années après les épisodes El Niño de 1950 à 2010

La **Figure 25a** met en exergue l'évolution de la pluviométrie à Manfé dans la région des hauts plateaux du Cameroun. Malgré la diminution constatée des quantités de pluies et du nombre de jour des pluies les années après les épisodes El Niño, les pluies commencent tardivement et s'arrêtent tardivement dans cette localité. La dynamique de la distribution des dates des débuts et des fins des saisons des pluies s'accompagne d'un recul progressif de son unique saison des pluies d'une quinzaine de jours les années après les épisodes El Niño. Quant-à la longueur des saisons des pluies, la zone des hauts plateaux présente une évolution différenciée entre les régions. Les moyennes se présentent ainsi qu'il suit : 236 jours en moyenne par an à Bafoussam et à Bamenda les années après les épisodes El Niño, avec l'année 1983 qui enregistre un record avec 35 jours supplémentaires par rapport à la moyenne, et contrairement à cela l'année 1954 enregistre le plus important déficit, soit 41 jours par rapport à la moyenne à Bafoussam les années après les épisodes El Niño (**Figure 25b**). Il ressort aussi que la longueur de la saison des pluies augmente les années après les épisodes El Niño à Bafoussam et à Bamenda (**Figure 26a**), tandis qu'elle diminue à Manfé (**Figure 26b**). Les pluies enregistrées à la sous période qui va de 1984 à 2010, sont les plus étalées, avec un record de 20 jours de pluies de plus que la sous période qui va de 1950 à 1983 à Bafoussam. Pour la même période, Bamenda enregistre un record de 11 jours de plus par rapport à la sous période 1950 à 1983. Les différences observées démontrent que les saisons des pluies se rallongent de plus en plus à Bafoussam et à Bamenda sur la période d'étude. Ces résultats confirment les travaux de [25] qui avaient constatés à l'époque une décroissance des quantités de précipitations annuelles et du nombre de jours des pluies à Bafoussam et à Bamenda entre 1960 et 2010. Le même auteur conclut que loin de s'arrêter à la pluviométrie, cette perturbation de la pluviométrie pourrait s'accompagner d'une modification de la distribution des quantités de précipitations. Au-delà de causes locales, l'explication d'un dynamisme prendra sa source de l'instabilité d'un système climatique global et complexe, dont l'un des éléments d'explication serait la manifestation régulière du phénomène El Niño au centre du pacifique.

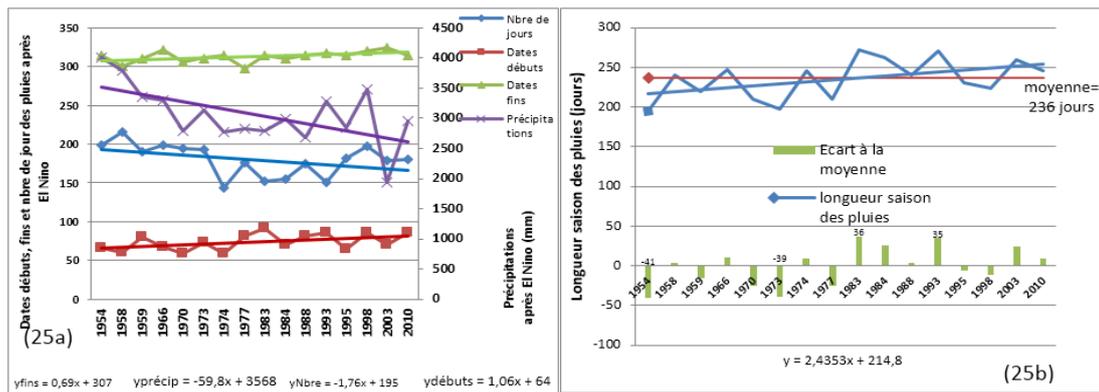


Figure 25 (a et b) : Les dates des débuts, des fins des saisons des pluies, le nombre de jours des pluies, les quantités de précipitations à Manfé (a) et la longueur des saisons des pluies à Bafoussam (b) les années après les épisodes El Niño de 1950 à 2010

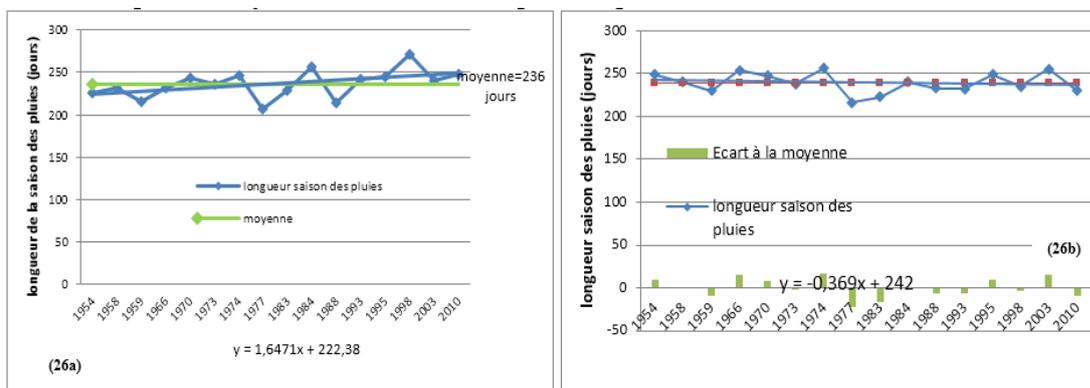


Figure 26 (a et b) : La longueur des saisons des pluies à Bamenda(a) et à Manfé (b) les années après les épisodes El Niño de 1950 à 2010

3-1-8. Les épisodes El Niño et la forme des régimes des précipitations dans la zone de hautes terres du Cameroun

La région des hautes terres est majoritairement à régime monomodal les années avant, pendant et après les épisodes El Niño (**Tableau 11**). L'importance de ce régime pluviométrique varie différemment d'une région à l'autre dans la zone des hautes terres. Il représente 94 % à Bafoussam ; 50 % à Bamenda et 62,5 % à Manfé les années avant les épisodes El Niño. Pendant les épisodes El Niño, les plus fortes représentations de ce régime monomodal sont identifiées à Bamenda et à Manfé qui sont respectivement de 87,5 %, alors qu'à Bafoussam n'en compte que 68,75 % dudit régime. Les années après les épisodes font plutôt figure d'une forte présence du régime monomodal à Bafoussam et à Bamenda, avec respectivement 81,75 % et 75 %, tandis que Manfé n'en compte que 68,75 % dudit régime. Le régime de type bimodal vient au second plan, il est significatif à Bamenda les années avant les épisodes, soient 31,25 % ; 25 % à Bafoussam pendant les épisodes et 31,25 % à Manfé après les épisodes El Niño.

Tableau 11 : Les épisodes El Niño et les formes de régimes pluviométriques dans la zone de hautes terres du Cameroun

Zone des hauts plateaux	Avant El Nino			Pendant El Nino			Après El Nino		
Régimes pluviométriques à	Monomodal	Bimodal	Trimodal	Monomodal	Bimodal	Trimodal	Monomodal	Bimodal	plurimodal
Bafoussam	94 %	6 %	0 %	68,75 %	25 %	6,25%	81,25 %	18,75 %	0 %
	1952, 1956, 1957, 1964, 1968, 1971, 1972, 1975, 1981, 1982, 1986, 1991, 1996, 2001, 2008	1991	0	1953, 1957, 1969, 1972, 1973, 1976, 1982, 1983, 1992, 1997, 2002	1958, 1965, 1987, 2009	1994	1958, 1959, 1970, 1973, 1974, 1977, 1983, 1988, 1993, 1995, 1998, 2003, 2010	1954, 1966, 1984	
Bamenda	50 %	31,25 %	18,75 %	87,50 %	6,25 %	6,25 %	75 %	18,75 %	6,25 %
	1957, 1972, 1981, 1986, 1993, 1996, 2001, 2008	1956, 1968, 1975, 1982, 1991	1952, 1964, 1971	1953, 1957, 1958, 1965, 1969, 1972, 1973, 1983, 1987, 1992, 1994, 1997, 2002, 2009	1982	1976	1958, 1959, 1970, 1973, 1974, 1977, 1983, 1988, 1993, 1995, 1998, 2010	1954, 1966, 2003	1984
Manfé	62,50 %	25 %	12,50 %	87,50 %	6,25 %	6 %	68,75 %	31,25 %	0,0 %
	1952, 1975, 1981, 1982, 1986, 1991, 1993, 1996, 2001, 2008	1957, 1964, 1968, 1972	1956, 1971	1965, 1969, 1972, 1973, 1976, 1982, 1983, 1987, 1992, 1994, 1997, 2002, 2009	1953, 1958	1957	1954, 1959, 1974, 1977, 1983, 1984, 1993, 1995, 1998, 2003, 2010	1958, 1966, 1970, 1973, 1988	0,00 %

3-1-9. Les épisodes El Niño et la pluviométrie à Douala dans la zone de forêt à pluviométrie monomodale

Douala est située en zone côtière et marine qui appartient à la zone forestière à pluviométrie monomodale avec des caractéristiques climatiques particulières. La zone littorale couvre une bande de près de 400 km qui longe l’Océan Atlantique de la frontière nigériane au Nord à la frontière Equato-guinéenne au Sud [3]. Douala n’est qu’un aspect particulier de ce vaste ensemble forestier qui au-delà de sa diversité éco systémique présente une diversité climatique très remarquable. Le **Tableau 12a** ci-dessous indique une forte variation des dates des débuts et des fins des saisons des pluies dans la zone forestière à pluviométrie monomodale. Les années avant les épisodes El Niño enregistrent les précipitations les plus précoces à Douala, soit 43,75 % des cas observés entre Février-Mars. Les années des épisodes El Niño concentrent la majeure partie des premières pluies (soit 37 %) à la fin du mois de Mars. Les années après les épisodes El Niño enregistrent (31,25 %) des premières pluies au mois d’Avril. Ces différences significatives confirment la forte instabilité dans la structuration des premières pluies à Douala les années avant, pendant et après les épisodes El Niño. Les dates des fins des saisons des pluies ne sont pas uniformes les années avant, pendant et après les épisodes El Niño. Le **Tableau 12b** ci-dessous démontre que les pluies sont de plus en plus précoces les années avant les épisodes El Niño. Cette situation entraîne des fins des saisons des pluies précoces. Pareillement, pendant les épisodes El Niño, les premières pluies tardivement, entre le début du mois de Mars et le début du mois d’Avril, pour finir tardivement entre la mi-October et la mi-Décembre.

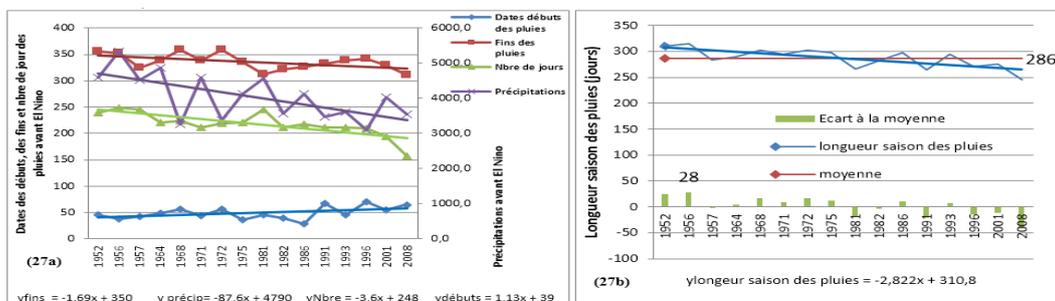
Tableau 12a : Les dates débuts des saisons des pluies à Douala de 1950 à 2010

Mois	Dates début des saisons des pluies (jour de l'année)	Avant El Niño (%)	Pendant El Niño (%)	Après El Niño (%)
Février	36 - 45	6,25 %	0,0 %	0,00 %
Février	46 - 55	43,75 %	15,75 %	0 %
Février-Mars	56 - 65	18,75 %	15,75 %	0 %
Mars	66 - 75	18,75 %	15,75 %	18,75 %
Mars	76 - 85	12,50 %	37 %	43,75 %
Mars-Avril	86 - 95	0 %	15,75 %	6,25 %
Avril	96 - 105	0 %	0,0 %	18,75 %
Avril	106 - 115	0 %	0,0 %	12,50 %
Du début à la fin des saisons des pluies	26 - 135	100 %	100 %	100 %

Tableau 12b : Les épisodes El Niño et les dates des fins des saisons des pluies à Douala de 1950 à 2010

Mois	Dates fins des saisons des pluies (jour de l'année)	Avant l'épisode El Niño (%)	Pendant les épisodes El Niño (%)	Après les épisodes El Niño (%)
Octobre	281 - 290	0,0 %	0 %	18,75 %
Octobre	291 - 300	0,0 %	0,0 %	25 %
Novembre	301 - 310	6,25 %	0 %	31,25 %
Novembre	311 - 320	6,25 %	6,25 %	18,75 %
Novembre	321 - 330	25 %	25 %	6,25 %
Novembre-Décembre	331 - 340	31,25 %	12,5 %	0,00 %
Décembre	341 - 350	6,25 %	25 %	0,00 %
Décembre	351 - 360	25 %	31,25 %	0,00 %
Du début à la fin de la saison des pluies	281 - 360	100 %	100 %	100 %

Les quantités de précipitation est en diminution tandis que le nombre de jour des pluies augmente les années avant les épisodes El Niño (*Figure 27a*). La même *Figure* montre qu'à Douala les pluies commencent tardivement pour finir précocement les années avant les épisodes El Niño. Cette dynamique des dates des débuts et fins des saisons des pluies s'accompagne d'une diminution de la longueur de la saison des pluies. La *Figure 27b* montre que les saisons des pluies se raccourcissent à Douala les années avant les épisodes El Niño. La moyenne est de 286 jours de pluies par an, avec l'année 1956 qui présente la plus longue saison des pluies (avec un excédent de 28 jours de plus par rapport à la moyenne normale).

**Figure 27(a et b) : Les dates des débuts, des fins des saisons des pluies, les quantités de précipitations, le nombre de jour des pluies (a) et la longueur des saisons des pluies (b) à Douala les années avant les épisodes El Niño de 1950 à 2010**

Les débuts et les fins des saisons des pluies ne sont pas uniformes les années pendant les épisodes El Niño. L'année 1982 qui est particulière a connu les pluies les plus précoces en début du mois de Janvier, pour s'achever à la mi-Novembre de la même année. Cette année s'oppose à l'année 1983 qui enregistre les pluies les plus tardives à la fin du mois de Mars pendant l'épisode El Niño, pour s'achever à la fin du mois de Décembre. La saison des pluies se rétrécit progressivement pendant les épisodes El Niño à Douala entre 1950 et 2010 (**Figure 28b**). La moyenne annuelle est de 292 jours de pluies, avec l'année 1982 qui est la plus étalée avec 44 jours de pluies de plus par rapport à la moyenne, tandis que l'année 1983 présente un déficit de 52 jours de pluies par rapport à la moyenne. La différence entre les deux années traduit une sorte de compensation entre les deux années. Pour ce cas précis, l'arrivée de l'épisode El Niño a entraîné un fort étalement des pluies en 1982 année avant les épisodes. Une année après en 1983, le total pluviométrique s'est vu diminué et faiblement étalé par rapport à la moyenne normale.

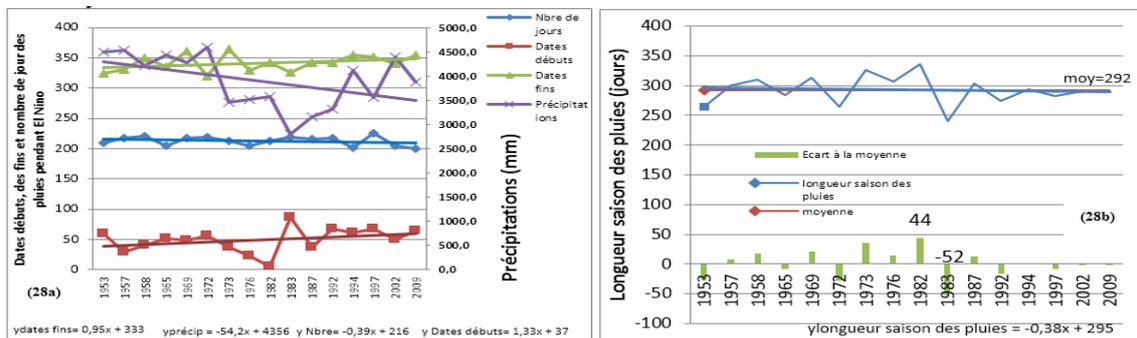


Figure 28 (a et b) : Les dates des débuts, des fins des saisons des pluies, le nombre de jour des pluies, les quantités de précipitations les années pendant les épisodes El Niño (a) et la longueur des saisons des pluies les années avant les dits épisodes (b) à Douala de 1950 à 2010

La **Figure 29a** montre que Douala présente une diminution des quantités de précipitations et du nombre de jour des pluies les années après les épisodes El Niño. La même **Figure** montre que les saisons des pluies commencent tardivement au mois d'Avril et se terminent tardivement, autour du mois de Septembre. Le cas remarquable est celui de l'année 1995 qui enregistre les pluies les plus précoces en début du mois d'Avril, ces pluies s'achèvent en début du mois d'Octobre. Contrairement à ce cas, l'année 1988 enregistre ses premières pluies tardivement à la mi-Mai, elles s'achèvent en début du mois de Novembre. En revanche, la longueur de la saison des pluies s'est rétrécie après les épisodes El Niño (**Figure 29b**). La moyenne est de 173 jours de pluies par an, avec l'année 1966 qui a atteint le record avec un excédent de 40 jours de pluies de plus par rapport à la moyenne, à l'opposé l'année 1974 a présenté un déficit de 27 jours par rapport à la moyenne normale.

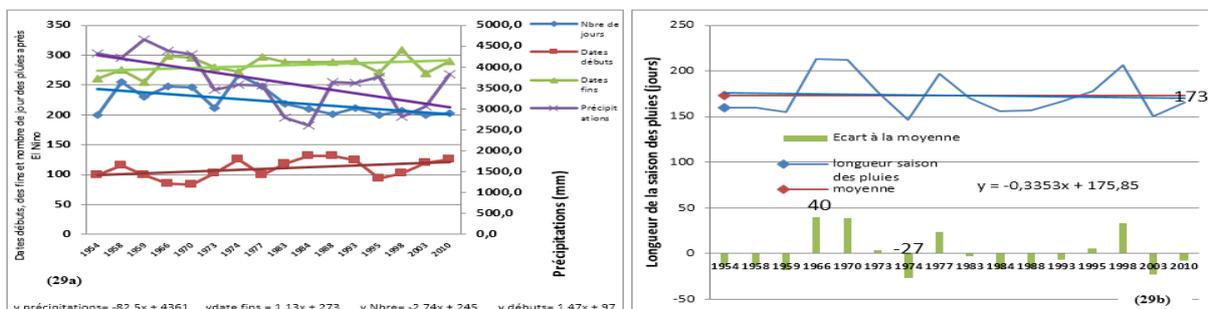


Figure 29 (a et b) : Les dates des débuts, des fins des saisons des pluies, le nombre de jour des pluies, les quantités de précipitations (a) et la longueur des saisons des pluies (b) les années après les épisodes El Niño à Douala de 1950 à 2010

3-1-10. Les épisodes El Niño et la forme des régimes des précipitations dans la zone de forêt à pluviométrie monomodale

La zone forestière à pluviométrie bimodale en général conserve la forme monomodale de ses précipitations. Le régime de type monomodale de Douala représente 71 % les années avant les épisodes ; 62 % les années pendant les épisodes El Niño et 75 % les années après les épisodes El Niño. Le régime bimodal est secondaire et représente 12,5 % les années avant et après les épisodes El Niño, le tableau 13 ci-dessous illustre ces observations.

Tableau 13 : Les épisodes El Niño et la forme des régimes des précipitations dans la zone de forêt à pluviométrie monomodale

Douala dans la zone forestière à pluviométrie monomodale	Avant El Nino		Pendant El Nino		Après El Nino			
	Régime pluviométriques	Monomodal	Bimodal	Monomodal	Bimodal	Monomodal	Bimodal	Plurimodal
Pourcentages		87,5 %	12,5 %	87,5 %	12,5 %	75 %	18,75 %	6,25 %
Années		1952, 1956, 1957, 1964, 1968, 1971, 1972, 1975, 1981, 1982, 1986, 1993, 1996, 2001	1991, 2008	1953, 1957, 1958, 1969, 1972, 1973, 1976, 1982, 1983, 1987, 1992, 1997, 2002, 2009	1965, 1994	1958, 1959, 1970, 1973, 1974, 1977, 1983, 1988, 1993, 1995, 1998, 2010	1954, 1966, 2003	1984

4. Discussion

Compte tenu de la complexité du phénomène El Niño, les grands centres météorologiques ont souvent recours à un outillage de pointe, ce qui n'est pas toujours aisé pour les jeunes Etats tels que les nôtres. L'étude sur la dynamique spatiale et temporelle de la pluviométrie est un fait réel qui se manifeste différemment les années avant, pendant et après les épisodes El Niño dans les cinq zones agro-écologiques du Cameroun. Les données pluviométriques à l'échelle journalière ont été recueillies auprès des stations choisies dans les cinq zones agro-écologiques du Cameroun grâce à la Direction Nationale de la météorologie du Ministère des transports du Cameroun. Ces données traitées ont été soumises à une série d'analyse statistique, ce qui a permis d'avoir les éléments essentiels pour les autres manipulations statistiques. 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 débuts et des fins des saisons des pluies ainsi que de la longueur des saisons des pluies dans les cinq zones agro-écologiques du Cameroun ; la distribution temporelle des régimes de précipitations les années avant, pendant et après les épisodes El Niño dans les cinq zones étudiées. Les indicateurs sont calculés sur la base des moyennes et des écarts à la moyenne, inspirés selon le principe développé par [26]. Les résultats obtenus bien que très significatifs, constitueraient des arguments de base pour une excellente prévision saisonnière dans les différentes zones agro-écologiques du Cameroun. Pour partager ce point de vue, [27] démontrent qu'une association de modèles de prévision météorologique à des modèles de prévision océanique, permet de réaliser des prévisions sur le climat des six mois à venir. Selon cet auteur, lorsque les températures des eaux de surface du Pacifique équatorial augmentent, un scénario de type El Niño est probable. Les épisodes El Nino / La Nina sont les évènements ayant la meilleure prévisibilité à cette échelle de temps. Les résultats de ce travail seraient très significatifs sur l'évaluation des grandes tendances qualitatives (plus chaud ou plus froid, plus sec ou plus humide que la normale, [28]). Cette posture confirme les résultats de [4] qui prédisaient déjà un lien dynamique possible entre le climat dans la zone forestière du

Cameroun et les épisodes El Niño. A contrario, pour [29], cette influence d'El Niño sur le climat de l'Afrique bien que réelle n'expliquerait seulement qu'une petite part de la variabilité climatique qui y a été constatée au cours du XXe siècle. C'est fort de ce constat que [30] évoque en 2015, la dynamique de facteurs tels que les océans, les reliefs, les sols et les activités humaines. Le réchauffement climatique actuel est d'ailleurs attribué pour l'essentiel aux activités humaines telles que le précise le rapport du [31]. Ceci confirme tout aussi le besoin fondamental d'une analyse multi-paramétrale 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. Par ailleurs, des auteurs tels que [32 - 36] évoquent l'existence de nombreuses télé connexions avec les types de climat locaux et ENSO. Pour ces auteurs, le phénomène ENSO provoque une vaste redistribution de la masse de la chaleur et du mouvement au sein du système océan-atmosphère, ce qui a pour conséquence directe d'importantes variations des précipitations et de la température dans de vastes régions du monde. Le noyau dynamique de ces interactions océan-atmosphère qui provoque le phénomène ENSO étant situé dans le domaine océanique indo-pacifique. Pour le cas du Cameroun, sa diversité physique et géographique, son ouverture à l'océan atlantique dans sa partie Sud et la proximité dans sa partie Nord du Sahara, posent de sérieux problèmes de répartition et de distribution des quantités de pluies, du nombre de jour des pluies et même de la température dans les cinq zones agro-écologiques. Bien que ce travail repose essentiellement sur la dynamique spatiale et temporelle de la pluviométrie dans les cinq zones agro-écologiques du Cameroun, la répartition de la chaleur est décroissante quand on descend de la zone soudano-sahélienne au Nord vers la zone forestière au Sud du Cameroun. Cette répartition aura un impact significatif sur la distribution des quantités de pluies, leur répartition spatiale et temporelle et même surtout la distribution des régimes pluviométriques ainsi que celle des dates des débuts et des fins des saisons des pluies.

A cette situation, s'ajoute l'impact de la position géographique des grands ensembles tels que le Sahara et l'océan atlantique sur la distribution différenciée de la quantité de chaleur dans les cinq zones agro-écologiques du Cameroun. La combinaison de ces nombreux facteurs conduira [37] à démontrer que même à l'intérieur d'une même zone agro-écologique, on observe une différence parfois significative dans la reprise des précipitations. Le cas du bassin de la Sanaga est le plus significatif. Ce bassin enregistre en moyenne 1515 mm/an de précipitations par an. Cette moyenne est légèrement inférieure dans la partie équatoriale guinéenne (1492,4 mm/an) et présente une reprise qui reste inférieure à la moyenne de la zone. Ces précipitations font varier les débits de la Sanaga dont le module est de 1864,3 m³/s/an. Les épisodes El Niño s'associent à des facteurs tels que les températures de la surface océaniques, les pressions atmosphériques à différentes positions géographiques, le déplacement des centres d'action atmosphériques. Au-delà de la considération de l'impact des masses d'air issues des phénomènes El Niño dans l'océan pacifique, le problème de la proximité de l'océan atlantique dans la zone de forêt à pluviométrie monomodal est réel et expliquerait un peu plus la question de la distribution des masses d'air océaniques et même de l'humidité. C'est pour justifier cela que [38] démontrent que les anomalies de température de la surface de l'atlantique Nord sont étroitement liées aux différentes phases de l'oscillation Nord Atlantique. Par ailleurs, les mêmes auteurs démontrent qu'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 ci-dessus cités, les saisons ou intersaisons 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 meilleurs prévisions seront élaborées.

5. Conclusion

Comme dans les autres régions de l'Afrique tropicale, le Cameroun subit les effets néfastes des phénomènes climatiques globaux. Ceux-ci affectent tous les secteurs socioéconomiques de notre pays. Les résultats de l'étude sur l'impact des épisodes El Niño sur la dynamique spatiale et temporelle de la pluviométrie dans les cinq zones agro-écologiques du Cameroun montre qu'à l'exception de Maroua qui enregistre des quantités de pluies excédentaires les années El Niño, les épisodes El Niño provoquent une réduction des quantités de pluies tombées à l'échelle annuelle, saisonnière, ainsi que sur les dates des débuts et des fins des saisons des pluies dans les cinq zones agro-écologiques. Dans la zone des hautes savanes guinéennes, les pluies commencent de plus en plus tôt, les années avant, pendant et après l'épisode mais ne finissent pas au même moment. Elles finissent de plus en plus tôt les années avant et pendant les épisodes et de plus en plus tardivement après l'épisode. Dans la zone forestière à pluviométrie bimodale, la petite saison des pluies commence 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 très souvent 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 en ce qui concerne les années pendant et après lesdites épisodes.

Cette distribution des dates des débuts et fins des saisons des pluies n'est cependant pas uniforme dans toute la bande forestière, cette situation s'observe par l'instabilité observée de la longueur des deux saisons des pluies à Yaoundé. A Ebolowa, la petite saison des pluies dure plus longtemps, soit un mois de plus que la grande saison des pluies qui ne dure moins de 04 mois en moyenne, tandis qu'à Bertoua la grande saison des pluies reste la plus longue Bertoua. Elle s'étale sur 96 jours en moyenne, alors que la petite saison des pluies ne s'étale que sur 84 jours les années avant l'épisode. Dans la zone des hauts plateaux en général, la pluviométrie est en baisse générale les années avant, pendant et après les épisodes. Cette baisse s'accompagne d'un déplacement régulier des dates des débuts et des fins de saison des pluies. A Bafoussam et à Bamenda, les dates des débuts des saisons des pluies se déplacent en phase les années avant l'épisode El Niño. Cette évolution s'accompagne d'un déplacement régulier des saisons des pluies qui commencent de plus en plus tardivement dans les deux régions avec des fins qui ne coïncident pas dans toute la zone. Elle est tardive à Bafoussam et de plus en plus précoce à Bamenda les années avant l'épisode. La saison des pluies apparaît de plus en plus courte dans toute la zone des hauts plateaux. Pendant cette période les pluies arrivent de plus en plus précocement et finissent tardivement. Cette situation s'accompagne d'un déplacement permanent de la saison des pluies et d'un léger raccourcissement de la saison des pluies.

L'apparition des épisodes El Niño a une incidence sur la configuration actuelle des régimes des précipitations dans les cinq zones agro-écologiques. Globalement la baisse de la pluviométrie s'accompagne de nombreuses conséquences notamment, une réduction de la production hydro-électrique, occasionnant ainsi de nombreux délestages et la baisse de la production industrielle. Il est constaté une réduction de ressource en eau sur tout le territoire national. La raréfaction 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 sont caractérisés par une croissance des attaques des insectes, une multiplication des feux de brousse, une grande dégradation des sols, une raréfaction des pâturages et de la ressource en eau avec de grandes pertes de bétails. Ces impacts sont plus sévères dans la zone septentrionale du Cameroun caractérisée par de fortes densités de populations. En atteignant son paroxysme en 2016, El Niño s'est accompagné d'une multiplication de feux de brousses, situation à l'origine d'une forte insécurité alimentaire. Cet épisode est à l'origine d'une période de sécheresse et d'inondations, mais aussi plus largement, d'un bouleversant des activités agricoles et pastorales. En raison de la complexité du système climatique qui intègre à la fois de nombreux facteurs, la

compréhension du phénomène El Niño et son impact sur la pluviométrie au Cameroun n'est qu'une partie du puzzle qui pour être plus abordée devrait s'associer à d'autres facteurs tels que la température de la surface des océans, le comportement de la pression atmosphérique ainsi que les positions des principaux centres d'action atmosphériques, etc.

Références

- [1] - République du Cameroun, Document de stratégie pour la croissance et l'emploi. Cadre de référence de l'action gouvernementale pour la période 2010-2020, Août 2009.
- [2] - Rapport sur le Plan National d'Adaptation aux Changements Climatiques (PNAAC), Cameroun, (2012) 18 - 20.
- [3] - Rapport sur la Seconde Communication nationale sur les Changements Climatiques. (SCCC), (2015) 39 - 40.
- [4] - MARIN SYLVERE MENA, « *Mise en évidence de la variabilité des précipitations saisonnières à la station Météorologique de Yaoundé de 1951 à 2001* ». Mémoire de Maîtrise, UYI, Cameroun, (2005) 130 P.
- [5] - SAMUEL AIME ABOSSOLO, ROMAIN ARMAND SOLEIL BATHA, 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, (EDUCI), N°1 (2015) 2 - 12.
- [6] - J. BOULET, Les pays de la Bénoué. ORSTOM, (1999) 90 p.
- [7] - M. GILBERT, M. M'BIANDOUN, JEAN PAUL OLINA, Caractérisation du climat dans les quatre terroirs de la zone soudano-sahélienne du Nord-Cameroun et conséquences pour l'agriculture, (2002) 115 - 125.
- [8] - J. BRUNAUT, Paysage et paléoclimats en Afrique Centrale. Libreville. Univ, (1986) 235 - 245.
- [9] - A. CASENAVE, C. VALENTIN, Les états de surface de la zone sahélienne. Paris, ORSTOM, (1989).
- [10] - J. B. SUCHEL, « Un essai de classification des climats Camerounais au moyen d'indices pluvio-hydro-thermiques ». Rev. Géo. Cam, Vol. III, n°2 : 60 (1982) 85 - 90.
- [11] - D. Martin, Etudes pédologiques dans le Centre Cameroun : Nanga-Eboko à Bertoua. Paris, ORSTOM. Coll. Mémoires n° 19, fotogr. h. t., fig., cart. h. t, (1966) 90.
- [12] - E. SERVAT, *Etude de la sensibilité du climat tropical à la déforestation*. Thèse de doctorat de l'Université de Paris VI, (1990) 285 P.
- [13] - C. SANCHOIR, A. BOPDA, Atlas régional Sud-Cameroun. Paris, France, Editions de l'Orstom, (1995) P 53.
- [14] - Atlas du Cameroun, Edition jeune Afrique, (2007) 22.
- [15] - J. OLIVRY, *Fleuves et rivières du Cameroun*. MESRES / ORSTOM, Monogr. Hydrol. ORSTOM, 9, Paris, (1986) 723.
- [16] - M. KUETE, Les aspects physiques de l'environnement d'une bordure de socle tropical au fond du golfe de guinée, Presse Universitaire de Yaoundé, Cameroun, (2000).
- [17] - AARON S NEBA, Géographie Moderne de la République Unie du Cameroun. Editions Neba, Camdem, N.J.08101, Etats-Unis, (1987) 211.
- [18] - A. GAMBLIN et al, Les littoraux espaces et vie, Paris, SEDES, (1998).
- [19] - D. SIGHOMNOU, *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, (2004) 291.
- [20] - L. SOME., M. V. K. SIVAKUMAR, *Analyse de la longueur de la Saison Culturelle en Fonction de la date de début des pluies au Burkina Faso*, (1994). INERA, ICRISAT : Ouagadougou, (1994).
- [21] - Organisation Mondiale Météorologie (OMM), (2009).
- [22] - Organisation Mondiale Météorologie (OMM), (2015).
- [23] - A. GODARD., M. TABEAUD, *Les climats - mécanismes et répartition*. Armand Colin, (1993) 192.

- [24] - A. L. SORNIKA, Corrélation entre les processus synoptiques du Nord de l'Océan Atlantique et Pacifique. *Observatoire principal et Central*, Production, 38 (1988) 53 - 87.
- [25] - JOSEPH ARMATHEE AMOUGOU, ROMAIN ARMAND SOLEIL BATHA, 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 (2014) 153 - 177 pp, ISSN 1813 - 3290.
- [26] - ROMAIN GOUTAINE SEINGUE, LAOHOTE BAOHOUTOU, Mise en évidence de la variabilité pluviométrique sur la plaine du Mayo-Kebbi, Sud-Ouest du Tchad. *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 25 (2015) 93 - 10993, ISSN 1813 - 3290.
- [27] - A. J. CLARKE, L. SHU, Quasi-biennial winds in the far western equatorial Pacific phase-locking *El Niño* to the seasonal cycle. *Geophysical Research Letters*, 27 (6) (2000) 771 - 774.
- [28] - B. FONTAINE., S. JANICOT, V. MORON, I. ROUCOU, T. RZASKA S., 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, (1998) 14 - 35.
- [29] - OLIVIER DEWITTE, 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, (2001) 15 - 32.
- [30] - SAMUEL AIME ABOSSOLO, JOSEPH ARMATHEE AMOUGOU, MESMIN TCHINDJANG, MARIN SILVERE, Analyse des précipitations annuelles à la station de Yaoundé de 1895 à 2006, *Afrique SCIENCE*, 11(2) (2015) 183 - 194.
- [31] - GIEC : l'activité humaine mise en cause dans le réchauffement climatique, mois de Mars (2007).
- [32] - E. M. RASMUSSEN, T. H. CARPENTER, Variations in Tropical Sea Surface Temperature and Surface Wind Fields Associated with the Southern Oscillation/*El Niño*. *Monthly Weather Review*, 110 (5) (1982) 354 - 384.
- [33] - C. F. ROPELEWSKI, M. S. HALPERT, Global and Regional Scale Precipitation Patterns Associated with the *El Niño*/Southern Oscillation. *Monthly Weather Review*, 115 (8) (1987) 1606 - 1626.
- [34] - C. F. ROPELEWSKI, M. S. HALPERT, Quantifying Southern Oscillation-Precipitation Relationships. *Journal of Climate*, 9 (5) (1996) 1043 - 1059.
- [35] - R. S. BRADLEY, H. F. DIAZ, G. N. KILLADIS, J. K. EISCHEID, ENSO signal in continental temperature and precipitation records. *Nature*, 327 (6122) (1987) 497 - 501.
- [36] - H. F. DIAZ, G. KILLADIS, 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, (1992) 7 - 28.
- [37] - JOSEPH ARMATHEE AMOUGOU., SAMUEL AIME ABOSSOLO., MESMIN TCHINDJANG ET ROMAIN ARMAND SOLEIL BATHA, 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 (2015) 110 - 124 110, ISSN 1813 - 3290.
- [38] - C. CASSOU, L. TERRAY, Dual influence of Atlantic and Pacific SST anomalies on the North Atlantic/Europe winter climate. *Geophys. Res. Lett.*, 28 (2001) 3195 - 3198.