

Samuel Aimé Abossolo, Joseph Armathé Amougou
et Mesmin Tchindjang

**Perturbations climatiques et pratiques
agricoles dans les zones agroécologiques
du Cameroun**

Changements socio-économiques et problématique d'adap-
tation aux bouleversements climatiques

Connaissances et Savoirs

Cet ouvrage a été réalisé par les éditions
Connaissances et Savoirs
175, boulevard Anatole France – 93200 Saint-Denis
Tél. : 01 84 74 10 10 – Fax : 01 41 684 594
contact@connaissances-savoirs.com
www.connaissances-savoirs.com



Imprimé en France
Tous droits réservés pour tous pays.

Dépôt légal.
© Éditions Connaissances et Savoirs, 2017

Le Code de la propriété intellectuelle interdit les copies ou reproductions destinées à une utilisation collective. Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite par quelque procédé que ce soit, sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants cause, est illicite et constitue une contrefaçon sanctionnée par les articles L 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

Chapitre 5.

Déficits hydro pluviométriques et implications sur l'activité agricole en zone soudano-sahélienne au Cameroun : cas de Maroua et Yagoua (1948-2013)

Saha Frédéric¹, Tchindjang Mesmin¹, Eloundou Messi Paul Basile², Tchuenga Seutchueng Thierry Gaïtan³, Manfo Donatien Arnaud¹, Voundi Éric¹ et Mbevo Fendoung Philippe¹

¹Département de Géographie, Faculté des Arts, Lettres et Sciences Humaines (FALSH), Université de Yaoundé I

²Département de géographie, École Normale Supérieure, Université de Maroua. ³IRAD Yaoundé.

Résumé

Le climat soudano-sahélien règne sur la région de l'Extrême Nord du Cameroun qui accuse un plus grand retard socioéconomique dans le pays (INS, 2015). La faible productivité du milieu et la forte croissance démographique sont entre autres les facteurs explicatifs de cette situation. Cette région se raccorde à la bande sahélienne du continent africain caractérisée par une longue saison sèche (Pieri, 1989). Durant les deux dernières décennies, l'Afrique sahélienne a connu un foisonnement d'études hydroclimatiques mettant en exergue une longue période de sécheresse dominée par d'importants déficits pluviométriques avec un impact sur toutes les autres composantes du milieu naturel et humain.

Cette étude s'appuie sur une série chronologique de données pluviométriques disponibles pour les stations de Maroua et Yagoua pour identifier les risques liés à la répartition journalière, mensuelle, annuelle et décadaire des précipitations sur l'activité agricole en zone soudano-sahélienne au Cameroun. Il en ressort qu'avant 1969, date de la première rupture de stationnarité, la pluviométrie de la zone était excédentaire avec une prédominance d'années humides. À partir de 1970, commence une longue période sèche marquée par une faible pluviométrie. Les données présentent une reprise de l'humidité dès le début de la décennie 1990 sans toutefois atteindre la situation d'avant 1970. Pendant la période sèche, l'agriculture pluviale est profondément éprouvée et les populations doivent avoir redoublé d'efforts dans les cultures de contre saison notamment le sorgho (Fotsing, 2009). L'instabilité de la saison des pluies avec des retours tardifs et les fins précoces menace aussi bien l'agriculture pluviale que l'agriculture inondée, de décrue et même de contre-saison. Les pauses pluviométriques de plus en plus nombreuses et longues renforcent le caractère aléatoire de l'agriculture pluviale. La recrudescence des fortes pluies est à l'origine d'inondations causant des pertes catastrophiques sur l'ensemble du système de production.

Mots clés : agriculture pluviale, pause pluviométrique, sorgho, zone soudano-sahélienne.

Introduction

Les différents rapports publiés par le GIEC depuis 1991 ont permis d'affiner les observations sur les manifestations des changements climatiques. Au plan mondial ; il s'agit de : l'augmentation des températures à la surface de la terre, de l'élévation du niveau de la mer, des perturbations pluviométriques, du renforcement des masses d'air tropicales, etc. Au niveau régional, chaque continent en fonction de ses réalités biophysiques et humaines subit de manière singulière ces changements.

L’Afrique est victime de la progression de la sécheresse, la baisse des ressources en eau, la recrudescence des inondations, l’instabilité de sa pluviométrie... Le sahel est la zone du continent la plus touchée par ces différentes manifestations (GIEC, 2007). Diverses observations faites par le centre régional AGRHYMET et d’autres auteurs (Hulme, 2001 ; Janicot et al., 1993 ; Le Barbé et al., 2002) font état d’une baisse des précipitations au sahel depuis la fin des années 1960 avec une reprise de l’humidité entamée dès le début des années 1990. Si cette situation est concordante dans la partie Ouest du sahel, il est encore nécessaire de densifier les études au centre ; une importante variation spatiale des précipitations étant observable dans cette partie du continent.

L’activité agricole est sans conteste le secteur de l’économie le plus touché par ces changements de pluviométrie ressentie dans le sahel en Afrique (GIEC, 2007). L’extension des terres arides, la baisse des ressources en eau, et l’augmentation des températures affectent directement la productivité de toutes les spéculations. En outre, la dynamique que connaît la saison des pluies porte un sérieux coup à l’agriculture pluviale qui représente près de 93 % des terres cultivées et 80 % des céréales consommées dans la partie soudano-sahélienne de l’Afrique (Sultan et al., 2012).

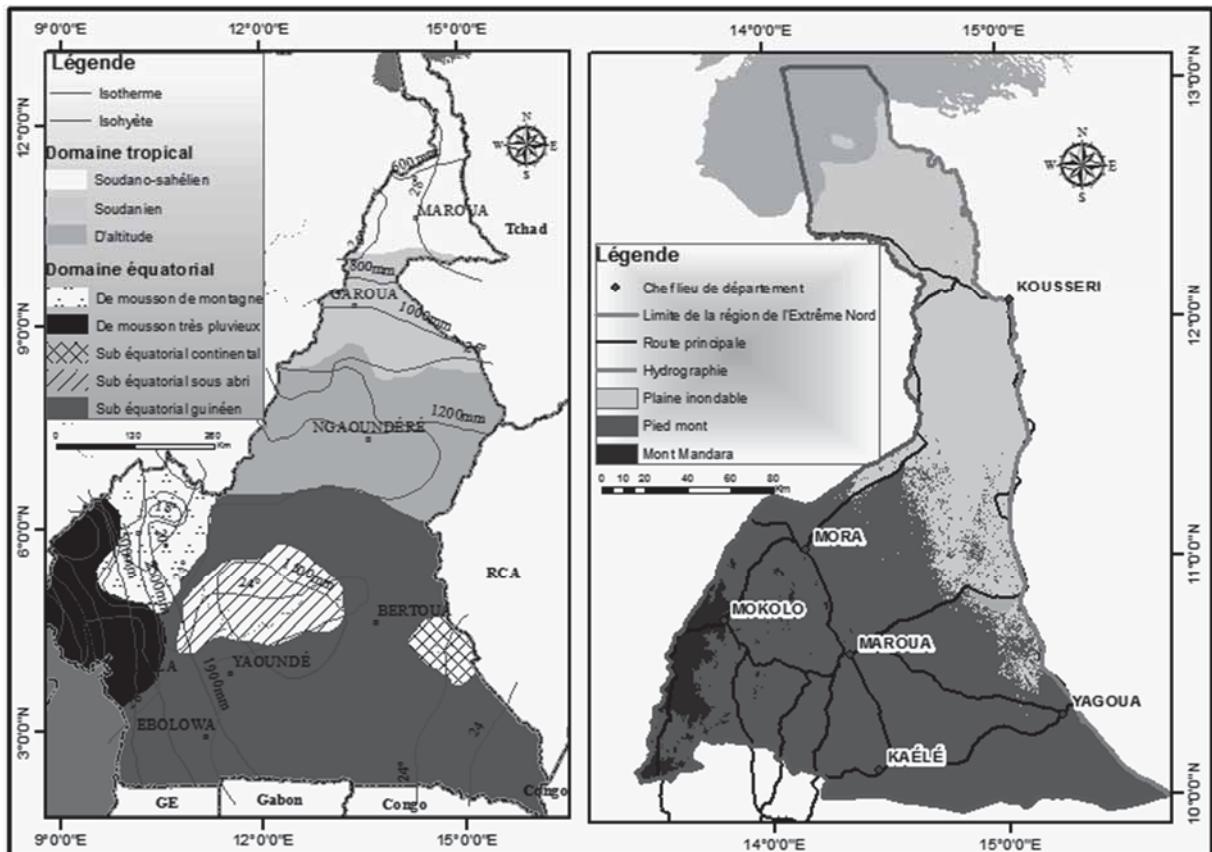
Dans la région de l’Extrême-Nord du Cameroun, le taux d’invasion des champs par les chenilles, les cas de ré-semis, les superficies dévastées par les inondations, la baisse des rendements par ha, le flétrissement des cultures sont quelques-uns des indicateurs mis en exergue par Anougue et al., (2013) dans un rapport de la GIZ. L’objectif de ce travail est de procéder à une analyse fine des données de pluviométrie journalière sur près de sept décennies pour identifier les anomalies pluviométriques et leurs impacts respectifs et/ou cumulés sur l’activité agricole.

5.1. Cadre d’étude et démarche méthodologique

5.1.1. Le domaine soudano-sahélien camerounais cadre physique et humain

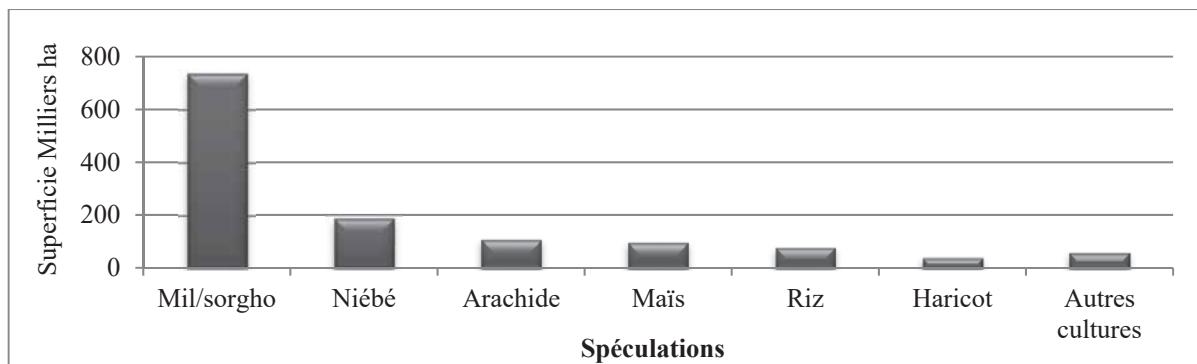
La zone soudano-sahélienne du Cameroun correspond au plan administratif à la région de l’Extrême-Nord. Elle s’étend au-delà du 10^e parallèle Nord et rompt avec le domaine tropical humide régnant au sud avec la baisse de la pluviométrie et l’augmentation des températures moyennes (figure 1). Globalement, il s’agit d’un milieu chaud avec une concentration des précipitations sur trois à quatre mois et une longue saison sèche. Les cours d’eau (*mayos*) de ce milieu présentent un écoulement intermittent. Seul le fleuve Logone, prenant sa source dans l’Adamaoua et profitant de l’étendue de son bassin, maintient son écoulement toute l’année avec une baisse drastique de son débit entre décembre et juin (< 200 m³/s). Au plan topographique cette région est caractérisée par son étagement. Les monts Mandara à l’Ouest dominent avec des altitudes variant entre 800 et 1494 m. En contrebas, se trouve le piémont qui fait la transition avec une vaste plaine inondable inscrite dans la liste des sites humides du monde en respect des indications de la Convention de Ramsar.

Figure 1. Localisation du domaine tropical soudano-sahélien au Cameroun



Au plan humain, la Région de l'Extrême-Nord fait figure de grand bassin de peuplement au Cameroun. Au troisième recensement général de la population et de l'habitat (RGPH 3) mené en 2005, sa population se chiffrait à 3 111 792 habitants. En 2015, cette population était projetée à 3 945 168 habitants ; soit une densité de 115 habitants/km². En ce qui concerne l'économie, le secteur primaire est dominé par l'agriculture, l'élevage (bovin, caprin, porcin, volaille...) et la pêche. Une demi-dizaine de spéculations agricoles représente plus de 95 % des superficies cultivées (figure 2). Toutes les activités primaires sont dominées par des pratiques extensives essentiellement dépendantes des conditions du milieu naturel. Le commerce, le transport, l'artisanat et le tourisme sont également florissants. Il faut remarquer que les stratégies pour l'atteinte des Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD) ont connu peu de succès dans cette région. En effet, 74,3 % de la population vit en dessous du seuil de pauvreté et seulement 63 % des jeunes de moins de 15 ans sont scolarisés (INS, 2015). La forte croissance démographique, l'insécurité, la dégradation de l'environnement avec les effets des changements climatiques sont entre autres les facteurs à l'origine des mauvaises conditions de vie dans cette région du Cameroun.

Figure 2.
Superficies des principales spéculations agricoles dans la Région de l'Extrême-Nord du Cameroun



(source : Annuaire statistique du Cameroun – données moyennes 2009-2011)

5.1.2. Collecte de données et analyse

5.1.2.1. Les données

Cette étude repose sur des données pluviométriques des stations de Yagoua et Maroua dans la région de l'Extrême Nord du Cameroun. Il s'agit des quantités journalières de précipitations. Ces données proviennent de l'unité technique de la Société de Développement du Coton au Cameroun (SODECOTON) qui est une importante agro-industrie en activité dans la zone. La période d'observation s'étend de 1948 en 2013 soit plus de sept décennies donnant la possibilité de conduire un ensemble de test statistiques pour extraire des informations utiles. D'autres données sont issues de la revue de la littérature sur le sahel africain, même si la partie camerounaise reste la moins étudiée par rapport aux pays d'Afrique de l'Ouest. L'annuaire statistique du Cameroun de 2013 et quelques numéros d'Aristat ont été exploités pour les données agricoles. Des descentes de terrains dans le département du Mayo Danay en 2013 et le parcours du département du Diamaré en 2015 ont permis la collecte des données de terrain.

5.1.2.1.1. Les traitements

Les données pluviométriques collectées ont fait l'objet d'un ensemble de traitement visant à ressortir les anomalies ayant un impact sur la production agricole. Les applications ChronoStat® et Excel ont été utilisées.

5.1.2.1.2. Test de détection de rupture

Il permet d'isoler au sein de la série statistique étudiée des segments de manière à ce que les moyennes calculées sur chaque segment soient significativement différentes (Hubert et al., 1989). L'application Chronostat1.01® développée par l'UMR Hydrosciences de Montpellier ; spécialisée dans l'analyse de séries chronologiques propose un ensemble de test de détection de ruptures : le test de Buishand et l'ellipse de Bois, la méthode non paramétrique de Pettitt, la méthode bayésienne de Lee et Heghinian et la Segmentation de Hubert.

5.1.2.1.3. Délimitation de la saison des pluies

Pour déterminer le début de la saison des pluies qui correspond à la période d'ensemencement des terres plusieurs auteurs proposent des méthodes dont l'efficacité dépend de la précision des données historiques disponibles et des programmes de traitement mis en application. En milieu sahélien, Sivakumar (1987) et Erpicum et al. (1988) ont proposé des méthodes présentant un intérêt certain pour les activités agricoles. La méthode de Sivakumar que nous utilisons dans cette étude a été développée sur la base d'observations faites sur le mil en milieu sahélien et soudanien. Elle a connu un important succès dans les pays ouest-africains grâce à sa facilité d'application et son caractère agro-nomique (Ozer et al., 2005). Pour cette méthode, le critère fixé pour le début de la saison de pluie

est de 20 mm recueillis en trois jours consécutifs après le 1er mai sans période sèche supérieure à 7 jours pendant les 30 jours suivants. La fin de la saison de pluie est fixée au jour ou après le 1er septembre, il y a plus de pluies pendant une période 20 jours.

5.1.2.1.4. Recensement des pauses pluviométriques

La configuration climatique du milieu sahélien avec la faiblesse de ses précipitations ponctuées par des séquences sèches pendant la saison des pluies limite les possibilités agronomiques de la zone. Les cultures pluvieuses sont essentiellement des céréales (riz, maïs, mil, sorgho...). Le maïs se révèle comme la plante la plus sensible aux pauses pluviométriques. Lorsque pendant 04 jours consécutifs aucune pluie n'est enregistrée, l'incidence peut être le ralentissement de la croissance ou la mauvaise épiaison en fonction de la période d'occurrence. Lorsque la pause se prolonge au-delà d'une semaine, toutes les plantes y compris les plus résistantes (mil, sorgho et niébé) sont touchées. Pour cette étude les courtes pauses sont comprises entre 4 et 7 jours, tandis que les longues pauses durent de 8 à 15 jours.

5.1.2.1.5. Le regroupement des événements pluvieux en classes

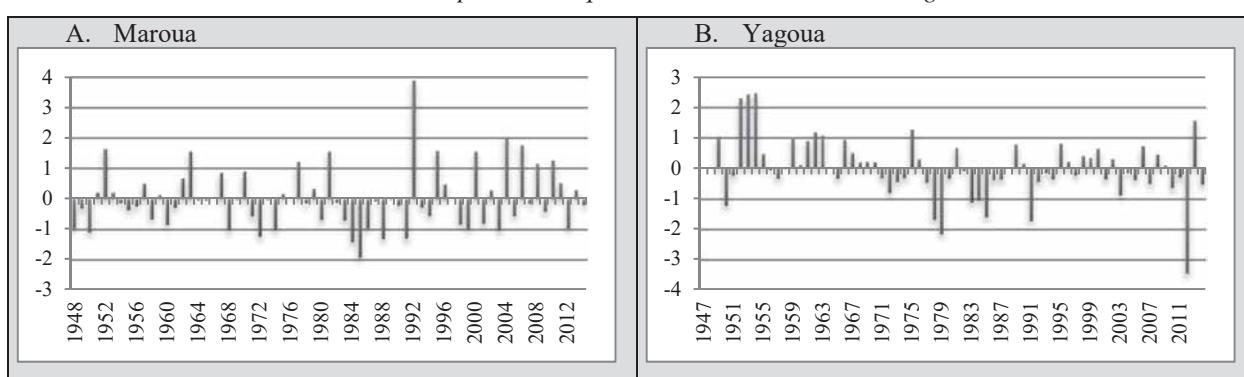
L'Organisation de la Météorologie Mondiale (OMM) regroupe les pluies en quatre classes : P1 (1 à 10 mm), P2 (11 à 30 mm), P3 (31 à 50 mm) et P4 (> 50 mm). L'analyse des données des stations de Maroua et Yagoua choisies pour cette étude a permis de ressortir l'ensemble de ces classes pluviométriques. On remarque une forte occurrence des P1 et une très faible occurrence des P4, d'où le regroupement des P3 et P4.

5.2. Présentation et analyse des résultats

5.2.1. La dynamique pluviométrique

En moyenne pour la période 1948-2013, le cumul annuel de précipitations est de 754 mm à Yagoua et 796 mm à Maroua. Cet état moyen dissimule une forte variabilité interannuelle avec des tendances identifiables pour certaines périodes. La figure 3 A & B présente l'évolution interannuelle des précipitations pour les deux stations choisies à travers l'Indice Standardisé des Précipitations (SPI).

Figure 3.
SPI des données pluviométriques annuelles de Maroua et Yagoua



Pour une période d'observation de 66 années à Yagoua, 31 années présentent des excédents pluviométriques et 35 des déficits. Parmi les années excédentaires, 03 sont caractérisées par une humidité extrême ($SPI > 2$) et 06 années présentent des humidités fortes ($1 < SPI < 2$). Il faut remarquer que les années humides se recensent en majorité au début de la série statistique notamment dans les années 40, 50 et 60. Toutefois, à la fin de la série, l'année 2012 présente aussi une forte humidité. Les années 1978 et 2011 furent les années d'extrême sécheresse ($SPI < -2$). Six autres années présentent une sécheresse forte ($-2 < SPI < -1$) et les autres années montrent une sécheresse modérée ($-1 < SPI < 0$).

La situation de Maroua est plus aléatoire et la tendance dominante est l'ampleur de la sécheresse de la décennie 1982-1981. L'année 1992 fut extrêmement arrosée et annonçait une période d'excédents pluviométriques avec une forte prédominance d'années humides.

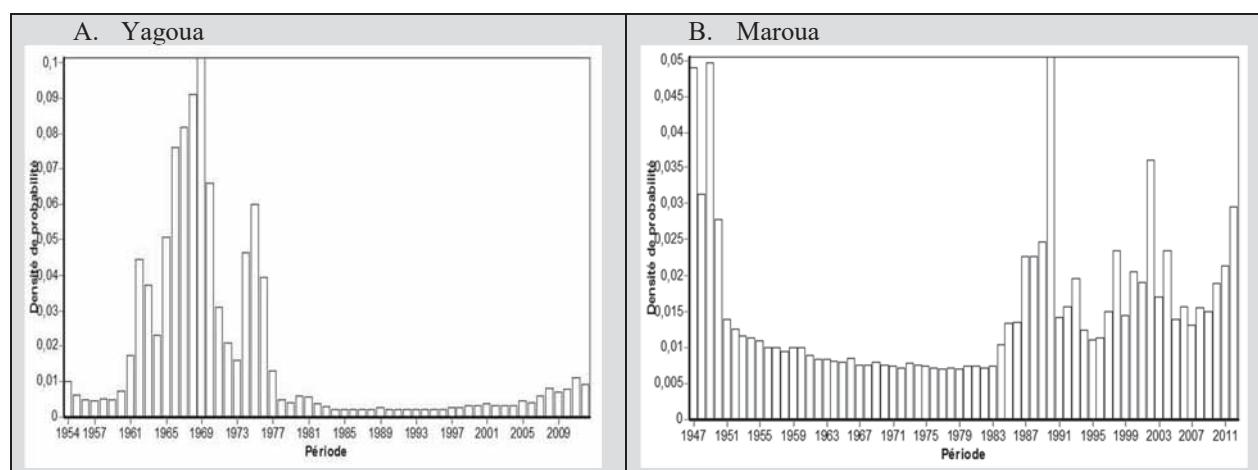
Les années d'extrême humidité s'illustrent par des crues catastrophiques qui affectent l'ensemble de l'appareil de production. Le dernier cas en date est celui de l'année 2012. En cette année, tous les six départements de la région ont été touchés par les inondations. L'arrondissement de Kai-Kai, une des localités les plus touchées ; avait perdu 12 000 ha de riz, 13 308 ha de sorgho, 292 662 ha de mil, 2 330 ha de niébé et toutes les pépinières du sorgho de contre saison furent détruites (données de la Délégation Régionale du MINADER de la Région de l'Extrême Nord).

5.2.2. Alternance des périodes sèches et humides entre 1948 et 2013

Des tests de ruptures appliqués aux données des stations de Maroua et Yagoua permettent d'identifier plusieurs périodes dans la série statistique de données. On remarque que l'année 1969 présente la principale rupture avec une densité de probabilité a posteriori de 0,1015 pour ce qui est des données de Yagoua (figure 4).

Figure 4.

Procédure de Lee et Heghinien de détection de rupture dans la série statistique des données pluviométrique des stations de Maroua et Yagoua



Les études du centre régional **AGRHYMET (2011)** de Niamey au Niger, situent également à cette date (1969) la principale rupture pluviométrique au Sahel. Avant 1969, les précipitations étaient abondantes. La rupture survenue en 1969 marquait le début d'une période de forte sécheresse avec une importante diminution de la pluviométrie (tableau 1).

Tableau 2.
Caractérisation des segments de la série statistique (Yagoua)

Segments	Moyenne annuelle de pluviométrie	Écart type α	Coefficient de variation (cv) en %
1954 – 1969	822	94	11
1970 – 2013	699	172	24
Total (1954 – 2013)	732	161	21

(Source : Analyse des données pluviométriques)

Appliquée aux données de Maroua, la procédure de Lee et Heghinien détecte la principale rupture en 1990 (figure 4). Ainsi, cette année marquerait la fin de la longue période de sécheresse avec une reprise de l'humidité. Plusieurs auteurs (**Label et al., 2009 ; Ozer et al., 2003**) s'accordent d'ailleurs

pour démontrer que si la sécheresse continue en Afrique de l'Ouest, elle n'est plus d'actualité dans la partie orientale du Sahel où depuis plus de deux décennies l'humidité est de retour. Cette même réalité ressort de l'analyse décadaire (tableau 2).

Tableau 3.
Répartition décadaire des données pluviométriques de Maroua et Yagoua

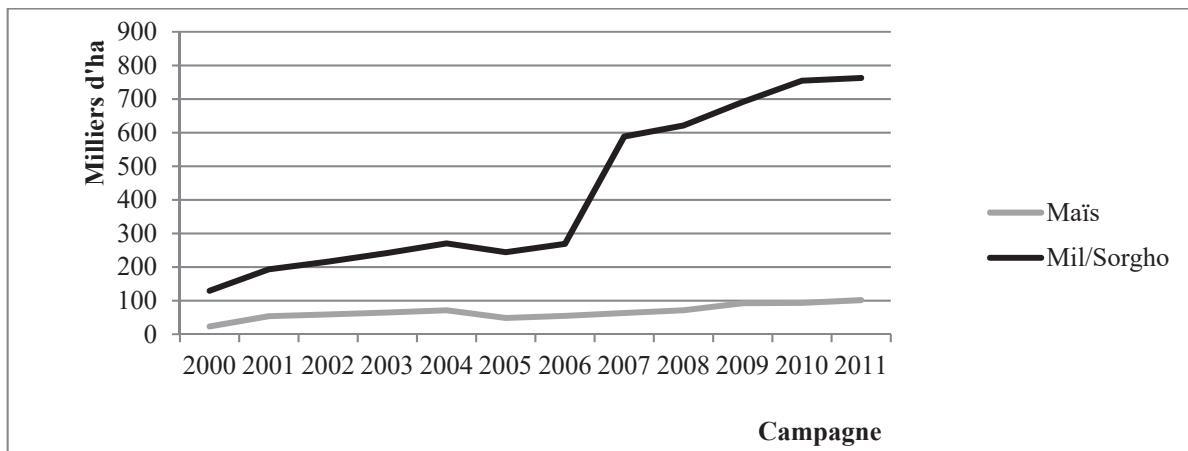
Décade	Moyenne décadaire		Écart type		Coefficient de variation	
	Maroua	Yagoua	Maroua	Yagoua	Maroua	Yagoua
1950-1959	802	903	96	216	12	23
1960-1969	831	843	102	94	11	11
1970-1979	769	659	98	176	13	27
1980-1989	724	696	135	144	18	20
1990-1999	845	742	219	136	23	18
2000-2009	844	727	154	95	18	13

(Source : Analyse des données pluviométriques)

Les deux décennies de sécheresse 1970-1989 furent très préjudiciables pour l'agriculture pluviale dans tout le Sahel africain (FAO, 2007). Dans la plaine inondable de la région de l'Extrême Nord du Cameroun l'agriculture inondée (riziculture) avait aussi connu un recul à cause de la diminution des superficies annuellement submergées. **Fotsing (2009)** situe à cette période l'extension de la culture du sorgho de contre saison dans cette zone (*Muskwari*). La baisse de la pluviométrie couplée à une forte variabilité interannuelle avait diminué la productivité du maïs, du mil et toutes les autres cultures de saison de pluies ; le sorgho de contre saison s'était alors illustré comme atout principal dans la stratégie de maintien de la sécurité alimentaire (Young et Mottram, 2003 ; Fotsing et Mainam, 2003).

Un recouplement des données de la Direction des Enquêtes et des Statistiques Agricoles (DESA) du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MINADER) montre qu'en 2000, la superficie consacrée à la production du maïs et du mil/sorgho dans la Région de l'Extrême-Nord était respectivement de 22 936 ha et de 129 251 ha. Une douzaine d'années plus tard, le maïs franchissait à peine la barre de 100 000 ha ; alors que le mil/sorgho se rapprochait du million d'ha (figure 5).

Figure 5.
Évolution des superficies de maïs et mil/sorgho dans la Région de l'Extrême-Nord du Cameroun entre 2000-2012



(Source : DESA et INS)

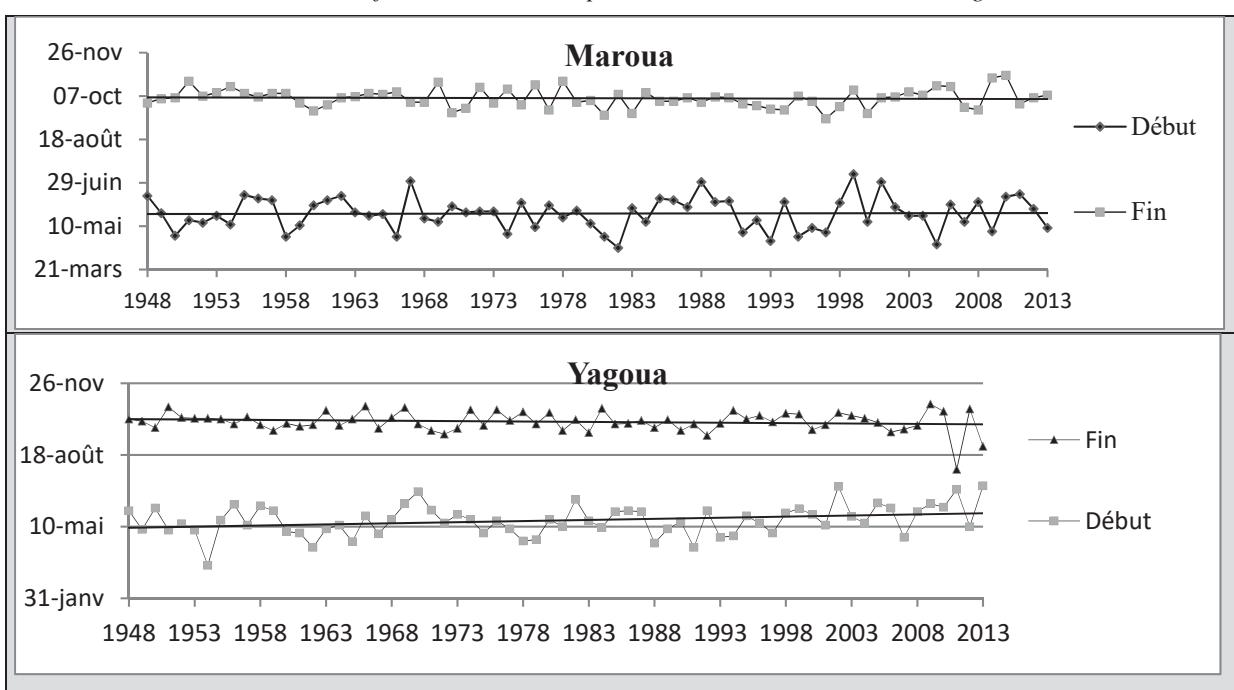
Il faut remarquer que dans la production de ces statistiques, la DESA regroupe le mil et le sorgho parce qu'ils sont souvent pratiqués sur les mêmes parcelles. La présentation en fonction des campagnes montre que la deuxième ; c'est-à-dire celle de la saison sèche (le sorgho de contre saison) représente 68 %, puis, le mil et le sorgho pluviaux uniquement 32 %.

5.2.3. L'instabilité saisonnière

La programmation des activités agricoles est tributaire du comportement de la pluviométrie locale. Les opérations de semis, d'entretien des cultures et même le moissonnage correspondent à des périodes précises de la saison des pluies ou de la saison sèche. Alors que les premières pluies s'abattent à Maroua dès le 14 avril, la méthode de Sivakumar situe le début de la saison des pluies au 24 mai en moyenne. Avant cette date on remarque une fréquence peu considérable de faibles pluies séparées de longues périodes sèches. La fin de la période humide se situe en moyenne au 04 octobre. À la station de Yagoua, la date moyenne de début de la saison de pluie est au 18 mai et la sécheresse s'installe dès le 03 octobre. On remarque une faible variabilité spatiale nonobstant la différence qui existe entre les cumuls moyens interannuels des deux stations. Ainsi la période humide dure en moyenne 135 jours.

Au plan interannuel, on remarque une certaine variabilité aussi bien du début que de la fin de la saison des pluies. Alors que pour certaines années les pluies sont précoces, d'autres années connaissent un important retard des premières pluies. Il en est de même de la fin des précipitations qui est parfois antérieure au mois de septembre. D'autres années notamment humides connaissent un rallongement des pluies jusqu'à la dernière décennie du mois d'octobre. La figure 6 présente l'évolution interannuelle des dates de début et de fin de la saison des pluies pour les stations de Maroua et Yagoua.

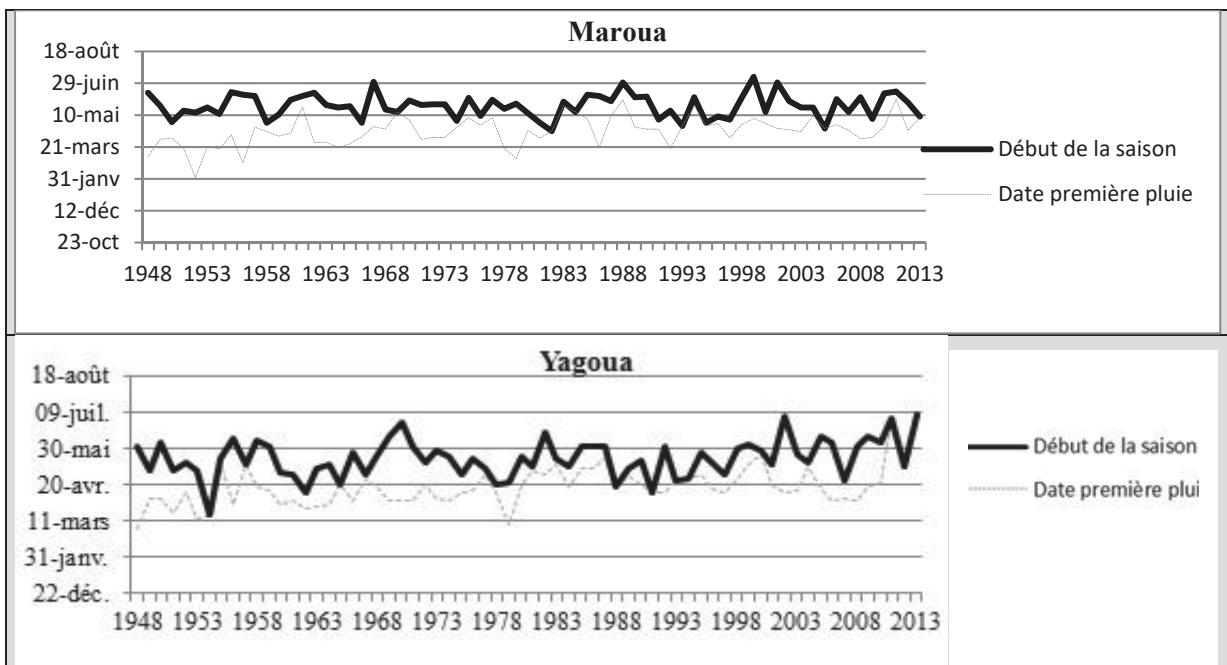
Figure 6.
Début et fin de la saison des pluies aux stations de Maroua et Yagoua



Il est difficile d'établir en conclusion un changement pour ce qui est du début et de la fin de la saison des pluies aussi bien à la station de Maroua qu'à celle de Yagoua. On remarque plutôt une variation erratique des données autour de la moyenne sans présenter une tendance modélisable. On remarque toutefois un retard de plus en plus prononcé pour ce qui concerne le début de la saison des pluies à Yagoua.

La difficulté pour les populations à déterminer le début de la saison des pluies pour la mise en terre des semences se pose chaque année. Les autorités agricoles peinent aussi à proposer des dates qui soient convenables. Les premières pluies interviennent parfois très tôt au mois d'avril et même en mars et sont suivies par de longues périodes sèches. La figure 7 présente l'écart entre la première pluie et le début effectif de la saison de pluie dans les deux stations.

Figure 7.
Écart entre la date de la première pluie et le début de la saison des pluies



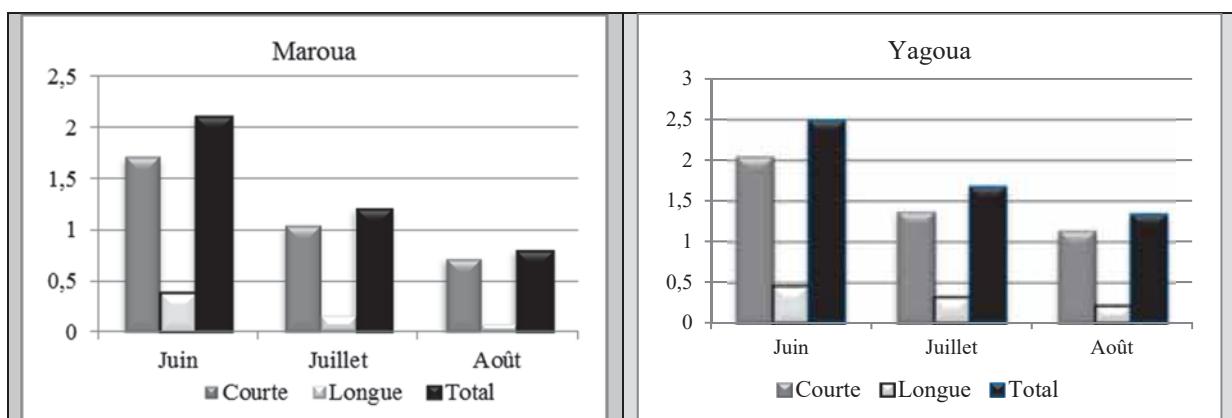
Dès les premières pluies, les populations intensifient les activités de préparation des terres pour les semis. Il s'agit également d'une période de doute. Plus elle se prolonge plus le risque de semer avant le début effectif de la saison des pluies est grand. L'analyse décadaire permet de relever qu'en moyenne, 47 jours s'écoulent entre la première pluie et le début effectif de la saison des pluies. La décennie 2000-2009 présente l'écart le plus élevé (65 jours). La décennie ayant débuté en 2010 s'inscrit dans cette continuité. Un tendance au renforcement de la variation entre les deux extrémités se dessine et s'impose comme un nouveau challenge aux agriculteurs.

La fin de la saison des pluies se situe entre septembre et octobre. Lorsque le retour de la sécheresse est précoce, les plantes peinent à boucler leurs cycles et les conséquences se font sentir sur les récoltes. L'année 2011 par exemple avait connu les pluies uniquement au mois de juillet et plusieurs organisations humanitaires avaient dû renforcer le volume des aides alimentaires pour secourir les populations en proie à la famine (**Dilley et al., 2001**). Il faut remarquer que la fin de la saison des pluies est une période d'intenses activités pour le démarrage de la culture du sorgho de contre saison. Il est semé en pépinière en juillet pour être repiqué en octobre sur les terres argileuses ; véritables réservoirs d'eau. Lorsque la fin de la saison des pluies est précoce, les parcelles n'atteignent pas leur optimum de recharge et le développement des pépinières est lent. Les fortes pluies pendant cette période représentent également une menace pour ces pépinières souvent perdues dans les orages.

5.2.4. Des pauses pluviométriques de plus en plus longues et nombreuses

Lorsque la saison des pluies démarre, la récurrence de pauses pluviométriques est un danger pour les plantes cultivées. En moyenne, chaque saison pluvieuse connaît entre quatre et cinq séquences sèches. En fonction de la situation au début, au milieu ou à la fin de la saison et aussi de leur longueur, l'impact sur les rendements est variable. Les trous pluviométriques situés au début du calendrier agricole c'est-à-dire au lendemain des semis retardent le démarrage de la croissance des plantes. Confrontées à un stress hydrique lorsqu'elles sont encore très jeunes les céréales cultivées au sahel sont fragilisées. Les feuilles perdent la couleur verte et leurs capacités de photosynthèse sont amoindries. Les parasites se répandent et plus de la moitié des prévisions de récoltes peut être perdue. Lorsque les séquences sèches interviennent à l'épiaison, les conséquences peuvent encore être plus catastrophiques. En effet, à leurs formations, les graines de maïs et même de mil sont constituées à plus de 90 % d'eau. Le manque d'eau est à l'origine de l'absence de formation des épis. Les plantes les plus résistance présentent des épis nus. La figure 8 présente la distribution des courtes (4-7 jours) et des longues (8-15 jours) pauses pluviométriques aux stations de Yagoua et Maroua pour les mois de juin, juillet et août.

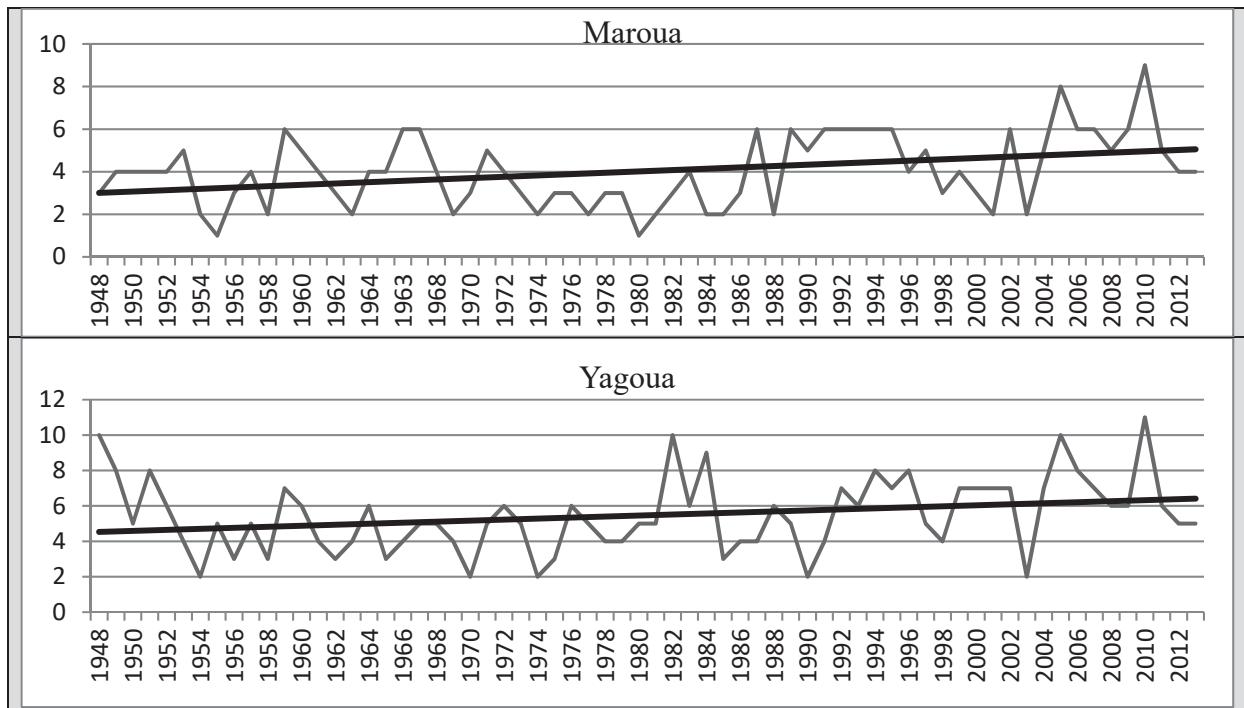
Figure 8.
Répartition moyenne des séquences sèches entre les mois de juin, juillet et août dans les stations de Yagoua et Maroua



On remarque une plus forte occurrence des séquences sèches au début de la saison des pluies notamment en juin. Au mois de juillet, la moyenne n'est pas très supérieure à 01. On remarque aussi une prédominance des courtes pauses. Si le mil et le sorgho présentent une certaine résistance à ces courtes pauses, le maïs réagit très négativement. Les pauses de plus de sept jours rallongent la durée du cycle végétatif de toutes ces céréales et les rendements s'en trouvent drastiquement diminués.

L'évolution interannuelle du nombre de séquences sèches laisse voir une forte variabilité. Certaines années cumulent plus du double de la moyenne tandis que d'autres enregistrent seulement deux séquences sèches. Beaucoup sont aussi les années qui présentent une situation moyenne. À la station de Maroua, l'année 2010 présente un record de 9 pauses pluviométriques. Les années 1955 et 1980 ne présentent qu'une seule séquence sèche. L'année 2010 présente également le nombre le plus élevé (11) de séquences sèches pour les données de Yagoua. D'autres années comme 2005, 1982 et 1948 présentent chacune une dizaine de trous pluviométriques. La figure 9 présente l'évolution du nombre de séquences sèches/an pour ce qui est des stations de Maroua et Yagoua.

Figure 9. Évolution interannuelle des séquences sèches aux stations de Yagoua et Maroua

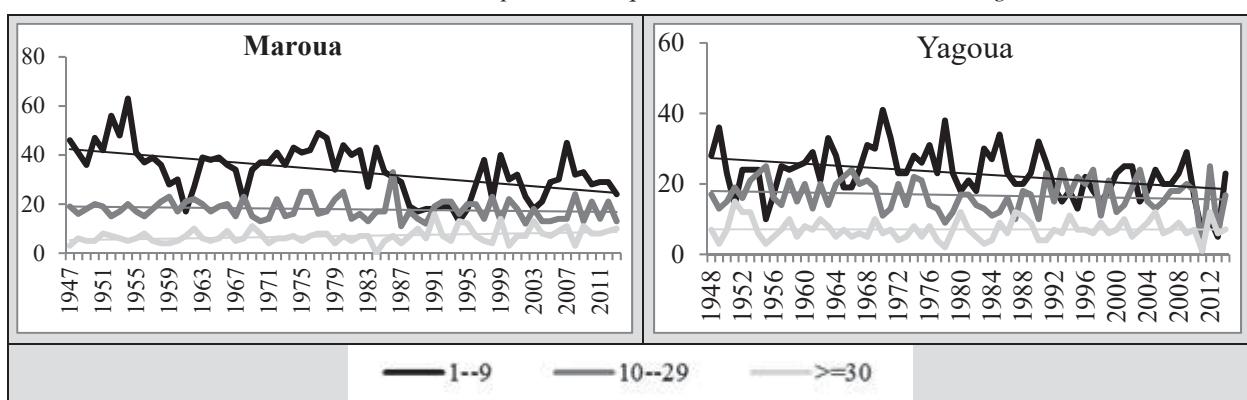


Les courbes présentent une tendance à l'augmentation du nombre annuel de séquences sèches. Cette recrudescence des trous pluviométriques attribuable au phénomène de changements climatiques représente une menace certaine pour l'agriculture sahélienne.

5.2.5. Les classes pluviométriques et les excès pluviométriques

L'analyse des données de pluviométries journalières laisse voir une forte occurrence de faibles pluies. La figure 10 présente les occurrences des événements pluvieux en fonction des classes. On compte des occurrences de faibles pluies (1-9), des occurrences de pluies moyennes (10-29) et des occurrences de fortes pluies (≥ 30).

Figure 10.
Occurrence des classes de pluviométriques aux stations de Maroua et Yagoua



Les tracés des différentes courbes montrent une prédominance des événements de faibles pluviométries (33 occurrences en moyenne à Maroua et 23 occurrences en moyenne à Yagoua). Il s'agit de près de la moitié du cumul des occurrences des différentes classes de pluviométries. La classe moyenne représente 35 % des occurrences et la classe des pluies $> 30\text{mm en 24h}$ ne représente que 15 % des occurrences.

L'étude de l'évolution interannuelle de ces différentes classes pluviométriques laisse voir une importante baisse de l'occurrence des faibles pluies. Les données de la station de Yagoua présentent une moyenne annuelle de 25 occurrences sur la première moitié de la série statistique (1948-1980) contre seulement 20 occurrences pour la deuxième moitié (1980-2013) ; soit une baisse de 20 %. La situation est encore plus contrastée à la station de Maroua. Sur la première moitié de la série statistique, on enregistre 38 occurrences moyennes des évènements de faibles pluies contre seulement 27 sur la seconde moitié. Il s'agit d'une baisse de 29 %.

Pour ce qui est des classes de pluies moyennes et de fortes pluies une certaine stabilité est observée. Une légère augmentation est observable pour ce qui concerne les fortes pluies notamment pour ce qui est de la station de Maroua. Ces analyses permettent de remarquer que la baisse de la pluviométrie en milieu soudano-sahélien au Cameroun est exclusivement absorbée par les évènements de faible pluie. Les fortes pluies se renforcent et présentent une plus grande capacité d'érosion (**M'Biandoun et al., 2003**). Il faut en outre remarquer que les sols de la zone sont majoritairement fragiles (**Brabant et Gavaud, 1985**).

5.3. Discussion

Les fluctuations que connaissent les précipitations dans la zone soudano-sahélienne du Cameroun s'inscrivent dans la grande dynamique attribuable aux changements climatiques. Les rapports du GIEC notamment le quatrième rapport publié en 2007 présentent cette zone comme une des plus vulnérables aux effets du réchauffement de l'atmosphère terrestre. Il s'agit d'une zone marquée par une chaleur constante liée à sa situation en milieu tropical semi-aride et au voisinage du désert du Sahara. De nombreux auteurs (**Sitch et al., 2003 ; Zeng, 1999**) ressortent la circulation océanique et les mécanismes biogéophysiques internes comme principaux facteurs de dynamique pluviométrique du sahel africain.

La réponse des populations à la baisse de la pluviométrie et sa distribution aléatoire par l'intensification de l'agriculture de contre saison se présentent comme une importante mesure d'adaptation communautaire pour faire face à la menace de l'insécurité alimentaire. Cette pratique est également une réponse à l'augmentation sans cesse croissante de la demande due à la forte poussée démographique. Le sorgho de contre saison s'illustre aussi comme une culture simple avec peu d'exigences agronomiques. Bouclant son cycle végétatif au cœur de la saison sèche, il répond aux besoins alimentaires des populations et entre aussi dans la préparation des boissons locale (*bil bil*). En dépit du retour de l'humidité avec des conditions de plus en plus favorables à l'agriculture pluviale, les cultures de la période sèche continuent leurs progressions avec l'augmentation des superficies. De longues séries de données sur la production agricole dans cette région seraient les bienvenues pour affiner les études avec des calculs de corrélations.

L'instabilité du début de la saison des pluies avec de faux départs appelle à la redéfinition du calendrier agricole dans la zone. Lorsque plus d'un mois s'écoule entre la première pluie et le début effectif de la saison des pluies, les populations ont besoin d'encadrement pour ne pas céder à la mise en terres précoces des semences. Face à l'occurrence des séquences sèches et la fin précoce des saisons de pluie, il est nécessaire de favoriser la diffusion des semences résistantes par la diminution des coûts des intrants et la formation des paysans aux pratiques culturales correspondantes (**Sarr et al., 2007**). De plus en plus, les populations font germer leurs pépinières de cultures de contre saisons sous les arbres pour éviter les effets dévastateurs des fortes pluies qui interviennent parfois à la fin de la saison des pluies. Ces fortes pluies accroissent la capacité érosive des écoulements de surface ; l'impact diminuant de la zone des monts Mandara vers la plaine. Nombreuses sont les techniques maîtrisées par les populations pour faire face ; il s'agit des diguettes antiérosives, les terrasses (**N'Djafa, 2005**).

Conclusion

Cette étude a permis de présenter les différents risques pluviométriques qui impactent l'activité agricole dans la zone soudano-sahélienne du Cameroun. Par différentes analyses sur les abats pluviométriques journaliers des stations de Maroua et Yagoua (1948-2013), plusieurs réalités liées à l'évolution journalière, mensuelle, interannuelle et décadaire ont été mises en exergue avec leurs impacts respectifs sur l'activité agricole. En outre, une revue de la littérature grise, des rapports et des publications scientifiques sur le sujet et concernant la zone d'étude ont permis de contextualiser les résultats et de les discuter. La situation actuelle demande d'avantages d'études pour éclaircir la situation climatique de la zone soudano-sahélienne du Cameroun. L'indisponibilité des données ou leurs caractères parcellaires exigent le recours à d'autres sources notamment les observations satellitaires. Les défis comme la dégradation de l'environnement en général, la pression démographique, les problèmes liés à l'insécurité exigent de grands projets visant la diminution de la vulnérabilité des paysans aux aléas climatiques ; l'urgence étant d'éloigner le spectre de la faim qui constitue une menace permanente dans la zone.

Références bibliographiques

- AGRHYMET, (2011).** *Le Sahel face aux changements climatiques : Enjeux pour un développement durable*, Bulletin Mensuel Numéro spécial 43 p.
- Anougue Tonfack, B. F., Betguiro Ngwaibo, F., Haiwe, B. R., Nwowe Wanfeo, Tchokolva, P. et Wadai, D. (2013).** *Rapport de l'étude sur la vulnérabilité des communes de la région de l'extrême nord aux effets du changement climatique*, Maroua, 106 p.
- Brabant, P. et Gavaud, M., (1985).** *Les sols et les ressources en terre du Nord Cameroun*. Paris-Yaoundé, ORSTOM/MESRES/IRA, Notice Explicative n° 103, 285 p.
- BUCREP, (2010).** *Troisième Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH)*. rapport de présentation des résultats définitifs, 65p.
- Dilley, M. et Boudreau, T.E., (2001).** Coming to terms with vulnerability : a critique of food security definition. *Food Policy* 2001 ; 26 : 229-47.
- Erpicum, M., Binard, M., Peters, J.P. et Alexandre, J., (1988).** Une méthode d'analyse des caractéristiques de la saison des pluies en région sahélienne (Exemples pris au Sénégal), in Erpicum M. (ed.), *Actes des Journées de Climatologie*, Mont-Rigi, Belgique, 5-7 novembre 1987, Liège, Presses Universitaires de Liège, 43-56.
- FAO, (2007).** *Climate Change and Food Security : a Framework for Action*. Rome, 2007 (Document to be published at the Bali Conference).
- Fotsing, E., (2009).** *Un Système d'Information pour l'analyse intégrée des changements d'utilisation de l'espace à l'Extrême-Nord du Cameroun*. Thèse de Doctorat de l'Université de Yaoundé 1 ISBN 978 90 90246987. 376p.
- Fotsing, E., Cheylan, J.P., Wouter, T. DeGroot, et Verburg, P.H., (2003).** *Un dispositif multi-échelle d'analyse des dynamiques agraires en zone des savanes de l'Extrême nord du Cameroun*. 6èmes Rencontres de Théo Quant. Février 2003 16p.
- Fotsing, E. et Mainam, F. (2003).** Dynamique du sorgho de contre saison et potentialités des sols en zone de savane de l'Extrême-Nord du Cameroun. In Jean-Yves Jamin, L. Seiny Boukar, Christian Floret. 2003, *Cirad – Prasac*, 7 p., 2003.
- GIEC, (2007).** *Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat* [Équipe de rédaction principale, Pachauri, R.K. et Reisinger, A. GIEC, Genève, Suisse, 103 pages. <http://www.minader.cm/uploads/>
- Hubert, P., Carbonnel, J.P. et Chaouche, A., (1989).** Segmentation des séries hydrométéorologiques. Application à des séries de précipitations et de débits de l'Afrique de l'Ouest. *Journal of Hydrology*, 110, 349-367p.
- Hulme, M., (2001).** Climatic perspectives on Sahelian desiccation. *Global and Environmental Change*. 11 : 19-29.
- INS, (2013)** *Annuaire statistique du Cameroun. Recueil des séries d'informations statistiques sur les activités économiques, sociales, politiques et culturelles du pays jusqu'en 2013*. 536p.
- INS, (2015).** *Rapport national sur les Objectifs du Millénaire pour le Développement en 2015*, 48p.

- Janicot, S. et Fontaine, B., (1993).** L'évolution des idées sur la variabilité interannuelle récente des précipitations en Afrique de l'Ouest. *La Météorologie* série 8 (1), 28-53.
- Le Barbé, L., Lebel, T. and Tapsoba, D., (2002).** Rainfall variability in West Africa during the years 1950-90. *Journal of Climate* 15 (2), 187-202
- Lebel, T. & Ali, A., (2009).** Recent trends in the Central and Western Sahel rainfall regime (1990-2007). *Journal of Hydrology.*, doi : 10.1016/j.jhydrol.2008.11.030
- Lienou, G., Sighomnou, D., Sigha-Nkamdjou, L., Mahe, G., Ekodeck, G.E. et Tchoua, F., (2003).** Système hydrologique du Yaéré (Extrême-Nord Cameroun), changements climatiques et actions anthropiques : conséquences sur le bilan des transferts superficiels. *Hydrology of the Mediterranean and Semi-arid Regions (Proceedings of an international symposium held at Montpellier. April 2003)*. IAHS Publ. no. 278. 2003.
- Lubès-Niel, H., Masson, J.M., Paturel, J.E. et Servat, É., (1998).** Variabilité climatique et statistiques. Étude par simulation de la puissance et de la robustesse de quelques tests utilisés pour vérifier l'homogénéité de chroniques. *Revue des Sciences de l'Eau*, vol. 11, n° 3, p. 383-408. DOI : 10.7202/705313ar.
- M'Biandoun, M., Guibert, H. et Olina, J.P., (2003).** Caractérisation du climat dans quatre terroirs en région soudano-sahélienne du Nord-Cameroun et conséquences pour l'agriculture. Jean-Yves Jamin, Lamine Seiny Boukar, Christian Floret. 2003, *Cirad – Prasac*, 8 p. < hal-00131518 >
- N'Djafa, O. H., (2005).** *Rapport synthèse de l'enquête générale sur les itinéraires d'adaptation des populations locales à la variabilité et aux changements climatiques conduite par AGRHYMET et l'UQAM*, Niamey 2005 13 pages.
- Ozer, P., Bodart, C. et Tychon, B., (2005).** Analyse climatique de la région de Gouré, Niger oriental : récentes modifications et impacts environnementaux, *Cybergeo : European Journal of Geography* [En ligne], Environnement, Nature, Paysage, document 308, mis en ligne le 02 mai 2005, consulté le 25 mai 2016. URL : <http://www.cybergeo.revues.org/3338> ; DOI : 10.4000/cybergeo.3338.
- Ozer, P., Erpicum, M., Demarée, G. et Vandiepenbeeck, M., (2003).** The Sahelian drought may have ended during the 1990s. *Hydrological Sciences Journal* 48, 489-492.
- Piéri, C., (1989).** *Fertilité des terres de savane. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara*. Ministère de la Coopération-Cirad-Irat, Paris, 444 p.
- Sarr, B., Traoré, S. et Salack, S., (2007).** *Évaluation de l'incidence des changements climatiques sur les rendements des cultures céréalières en Afrique soudano-sahélienne*. Centre Régional AGRHYMET, CILSS, Niamey
- Sitch, S., Smith, B., Prentice, I.C., Arneth, A., Bondeau, A., Cramer, W., Kaplan, J., Levis, S., Lucht, W., Sykes, M., Thonicke, K. and Venevsky, S., (2003).** Evaluation of ecosystem dynamics, plant geography and terrestrial carbon cycling in the LPJ Dynamic Global Vegetation Model. *Global Change Biol.*, 9 : 165-181
- Sivakumar, M. V. K., (1987).** Predicting rainy season potential from the onset of rains in Southern Sahelian and Sudanian climatic zones of West Africa. *Agricultural and Forest Meteorology*, 42, 295-305.
- Sultan, B., Alhassane, A., Barbier, B., Baron, C., Bella-Medjo Tsogo, M., Berg, A., Dingkuhn, M., Fortilus, J., Kouressy, M., Leblois, A., Marteau, R., Muller, B., Oettli, P., Quirion, P., Roudier, P., Seydou, B., Traoré et Vaksmann, M., (2012).** La question de la vulnérabilité et de l'adaptation de l'agriculture sahélienne au climat au sein du programme AMMA. *La Météorologie – Spécial AMMA* – octobre 2012
- Young, E.M. and Mottram, M.A., (2003).** *Transplanting sorghum and pearl millet as a means of increasing food security in semi-arid low income countries*, final technical report, Available online at <http://www.fao.org/docs/eims/upload/agrotech/1901/r7341>
- Zeng, N., Neelin, J.D., Lau, K.M. and Tucker, C.J., (1999).** Enhancement of interdecadal climate variability in the Sahel by vegetation interaction. *Science*, 286 : 1537 1540.