

DYNAMIQUE DU CLIMAT ET IMPACTS SUR LA PRODUCTION DU MAÏS DANS LA RÉGION DE L'OUEST DU CAMÉROUN

Joseph Armathé AMOUGOU*, Samuel ABOSSOLO et Romain Armand Soleil BATHA

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

* Correspondance, e-mail : joearmathe@yahoo.fr

RÉSUMÉ

La présente étude fait une analyse de la dynamique temporelle du climat et son impact sur la production du maïs dans la région de l'Ouest du Cameroun. Il s'agit d'examiner l'évolution des tendances des précipitations et du nombre de jour des pluies à l'échelle mensuelle, annuelle et interannuelle de 1960 à 2010. A cet effet, les données des précipitations et du nombre de jour des pluies ont été soumises à l'analyse des séries chronologiques et les équations des trends ont été établies. L'étude a permis d'évaluer les typologies des précipitations, d'identifier et d'évaluer les dates des débuts et des fins des pluies sur la période d'étude. Les résultats obtenus indiquent que les tendances générales des précipitations annuelles sont à la baisse pendant que le nombre de jours des pluies est en nette augmentation. Cette forte variation de la pluviométrie influence les rendements de production qui sont plus significatifs en régime monomodal qu'en régimes bimodal et trimodal. Les résultats obtenus ont permis d'élaborer des calendriers agricoles qui est un guide indispensable pour l'agriculteur qui veut optimiser sa production.

Mots-clés : *impacts du climat, typologie des précipitations, saison agricole, production du maïs, région de l'Ouest du Cameroun.*

ABSTRACT

Climate dynamics and impacts on the production of corn in the western region of Cameroon

This study is an analysis of the temporal dynamics of the climate and its impact on the production of maize in the west region of Cameroon. This is to examine the trends of rainfall and number of rainy days in the monthly, annual

and interannual scale from 1960 to 2010. For this purpose, the data of rainfall and number of rainy days were submitted to the analysis and the equations of trends have been established. The study assessed the types of precipitations, to identify and assess the dates of beginning and end of the rains in the study period. The results indicate that the general trends of annual precipitations to decrease while the number of rainy days is rising sharply. This large variation in rainfall affects production yields that are most significant in monomodal system than bimodal and trimodal. The results were used to develop the agricultural calendar which is essential for the farmer who wants to optimize its production guide.

Keywords : *climate impacts, typology of precipitations, agricultural season, corn production, West region of Cameroon.*

I - INTRODUCTION

Les études sur la variabilité et les fluctuations climatiques en relation avec le développement et l'environnement ont montré des déficits pluviométriques de l'ordre de 20%. Ils atteignent parfois des valeurs supérieures à 25% sur la côte atlantique et dans les régions forestières (Otter *et al.*, 2007) Cela confirme que l'Afrique Tropicale « humide » est régulièrement sous l'effet de la variabilité climatique. Comme dans certaines régions d'Afrique, le Cameroun est caractérisé par une forte variation climatique depuis 1960. Il s'agit dans cette étude de faire une analyse de l'évolution du climat à l'échelle temporelle fine de la station de Bafoussam et d'établir le lien entre les perturbations climatiques observées et leurs impacts sur la production du maïs.

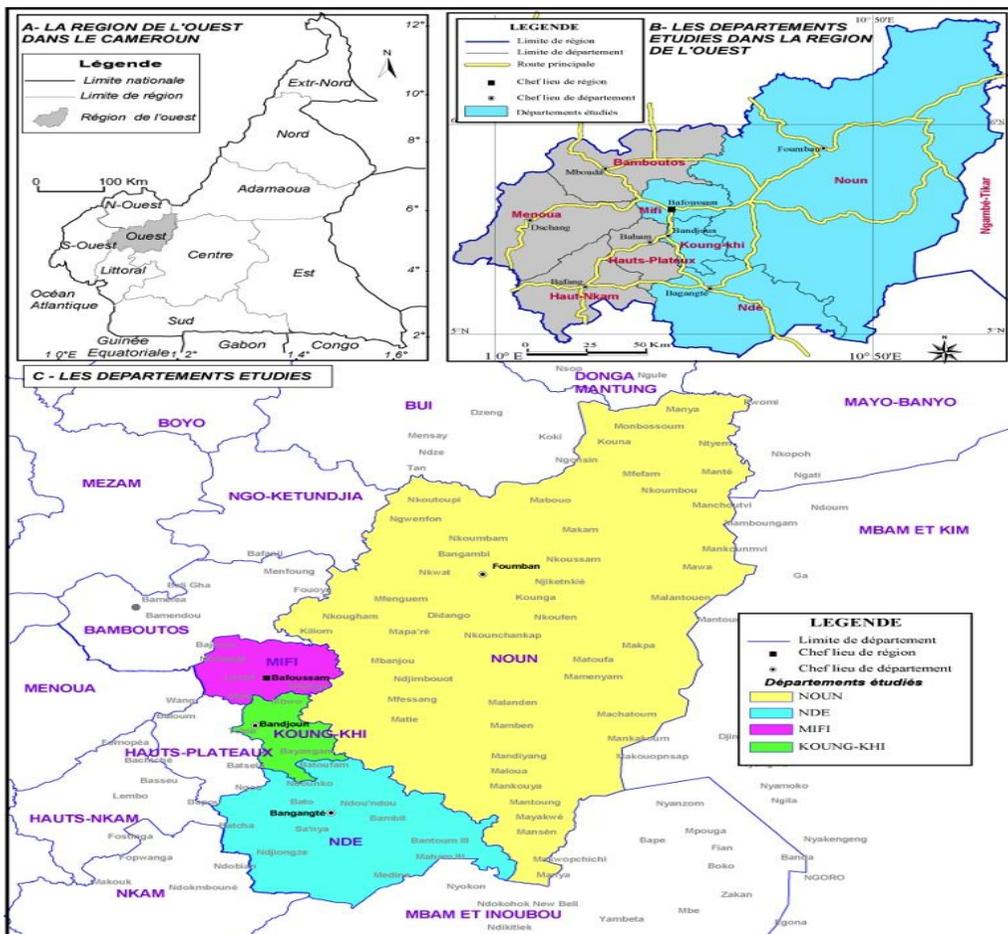
Le lien dynamique entre ces différentes variables agronomiques et climatologiques constitue des informations de base utiles pour l'élaboration des services climatologiques nécessaires à la prise de décision au Cameroun. Cette étude ambitionne de mieux maîtriser la dynamique de la pluviométrie dans une perspective d'améliorer la productivité du maïs dans la région de l'Ouest du Cameroun. L'étude actuelle couvre la période allant de 1960 à 2010. La collecte des données journalières des précipitations et du nombre de jour des pluies faite par la direction nationale de la météorologie permettra de structurer l'analyse à l'échelle annuelle, inter annuelle, mensuelle et journalière.

II - MÉTHODOLOGIE

II-1. Le choix de la zone d'étude et la collecte des données

II-1-1. Le choix de la zone d'étude.

Notre zone d'étude est la région de l'Ouest du Cameroun, qui est une partie intégrante des cinq zones agro écologiques du Cameroun. Le site choisi à cet effet est la station météorologique de Bafoussam qui est située à 5°28' de longitude Nord et à 10°25' de latitude Est à 1460m d'altitude. Cette zone a été objet de nombreuses études similaires (Jousel, 2004 ; Amougou et al, 2012). Ces études ont été faites à une échelle temporaire plus grande et moins longue.



Source: Carte administrative du Cameroun 2005, INC.

Figure 1 : Localisation de la Région de Bafoussam dans la région au Cameroun.

II-1-2. La collecte des données agroclimatiques.

Les données climatiques journalières et mensuelles des stations météorologiques de Foumban, Bangangté, Dschang et de Bandjoun proviennent de la direction de la météorologie de Douala qui est le principal collecteur des données climatiques au Cameroun. Les données à l'échelle régionale sont issues des moyennes journalières et mensuelles des données des quatre stations étudiées. Les données utiles à étude ont été traitées grâce aux logiciels Excel, SPSS version 12.0 pour les données climatiques. Les données agricoles utiles à cette étude proviennent du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MINADER) qui dispose d'une direction de la statistique qui traite, stocke et met à la disposition du public grâce à son bulletin trimestrielle Agri-Sat les données des différents secteurs de production agricole du Cameroun.

II-2. Analyse des données collectées.

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

La moyenne mensuelle des précipitations et du nombre de jour des pluies est obtenue d'après les équations suivantes :

$$\mathbf{Pm} = \sum(\mathbf{Px}) / \mathbf{Nb} \quad (1)$$

et

$$\mathbf{Em} = \sum(\mathbf{Nx}) / \mathbf{Nb} \quad (2)$$

avec : **Px** = volume mensuel/annuel des pluies recueillies à la station de Bafoussam en mm ; **Nb** = nombre total de mois ; **Pm** = précipitation moyenne mensuelle/annuelle en mm ; **Nx** = nombre mensuel/annuel de jour des pluies enregistré à la station de Bafoussam en jour ; **Nb** = nombre total de mois/an ; **Em** = nombre mensuel/annuel moyen de jour des pluies, en jour ; avec $1 \leq \mathbf{b} \leq 12$. Le nombre moyen de jour des pluies est obtenue d'après l'équation statistique

$$\mathbf{Na} = \sum(\mathbf{Ny}) / \mathbf{Nb}, \quad (3)$$

avec : **Na** = nombre annuel moyen de jour des pluies en jours ; **Ny** = nombre annuel de jour des pluies enregistré à la station de Bafoussam en jour, avec $1 \leq \mathbf{b} \leq 48$.

II-2-2. Calcul de la moyenne saisonnière des précipitations et du nombre de jour des pluies.

La moyenne saisonnière des précipitations et du nombre de jour des pluies pendant la saison est obtenue d'après les équations suivantes :

$PS = \sum(Px) / Nb$ et $NS = \sum(Nx) / Nb$ avec : **PS** = volume saisonnier des pluies recueillies/nombre saisonnier de jour des pluies à la station de Bafoussam en mm ; **Nb** = nombre total de mois pendant la saison; **PS** = précipitation moyenne pendant la saison en mm; **Nx** = nombre saisonnier de jour des pluies enregistré à la station en jour ; **Nb** = nombre total de mois pendant la saison ; **ES** = nombre saisonnier de jour des pluies, en jour.

II-2-3. Calcul des Écarts à la moyenne des précipitations et du nombre de jours des pluies.

Les écarts à la moyenne des précipitations sont calculés d'après la formule statistique suivante :

$$\mathbf{Emoy (p)} = \mathbf{Pi} - \mathbf{Pm} ; \tag{4}$$

$$\mathbf{Emoy (Nbr)} = \mathbf{Nbr i} - \mathbf{Nbr m}$$

avec : **Pi** = Précipitations d'une année quelconque en mm ; **Pm**=Moyenne de pluie enregistrée sur un intervalle de temps donné.

Emoy (P) = Ecart à la moyenne des précipitations ; **Nbr i** = Nombre de jour des pluies d'une année quelconque en jours ; **Nbr m** = Moyenne du nombre de jour des pluies sur un intervalle de temps donné ; **Emoy (Nbr)** = Ecart à la moyenne du nombre de jour des pluies.

II-2-4. Détermination de la droite de régression des éléments du climat à la station de Bafoussam au Cameroun.

La droite de régression de l'évolution des éléments climatiques à la station de Bafoussam est définie d'après l'équation suivante :

$$\mathbf{Y} = \mathbf{Ax} + \mathbf{B} \text{ avec : } \mathbf{A} = \mathbf{cov (x, y) / X^2} \quad \mathbf{B} = \mathbf{m (y) - am (x)} \tag{5}$$

Avec : **A** est la pente de la droite de régression par rapport à l'axe des **x**, ou encore le taux moyen de croissance des précipitations par unité de temps ; **B** est la coordonnée verticale de l'intersection entre la droite de régression et l'axe des ordonnées **y**.

II-2-5. Calcul du pourcentage saisonnier des précipitations à la station de Bafoussam.

Le pourcentage saisonnier des précipitations représente la quantité de précipitations par saison sur le total annuel enregistré, il est déterminé par la formule statistique suivante :

$\% P (\text{saison}) = \sum P (\text{saison}) \cdot 100 / P (\text{total annuelle})$, avec : P = Précipitations en mm.

II-2-6. Détermination des dates des débuts et des fins des pluies dans les sept stations

Dans le cadre de cette étude, les dates des débuts des pluies sont déterminées en utilisant le critère le premier jour, à partir du premier Janvier 1960, lorsqu'on enregistre plus de 0,1mm 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 (Somé et Sivakumar, 1994). Les dates des fins des pluies sont déterminées lorsqu'on enregistre moins de 0,1 mm de pluies.

III – RÉSULTATS

III-1. Evolution de la pluviométrie a la station de Bafoussam de 1960 à 2010

III-1-1. Évolution mensuelle moyenne de la pluviométrie.

A l'échelle mensuelle moyenne, les précipitations et le nombre de jours des pluies évoluent au même rythme comme l'indique la **Figure 2**. La saison des pluies dure huit mois, alors que la saison sèche en dure quatre. Comme les précipitations, le nombre de jours des pluies présente une distribution monomodale. On enregistre 285 mm en moyenne par mois, qui s'étalent sur 21 jours, le mois de Septembre est le plus étalé, il est le plus arrosé. Les mois de Novembre, Janvier et février n'ont connu aucune de pluie.

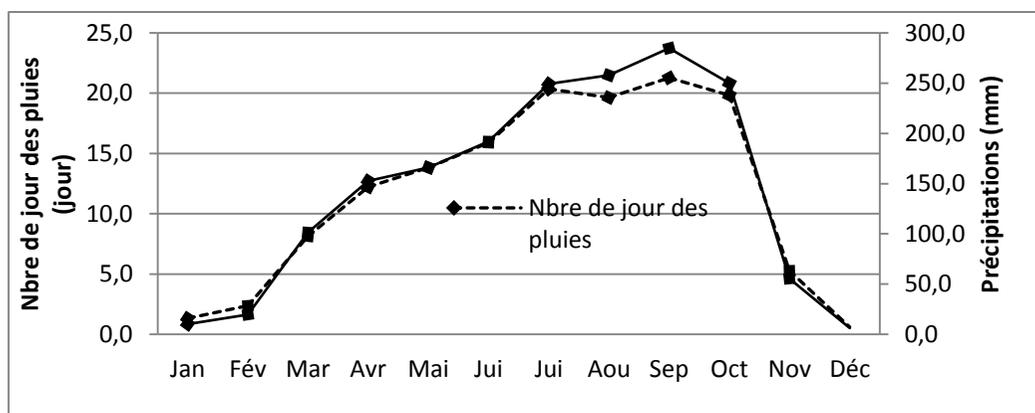


Figure 2: Évolution mensuelle moyenne de la pluviométrie à la station de Bafoussam de 1960 à 2010.

III-1-2. Évolution de la pluviométrie mensuelle à la station de Bafoussam de 1960 à 2010.

Les observations faites à l'échelle mensuelle montrent qu'il n'y a aucun mois sans précipitations à la station de Bafoussam durant nos observations. Sur les douze mois de l'année, cinq enregistrent une augmentation des précipitations, notamment les mois de janvier, Juin, Juillet, Août, et Décembre. Les sept autres mois dont Février, Mars, Avril, Mai, Septembre, Octobre et Novembre enregistrent plutôt une diminution régulière des précipitations. L'augmentation ou la diminution des précipitations peut intervenir autant pendant saison des pluies que pendant saison sèche à la station pluviométrique de Bafoussam. Le nombre de jour des pluies par contre est en diminution régulière en Février, Mars, Avril, Novembre et Décembre, pendant qu'il est en augmentation en Janvier, Mai, Juin, Juillet, Août, Septembre et d'Octobre. Il est clair ici qu'une augmentation des précipitations n'est pas toujours synonyme d'un fort étalement. De même qu'un fort étalement n'est pas synonyme de fort arrosage.

III-1-3. Évolution saisonnière de la pluviométrie annuelle et décades à la station de Bafoussam de 1960 à 2010.

III-1-3-1. Évolution de la pluviométrie et décades pendant la saison sèche à la station de Bafoussam de 1960 à 2010.

La saison sèche dure quatre mois à la station de Bafoussam (Novembre, Décembre, Janvier et Février). Pendant cette saison, on observe une distribution générale des précipitations et du nombre de jour des pluies à la station de Bafoussam comme l'indique la **Figure 3**. Cette baisse est confirmée par les courbes de tendances négatives des deux variables pluviométriques. Les précipitations diminuent plus rapidement que le nombre de jour des pluies observé. Les années 1960, 1961, 1964, 1965, 1967, 1968, 1971 et 1976 présentent plutôt une évolution contradictoire des variables pluviométriques. Pendant que les précipitations sont en augmentation, le nombre de jour des pluies est en diminution. Simultanément pendant que les précipitations sont en diminution, le nombre de jour des pluies est en augmentation. L'observation des décades montre plutôt un parallélisme étroit entre les deux variables pluviométriques. C'est ainsi que seule la 3^{ème} décade enregistre une diminution des deux variables pluviométriques. La 1^{ère}, 2^{ème}, 4^{ème} et la 5^{ème} décade présentent plutôt une augmentation des deux variables pluviométriques.

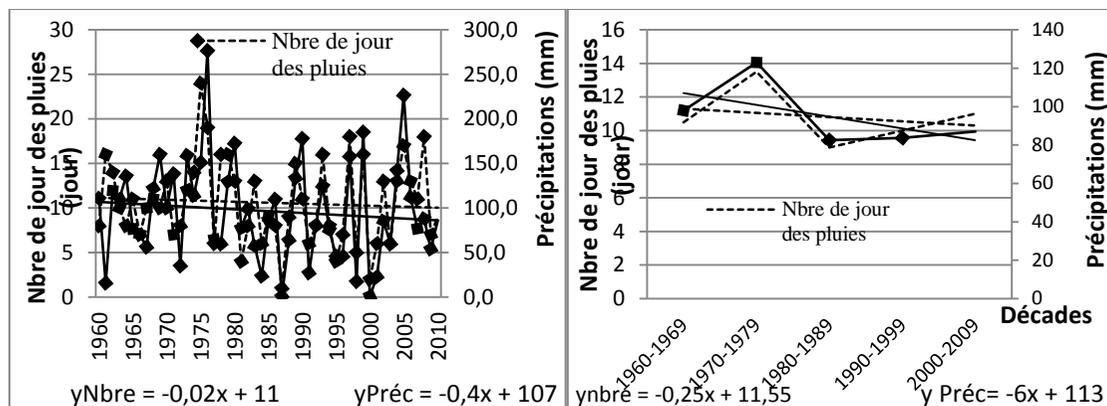


Figure 3 : Pluviométrie annuelle et décades pendant la saison sèche à la station de Bafoussam sur la période d'étude.

III-1-3-2. Évolution de la pluviométrie annuelle et décades pendant la saison des pluies à la station de Bafoussam de 1960 à 2010.

La saison des pluies s'étale du mois de Mars au mois d'Octobre à la station pluviométrique de Bafoussam. La **Figure 4** montre que les deux variables pluviométriques évoluent en sens opposé. Pendant que les précipitations diminuent, le nombre de jour des pluies est en augmentation. Ceci est confirmé par la pente opposée des deux équations de tendance. En faisant une analyse de l'évolution des décades, on observe une forte augmentation à la quatrième décade (1990-1999), alors que les quatre autres décades sont en nette diminution. Le nombre de jour des pluies augmente de la première à la quatrième décade, et ne diminue qu'à la cinquième décade.

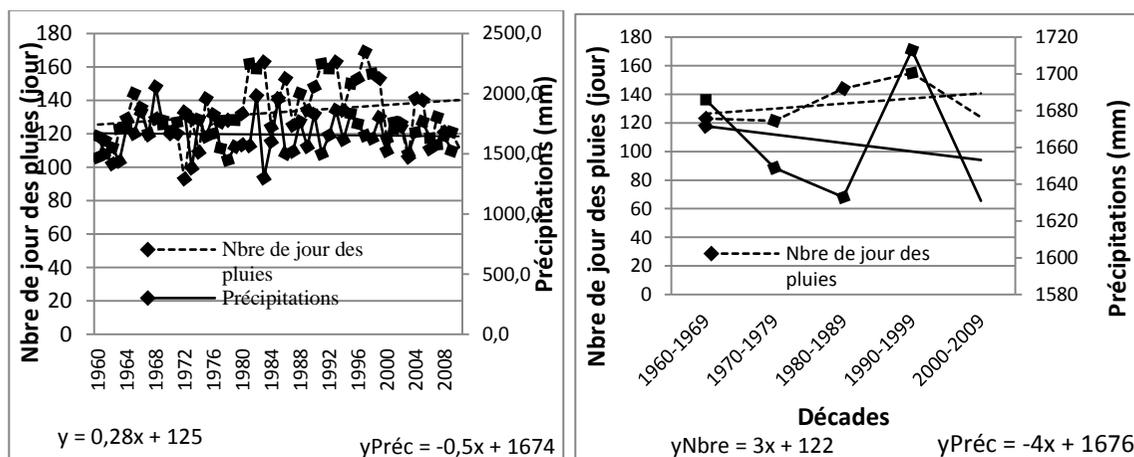


Figure 4 : Évolution de la pluviométrie et décades pendant la saison des pluies à la station de Bafoussam.

III-1-4. Apport saisonnier de la pluviométrie annuelle et décades à la station de Bafoussam de 1960 à 2010.

III-1-4-1. Apport saisonnier des précipitations annuelles à la station de Bafoussam de 1960 à 2010.

L'effet compensatoire observé avec les deux variables pluviométriques est un indicateur important dans la prévision du climat à la station de Bafoussam (*Figure 5*). Puisqu'une saison pluvieuse très arrosée entraînerait une saison sèche moins arrosée. Simultanément lorsque la saison sèche a été très arrosée, on devrait s'attendre à une saison des pluies moins arrosée. La quantité de pluie enregistrée par saison ou le nombre de jour des pluies enregistrées dans l'assiette pluviométrique sont de bons indicateurs de prévision météorologique à la station de Bafoussam avec un régime monomodal dominant.

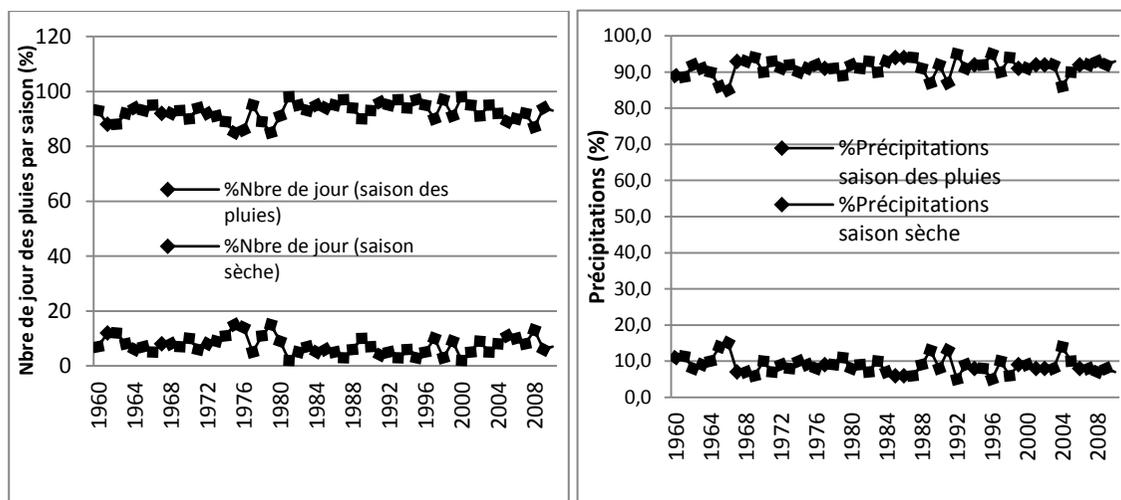


Figure 5 : Apport saisonnier de la pluviométrie dans l'assiette annuelle à la station de Bafoussam de 1960 à 2010.

III-2. Écarts à la moyenne de la pluviométrie à la station de Bafoussam de 1961 à 2008.

III-2-1. Écarts à la moyenne de la pluviométrie pendant la saison sèche à la station de Bafoussam de 1960 à 2010.

Les écarts à la moyenne des précipitations expriment la différence entre la précipitation de l'année en cours et la précipitation calculée sur la série pluviométrique de la période d'étude (*Figure 6*). L'évaluation des écarts à la moyenne nous permettra non seulement de déterminer les périodes sèches ou

humides, mais également. Pendant la saison sèche, 24 années sont excédentaires alors que 27 années sont déficitaires à la station de Bafoussam. L'évolution des écarts à la moyenne des précipitations laisse observer deux périodes distinctes. La première période excédentaire qui va de 1960 à 1980 laisse observer 15 années excédentaires et 07 années déficitaires. La seconde période déficitaire va de 1981 à 2010 enregistre 19 années déficitaires et 09 années excédentaires. D'une manière générale on observe plus d'années excédentaires en nombre de jour des pluies qu'en précipitations. Soit 27 années excédentaires et 24 années déficitaires en nombre de jour des pluies contre 24 années excédentaires et 27 années déficitaires en précipitations.

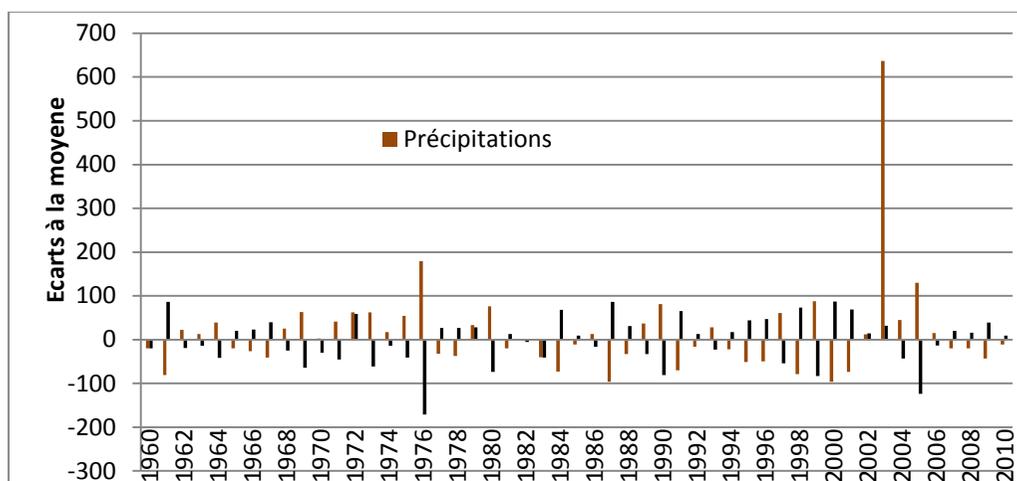


Figure 6 : Écarts à la moyenne de la pluviométrie pendant la saison sèche sur la période d'étude.

III-2-2. Écarts à la moyenne de la pluviométrie à la station de Garoua pendant la saison des pluies de 1960 à 2010.

Une analyse de l'évolution des précipitations et du nombre de jour des pluies montre que les écarts à la moyenne des deux variables présentent une forte différence comme le montre la **Figure 7**. Sur la période d'étude, 22 années sont excédentaires alors que 28 années présentent des précipitations déficitaires à la station de Bafoussam. L'évolution du nombre de jour des pluies présente 21 années excédentaires et 29 années déficitaires. D'une manière générale, l'évaluation de l'indice d'écarts à la moyenne des précipitations et du nombre de jour des pluies est un indicateur de prédiction de l'étalement des pluies ainsi que de l'intensité des pluies à la station de Bafoussam. C'est ainsi que des précipitations excédentaires sont souvent faiblement étalées. Pareillement les précipitations déficitaires sont pour la majeure des cas fortement étalées.

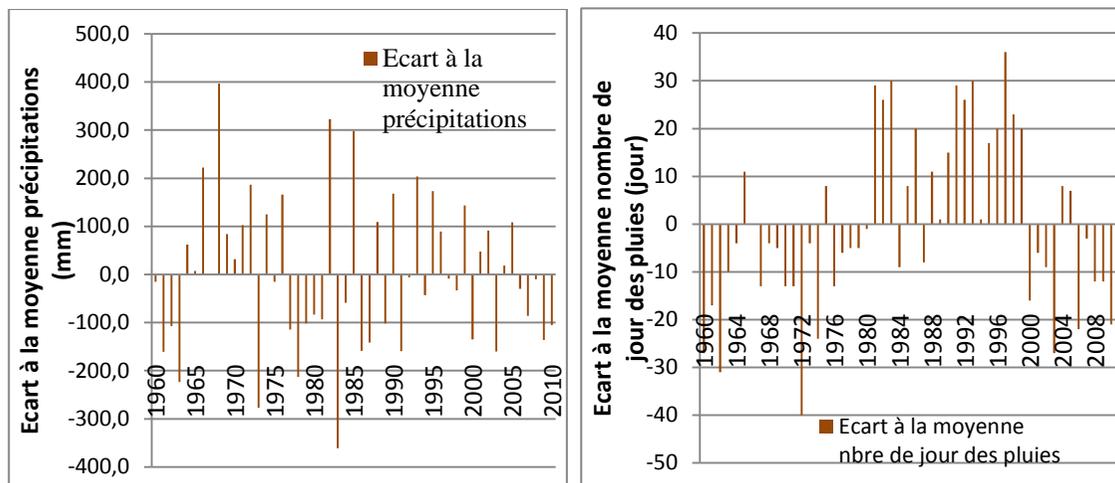


Figure 7 : *Indice d'écarts à la moyenne des précipitations et du nombre de jour des pluies à la station de Bafoussam pendant la saison des pluies sur la période d'étude.*

III-3. Évolution annuelle de la pluviométrie à la station de Bafoussam sur la période d'étude.

Il pleut en moyenne 1757 mm de pluies par an étalées sur 144 jours à la station pluviométrique de Bafoussam entre 1960 et 2010 (**Figure 8**). L'évolution générale de la pluviométrie montre une nette diminution des précipitations pendant le nombre de jour des pluies est en augmentation sur la période d'étude. Ceci est confirmé par les équations tendanciennes des deux variables pluviométriques. L'année la plus arrosée est 1968 avec une hauteur de 2179 mm de pluies étalées sur 140 jours, alors que l'année 1983 qui n'enregistre que 1356 mm de pluies étalées sur 176 jours est la moins arrosée. Une analyse de l'évolution des décades montre que les quatre premières décades connaissent une augmentation légère augmentation des précipitations, qui malheureusement chutent à la cinquième décade. Le nombre de jour des pluies ne connaîtra une forte ascension qu'à la quatrième décade, tandis que la première, deuxième troisième et cinquième décade sont en légère diminution.

L'augmentation du nombre de jour des pluies qui ne se traduit pas par une diminution des précipitations annuelles confirme qu'il y'a un déséquilibre général de la pluviométrie à la station de Bafoussam. Bien que l'augmentation observée est surtout valable à la période 1990-1999, avec une moyenne annuelle de 160 jours de pluies par an. Les quatre autres décennies connaissent une évolution équilibrée entre les précipitations et le nombre de jour des pluies.

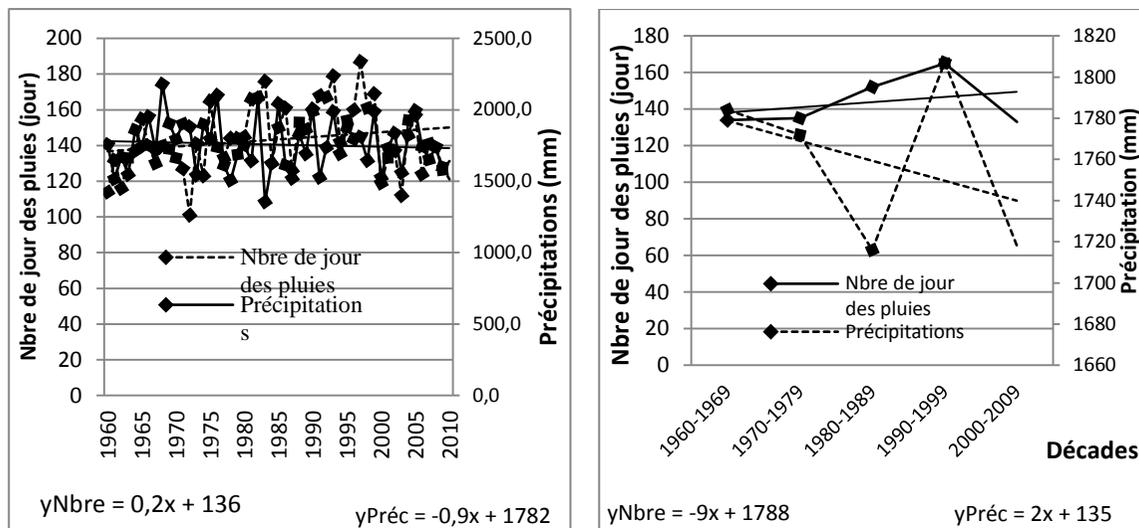


Figure 8 : Évolution annuelle de la pluviométrie à la station de Bafoussam sur la période d'étude.

III-4. Dates des débuts, de la fin des pluies et trous pluviométriques à la station météorologique de Bafoussam de 1960 à 2010.

III-4-1. Dates des débuts et de la fin des pluies à la station de Bafoussam de 1960 à 2010.

Le planteur a besoin de connaître les dates probables des débuts et des fins des pluies pour organiser ses semis et ses récoltes. Les dates des débuts et de fins des pluies sont des indicateurs important pour qui permettent l'organisation du calendrier agricole qui est un outil indispensable pour le cultivateur. Puisqu'il permet aussi de connaître l'intervalle de temps entre deux semis, ainsi que la durée de l'approvisionnement en eau utile dans les cycles végétatifs et génératifs de la plante. Ces informations d'échelle annuelle et inter annuelles sont d'autant importantes que le cultivateur une fois rassuré peut élaborer son programme de travail de l'abatage au désherbage jusqu'à la récolte.

La **Figure 9** associe quatre paramètres à savoir la date des débuts, de fin de saison, le nombre de jour des pluies ainsi que les quantités de pluies tombées entre les débuts et les fins des pluies.

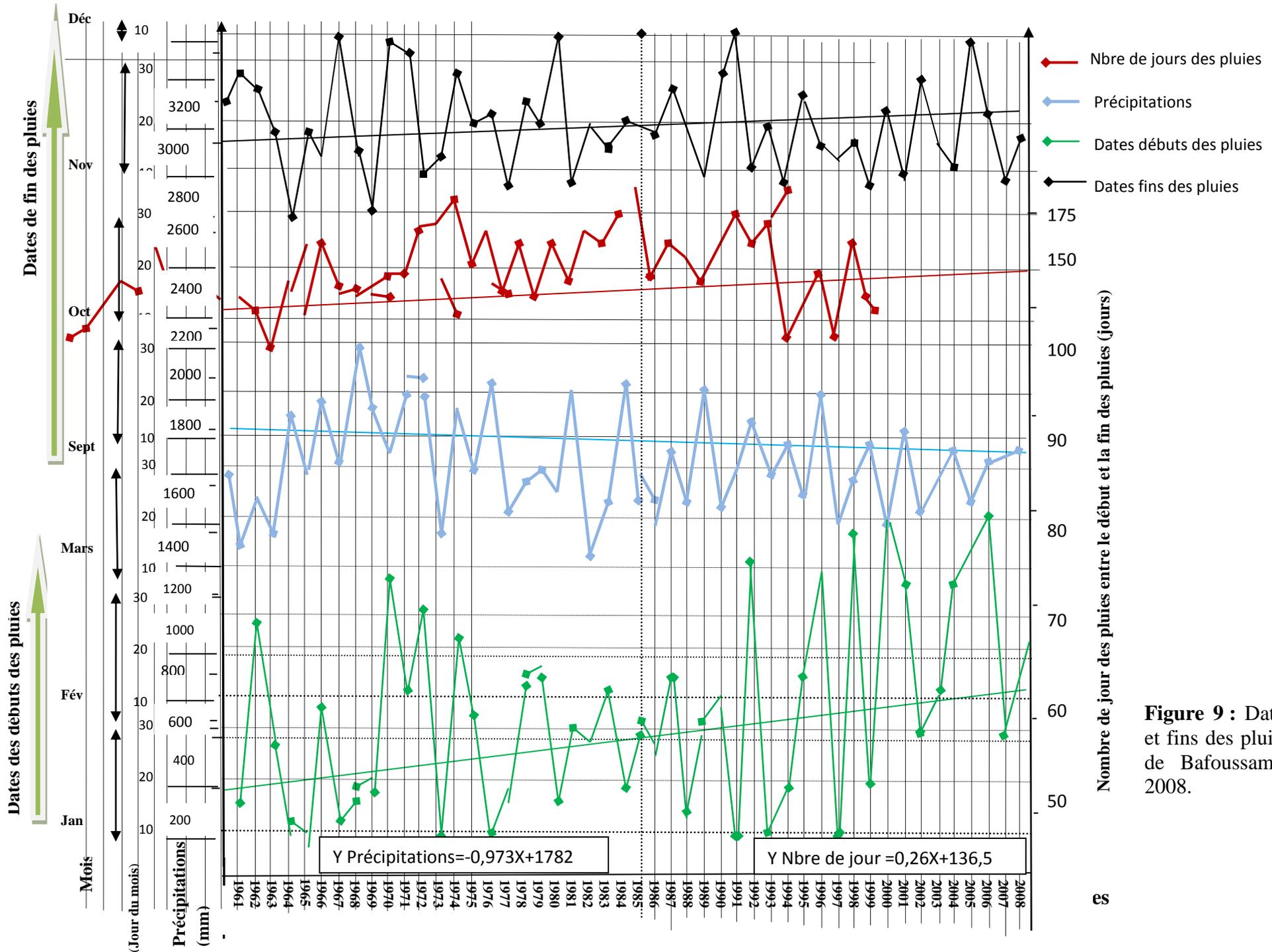


Figure 9 : Dates des débuts et fins des pluies à la station de Bafoussam de 1961 à 2008.

La figure nous révèle une diminution progressive des précipitations pendant que le nombre de pluies tombées est en légère progression. Cette variation des deux variables pluviométriques entraîne un déplacement progressif des dates des débuts et de fin des pluies. Entre 1960 et 1990, 80% des premières pluies étaient enregistrées au entre le début du mois de Janvier et la mi-février. De 1991 à 2010, on observe un décalage des premières de l'apparition des premières pluies entre le début du mois de février et la mi-mars, soit un mois environ. Il en va de même de la date de fin des pluies qui va de la fin Octobre et début Novembre entre 1960 et 1990 à Novembre voir début Décembre entre 1991 et 2010.

Les informations obtenues révèlent une forte diminution de un mois de la période comprise entre les débuts des pluies et la fin des pluies. Cette période qui était comprise entre le mois de février et Novembre entre 1960 à 1990 pour la majeure des cas se retrouve comprise entre le mois de Mars et Novembre de 1991 à 2010. Cette diminution de l'étalement des pluies, si elle se prolonge risque d'avoir un impact considérable sur le cycle des semis, surtout qu'à Bafoussam certaines cultures telles que le maïs connaissent deux campagnes par an. Ceci est d'autant plus vrai que l'agriculture est mixte à Bafoussam située en la zone de montagne, avec moins de 20% de marécages. D'une manière générale, on constate une tendance au recul d'un mois (vers le mois de Mars) des premières pluies et une tendance au recul d'un mois (vers le mois de Novembre) des dernières pluies enregistrées. Comme l'indique le **Tableau 1**, les débuts des pluies à la station de Garoua sont partagés entre les mois de Janvier et de Mars. Sur 51 années observées, 53% sont observés au mois de Janvier, 28% au mois de Février et 19% au mois de Mars. En Janvier, 23% des pluies tombent les 10 premiers jours du mois, 41% tombent entre le 11 et le 20 et 35% entre le 21 et 31 du mois. Au mois de février, 22% des pluies tombent les 10 premiers jours du mois, 44% entre le 11 et le 20 et 33% entre 21 et le 28 du mois.

Tableau 1 : Date débuts et fins des pluies à la station de Bafoussam de 1960 à 2010.

Débuts des pluies	Janvier			Février			Mars			Total
Pourcentages (débuts des pluies)	53%			28%			19%			100%
Pourcentage par Décade (début des pluies)	1-10	11-20	21-31	1-10	11-20	21-28	1-10	11-20		
	23%	41%	35%	22%	44%	33%	33%	66%		
Fins des pluies	Octobre			Novembre			Décembre			
Pourcentages (fin des pluies)	16%			68%			16%			
Pourcentage par Décade (fin des pluies)	21-31			1-10	11-20	21-31	1-10	11-20	21-31	
	100%			32%	18%	50%	20%	40%	20%	
Nombre d'années	51ans									

Au mois de Mars enfin, 33% des pluies tombent les 10 premiers jours du mois et 66% entre le 11 et le 20 du mois. Les dates des fins des pluies observées à la station de Bafoussam sont comprises entre les mois d'Octobre et de Décembre, soit 16% en Octobre et Décembre et 68% en Novembre. En Octobre, les dernières pluies observées tombent les 10 derniers jours du mois, alors qu'en Novembre, 32% des pluies sont enregistrées les 10 premiers jours, 18% entre le 11 et le 20 et 50% entre le 21 et le 31 du mois.

III-4-2. Évolution des pluies potentiellement utiles à la station de Bafoussam de 1960 à 2010.

Le paramètre relatif à l'évolution du nombre de jours successifs sans pluie encore appelé trou pluviométrique permet de prévoir les périodes à risque dans le calendrier agricole de la station étudiée. Dans le cas de cette étude nous ne prenons en compte que les périodes probables des semis, soit les mois de Mars et d'Avril qui sont potentiellement les mois de semis et les plus utiles à la culture du maïs. Le **Tableau 2 et 3** présente la fréquence pour différentes durées de « jours successifs sans pluies », répartis en cinq groupes des mois de Mars et D'Avril. Les durées de 1 à 2 jours ont une occurrence faible et représentent 12% au mois de Mars pendant qu'elles représentent 22% au mois d'Avril. Les occurrences de 3 à 5 jours sont de 3 mois pour le mois de Mars et de 06 mois pour le mois d'Avril et représentent respectivement 23% pour le mois de Mars et 41% pour le mois d'Avril.

Les occurrences de 6 à 10 jours sont d'un an pour le mois de Mars et représentent 31% pour le mois de Mars et 37% pour le mois d'Avril. Les trous pluviométriques de 11 à 20 jours n'existent pas pour le mois d'Avril. Par contre les trous de 11 à 15 mois sont présents sur 10 ans pour le mois de Mars et représentent 20% pour une occurrence pentadaire, alors que les trous de 16 à 20 jours ont une occurrence de 7 ans et représentent 14% à la station de Bafoussam. L'observation des trous pluviométriques sont un indicateur qui permet de mettre en alerte le cultivateur qui doit s'attendre à un stress hydrique occasionné par un manque de pluie d'une durée variable, au moins une fois par an. Ceci est d'autant plus grave que cette rupture d'approvisionnement en eau de pluie intervient généralement en début du cycle végétatif des plantes.

Il apparaît aussi que le mois d'Avril (par rapport au mois de Mars) qui ne connaît pas de stress au-delà de 10 jours est le plus propice aux semis. Cultiver au mois d'Avril éviterait toute rupture successive de jours sans pluies, ce qui est favorable au bon développement des cultures. Or cultiver au mois de Mars c'est aussi s'attendre à des pluies étalées sur 07 mois, ce qui diminuerait la possibilité d'avoir deux cycles de production au cours de l'année. Puisque la culture du maïs s'étale sur 04 mois au moins. Il serait alors dans le meilleur des cas d'utiliser des types de maïs sélectionnés, qui s'étaleraient sur 3 mois et demi tout au plus. Cela permettrait de récupérer en qualité et en temps utile.

Tableau 2 : Nombre d'apparition annuelle de jours successifs sans du mois de Mars à la station de Bafoussam de 1960 à 2010.

Durée des trous pluviométriques (Mars)	Station de Bafoussam		Occurrence
	Effectif	Fréquence	
1-2 jours	6	12%	Faible
3-5 jours	12	23%	3mois
6-10 jours	16	31%	1an
11-15 jours	10	20%	5ans
16-20 jours	7	14%	7ans
Total	51	100%	

Tableau 3 : Nombre d'apparition annuelle de jours successifs sans pluies du mois d'Avril à la station de Bafoussam de 1960 à 2010.

Durée des trous pluviométriques (Avril)	Station de Bafoussam		Occurrence
	Effectif	Fréquence	
1-2 jours	11	22%	Faible
3-5 jours	21	41%	6mois
6-10 jours	19	37%	1an
Total	51	100%	

III-4-3. Essai d'élaboration d'un calendrier agricole à la variation de la pluviométrie à la station pluviométrique de Bafoussam.

Le calendrier est un outil indispensable en agronomie, il permet d'échelonner sur une année agricole les étapes d'une culture, il est perspectif et varie en fonction des agro écosystèmes et des modifications du climat. Dans le cas de la station de Bafoussam située en zone des hauts plateaux de l'Ouest du Cameroun, le régime pluviométrique dominant est de type monomodal ou unimodal, avec une alternance d'une saison des pluies longue d'environ 08 mois et une saison sèche qui ne dure que 04 mois. La **Figure 9** montre que le climat de Bafoussam connaît un déplacement d'un mois des débuts des pluies surtout à partir des années 1991. Il serait important si l'agriculteur veut optimiser sa production et éviter tout risque lié au stress hydrique de déplacer ses activités d'un mois. Notamment, les premières activités d'abattage, de défrichage, de labour et de buttage s'effectuent entre les mois de Novembre et Février. Les semis qui s'effectuaient entre les mois de Février et de Mars décaleraient entre les mois de Mars et d'Avril.

Le sarclage s'effectuerait alors entre la fin du mois de Mars et le début du mois d'Avril. On imagine alors les premières récoltes au mois d'Août. Avec tous les risques, un second cycle très court débiterait alors au mois de Septembre pour récolter en début du mois de Janvier. Ce cout cycle ne pourrait s'effectuer que dans des zones ou les conditions hydriques seraient favorables, notamment dans les zones marécageuses car nous serons en pleine saison sèche.

III-5. Typologie des précipitations à la station de Bafoussam de 1960 à 2010.

Une observation de la forme des pluies nous a permis de distinguer trois régimes pluviométriques à la station de Bafoussam sur la période d'étude.

III-5-1. Régime monomodal à la station de Bafoussam.

Le régime monomodal est majoritaire à la station météorologique de Bafoussam, il est observable sur 33 années d'observation, et représente 65% des régimes étudiés d'après la **Figure 10**. Ce régime laisse apparaitre une saison sèche qui dure 04 mois (Janvier, Février, Novembre et Décembre), alors que la saison des pluies en dure huit mois (Mars, Avril, Mai, Juin, Juillet, Août, Septembre, Octobre). Le total pluviométrique moyen est de 1821 mm de pluies par an réparties sur une moyenne de 145 jours. La hauteur maximale des pluies est observable au mois de Septembre. La saison sèche qui s'étend du mois de Novembre au mois de Février ne dépasse pas 04 mois.

Tableau 4 : Comparaison des régimes pluviométriques à la station de Bafoussam sur la période d'étude.

Régimes	Monomodal	Bimodal	Trimodal	Total
Pourcentages	65%	29%	6%	100%
Années	33	15	3	51

III-5-2. Régime bimodal à la station de Bafoussam sur la période d'étude.

Le régime bimodal est le second régime observable à la station de Bafoussam sur la période d'étude. Il est présent sur 15 années d'observation, et représente 29% des régimes observés. Sur les 48 années d'observations, 15 années sont spécifiques au régime bimodal comme l'indique la **Figure 11**, ce qui représente 29% des régimes observés. La moyenne pluviométrique est de 1746 mm de pluies étalée sur 140 jours en moyenne. Ici, la hauteur maximale des pluies est observée au mois de Septembre. La petite saison sèche dure 01 mois pendant que la petite saison des pluies en dure trois. La grande saison sèche et la grande saison des pluies durent 04 mois chacune.

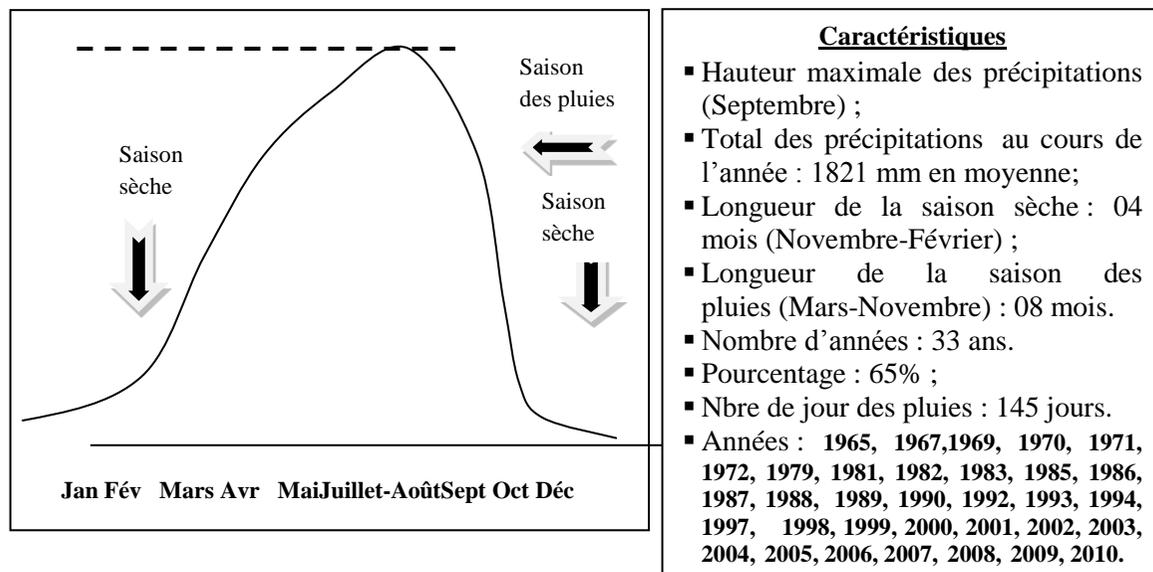


Figure 10 : Régime monomodal à la station de Bafoussam de 1960 à 2010.

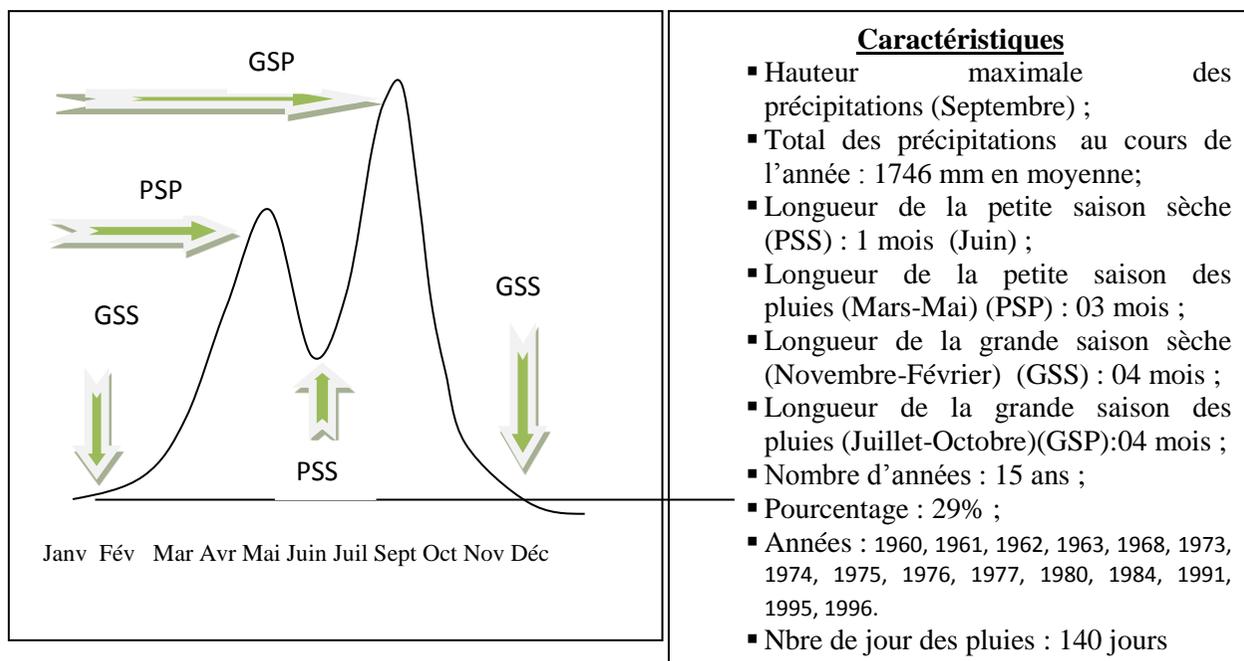


Figure 11 : Régime bimodal à la station de Bafoussam sur la période d'étude.

III-5-3. Régime trimodal à la station de Bafoussam sur la période d'étude.

D'après la **Figure 12**, le régime trimodal est observable en 1964, 1966 et 1978. Il est caractérisé par 03 saisons sèches et trois saisons de pluies à durées variables, et représente 6% des régimes observés à la station de Bafoussam. Ici, le total pluviométrique ne dépasse pas 1773 mm de pluies par an, étalées sur 140 jours en moyenne. Les petites saisons sèches durent chacune un mois (Février et Juin) et la grande saison sèche dure 02 mois (Novembre-Décembre). Les petites saisons des pluies durent 01 mois en Janvier et trois mois (Mars-Mai). La grande saison des pluies qui s'étend du mois de Juillet au mois d'Octobre dure 03 mois.

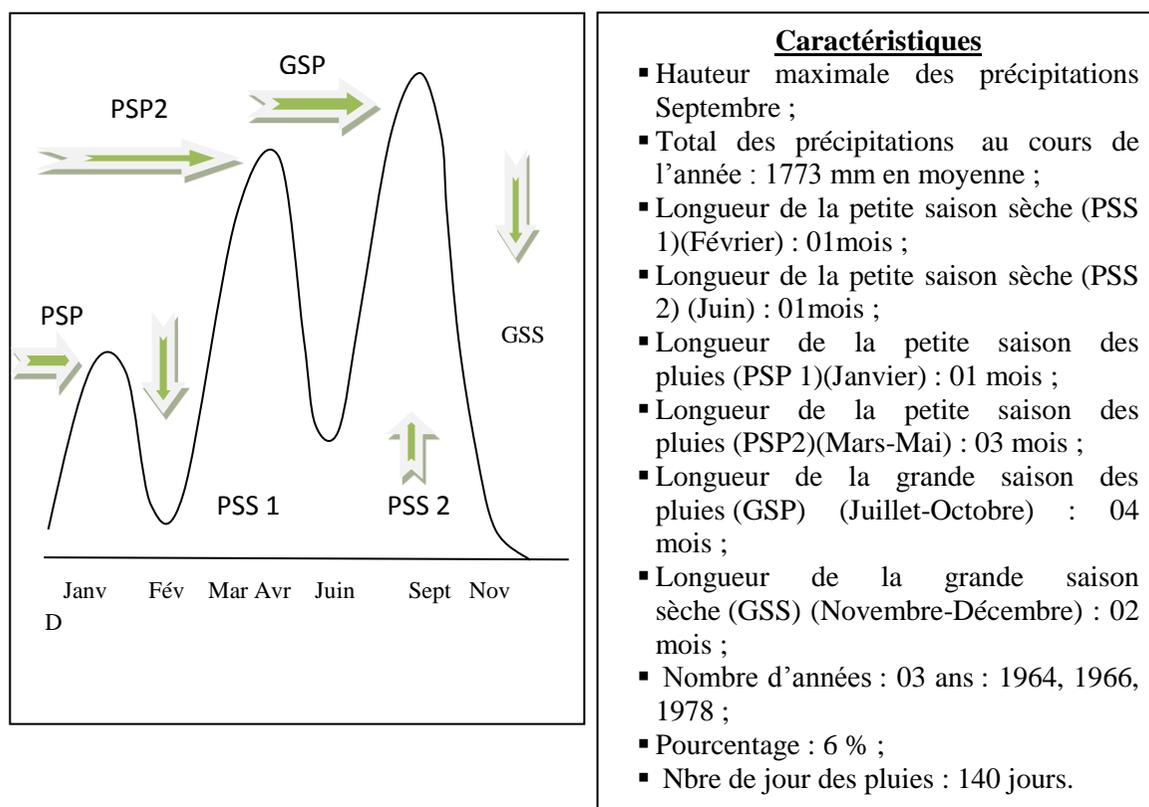


Figure 12 : Régime trimodal à la station de Bafoussam de 1960 à 2010.

III-5-4. Comparaison des régimes pluviométriques à la station de Bafoussam sur la période d'étude.

En comparant les trois régimes observés à la station de Bafoussam (tableau), le régime monomodal est majoritaire et représente 65%, observé sur 33 années. Le second régime est bimodal, il représente 29%, soit 15 années.

Le régime trimodal est observé sur 3 années, ce qui représente 6% des régimes observables.

III-6. Impact du climat sur l'évolution des rendements de maïs dans la région de l'Ouest du Cameroun.

III-6-1. Impact des précipitations dans l'évolution de la production du maïs dans la région de l'Ouest du Cameroun.

D'après la **Figure 13**, les années 1973, 1974, 1975, 1976, 1977, 1982, 1986, 1987, 1988, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1999, 2001, 2003, 2007 et 2008 connaissent une évolution en phase entre les précipitations et les rendements de maïs enregistrés. Dès lors, la production observée évolue au rythme des superficies correspondantes, puisque à l'exception de l'année 2009 qui connaît une production deux fois plus importante que la superficie affectée, d'une manière générale, les années à faibles superficies connaissent une faible production. Lorsqu'on augmente les superficies, la production augmente également. Contrairement à cela, les années 1972, 1978, 1979, 1980, 1981, 1983, 1984, 1985, 1989, 1990, 1996, 1997, 1998, 2000, 2002, 2004, 2005, 2006, 2009, 2010 présentent plutôt un déphasage entre les deux variables agro-climatiques.

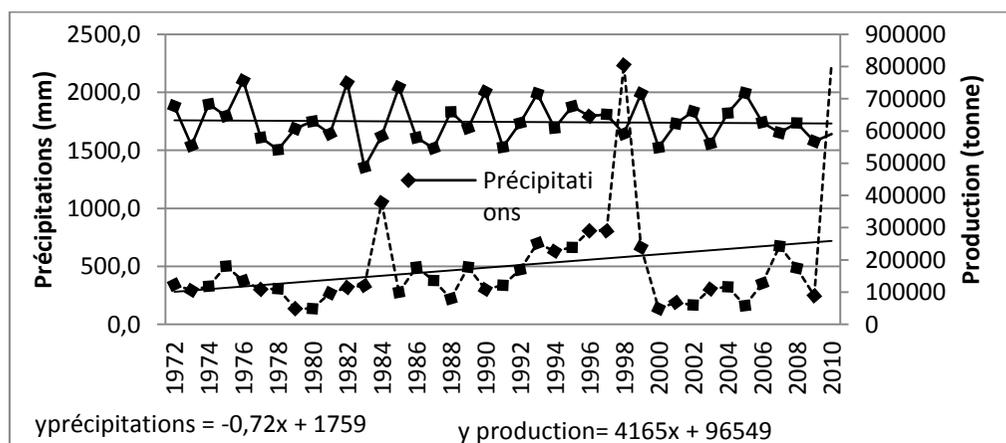


Figure 13 : Impact des précipitations sur l'évolution de la production du maïs dans la région de l'Ouest du Cameroun.

III-6-2. Impact du nombre de jour des pluies sur l'évolution de la production du maïs dans la région de l'Ouest du Cameroun.

Comme les précipitations, le nombre de jour des pluies est en déphasage avec la production du maïs observé. Pendant que les rendements augmentent, le

nombre de jour des pluies diminue comme l'indique la **Figure 14**. Les années 1975, 1976, 1977, 1978, 1981, 1982, 1983, 1985, 1986, 1987, 1989, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 2000, 2001, 2006, 2007, 2008, 2009 présentent une évolution en phase entre le nombre de jour des pluies et la production du maïs observée. Les années 1972, 1974, 1979, 1980, 1984, 1988, 1990, 1997, 1998, 1999, 2002, 2002, 2003, 2004, 2005, 2010 présentent plutôt un déphasage entre le nombre de jour des pluies et les rendements du maïs observé.

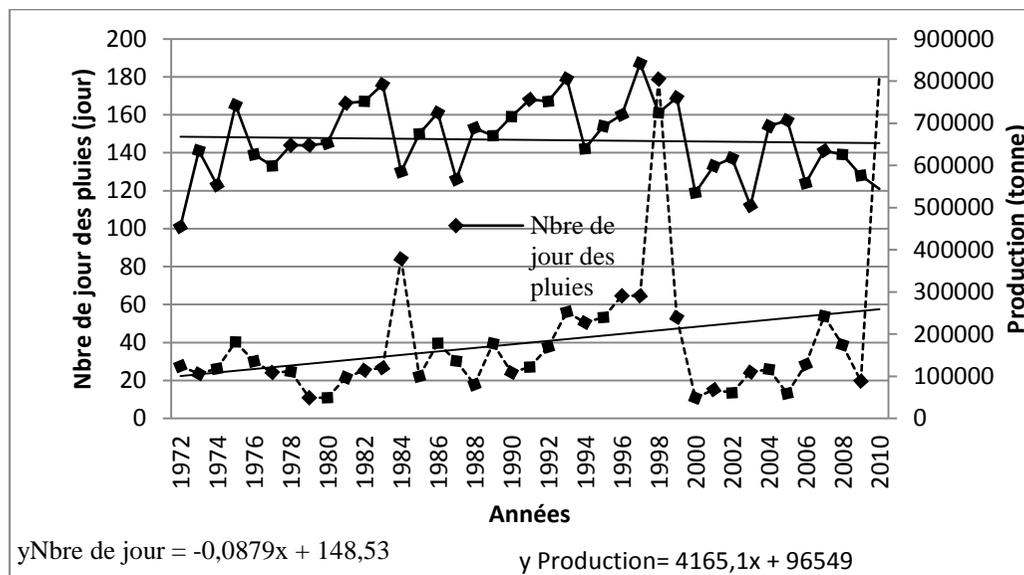


Figure 14 : Impact du nombre de jour des pluies sur l'évolution de la production du maïs dans la région de l'Ouest du Cameroun.

III-6-3. Impact des précipitations sur l'évolution des rendements du maïs dans la région de l'Ouest du Cameroun.

L'évolution des rendements de maïs est contradictoire à l'évolution générale des précipitations dans la région de l'ouest du Cameroun (**Figure 15**). Bien que certaines années soient révélatrices d'une évolution en phase des deux variables agro écologiques. C'est le cas des années 1973, 1974, 1976, 1977, 1978, 1983, 1984, 1986, 1987, 1992, 1993, 1998 et 1999.

Les années 1972, 1975, 1979, 1980, 1981, 1982, 1985, 1988, 1989, 1990, 1991, 1994, 1995, 1996, 1997, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010 par contre montrent une évolution en déphasage entre les précipitations et les rendements obtenus. Sur les 38 années corrélées, les

eux variables présentent 26 en déphasage et 12 années en phase, ce qui fait une différence de 14 ans.

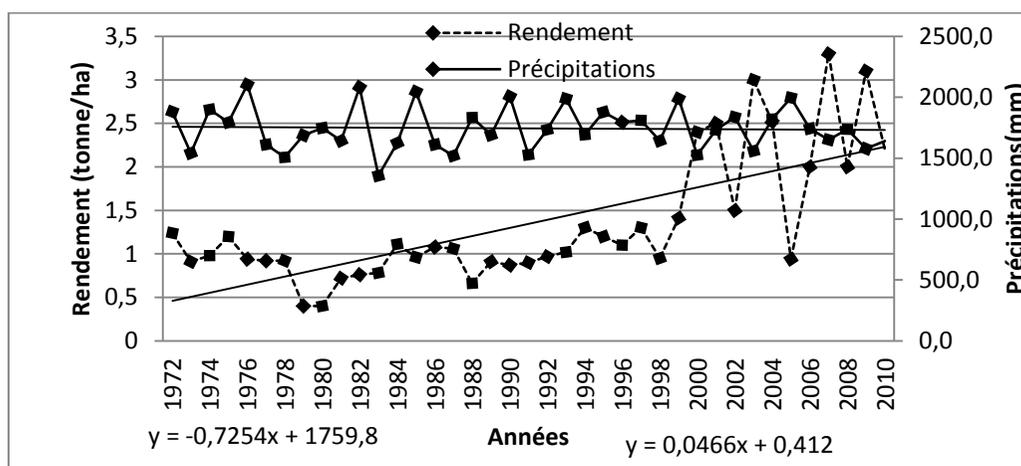


Figure 15 : Impact des précipitations dans l'évolution des rendements du maïs dans la région de l'Ouest du Cameroun.

III-6-4. Impact du nombre de jour des pluies sur l'évolution des rendements du maïs dans la région de l'Ouest du Cameroun.

L'évolution du trend du nombre de jour des pluies et des rendements du maïs (**Figure 16**) montre un déphasage entre les deux variables climatiques. Pendant que les rendements augmentent, le nombre de jour des pluies diminue. Cette évolution n'est cependant pas linéaire sur la période d'étude puisque les années 1975, 1976, 1977, 1981, 1982, 1983, 1986, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1997, 1998, 1999, 2001 et 2007 présentent les deux variables agro écologiques en phase.

III-6-5. Évolution des rendements de maïs par régime pluviométrique dans la région de l'Ouest du Cameroun.

En comparant les trois régimes observés, le régime monomodal est le plus étalé, 147 jours en moyenne par an (**Tableau 5**). Ce régime présente les meilleurs rendements de maïs que les autres régimes, 2 tonnes/ha. Le second régime est le bimodal avec 0,96 tonne/ha pour 1753 mm de pluies étalées sur 146 jours.

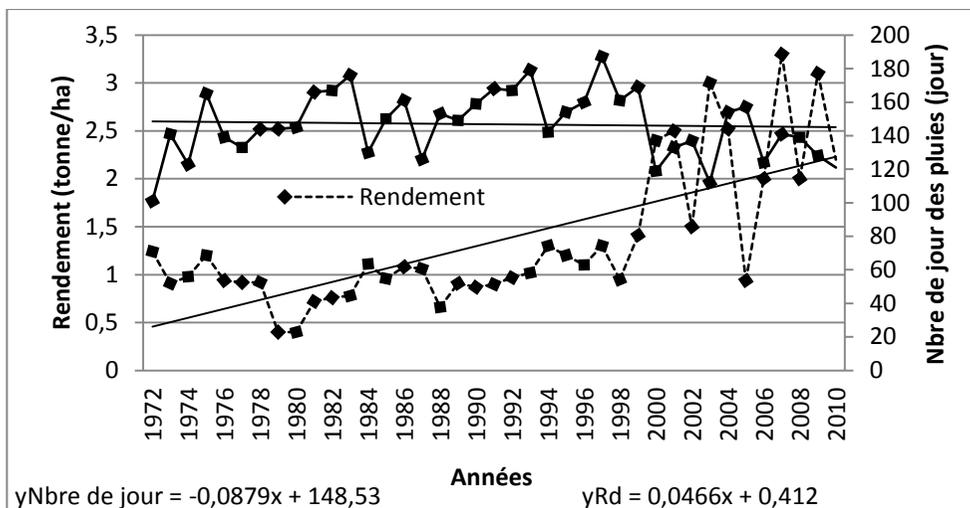


Figure 16 : Impact du nombre de jour des pluies sur l'évolution des rendements du maïs dans la région de l'Ouest du Cameroun.

Tableau 5 : Comparaison des rendements de maïs par régime pluviométrique dans la région de l'Ouest du Cameroun.

Régime	Rd (tonne/ha)	Précipitations (mm)	Nbre de jour des pluies (jour)
Monomodal	2,01	1741	147
Bimodal	0,96	1753	146
Trimodal	0,92	1507	144

III-7. Corrélation entre les variables climatiques et les rendements de maïs dans la région de l'ouest du Cameroun.

Le test statistique de Spearman (*Tableau 6*) permet de déterminer les différentes corrélations possibles entre les variables climatiques et agronomiques dans la région de l'Ouest du Cameroun. Le degré d'implication des éléments du climat sur la production du maïs dans la région de l'Ouest du Cameroun de 1972 à 2010 (*Tableau 7*) permet d'exprimer quantitativement la dépendance des précipitations et du nombre de jour des pluies sur la production et les rendements de maïs dans la région de l'Ouest du Cameroun. On observe que le nombre de jour des pluies s'implique à hauteur de 0,2% sur les rendements du maïs. Les précipitations s'impliquent à hauteur de 7% sur les rendements du maïs.

Tableau 6 : *Matrice de corrélation entre les rendements, la production du maïs et la pluviométrie dans la région de l'Ouest du Cameroun.*

		Précipitations	Nbr de jour des pluies	Rendement
Précipitations	Corrélation de Pearson	1,000		
	Sig. (bilatérale)			
	Nbr d'années	50		
Nbre de jour des pluies	Corrélation de Pearson	-0,068	1,000	
	Sig. (bilatérale)	0,686	,	
	Nbr d'années	50	50	
Rendement	Corrélation de Pearson	0,080	0,015	1,000
	Sig. (bilatérale)	0,634	0,929	,
	Nbr d'années	50	50	

Tableau 7 : *Degré d'implication des éléments du climat sur les rendements du maïs dans la région de l'Ouest du Cameroun.*

Variables corrélées	Rendements de maïs
Degré d'implication du nombre de jour des pluies D2 (en %)	0,22%
Degré d'implication des précipitations D1 (en %)	7%

IV – DISCUSSION

L'analyse de l'évolution annuelle de la pluviométrie à la station de Bafoussam sur la série 1960-2010 révèle une baisse tendancielle des précipitations pendant que le nombre de jour des pluies est en augmentation. A l'échelle saisonnière, cette étude révèle une diminution progressive des deux variables pendant la saison sèche, alors que seul le nombre de jour des pluies est en augmentation pendant la saison des pluies. La saison des pluies qui est de plus en plus étalée est à l'origine de l'augmentation du nombre de jour des pluies observé à l'échelle annuelle. Le régime pluviométrique majoritaire est monomodal avec une saison des pluies qui s'étale sur 09 mois et, une saison sèche qui ne

dépasse pas trois mois. Les besoins totaux en eau du maïs en zone tropicale et intertropicale varient de 500 à 800 mm de pluies (Kambire H et al 2010). La saison des pluies s'étale sur 09 mois (Mars à Novembre), période qui correspond aussi à période des cultures. Les cumuls pluviométriques annuels à la station de Bafoussam sont de 1736 mm de pluies, soit 1699 mm de pluies pendant la saison des pluies et, 37 mm en moyenne pendant la saison sèche. Les volumes cumulés pendant la saison des pluies montrent cycles probables de cultures du maïs à Bafoussam. Un premier cycle le moins arrosé entre Mars et Juin avec en moyenne 615 mm de pluies et, un second cycle, le plus arrosé avec en moyenne 835 mm de pluies. Les volumes d'eau enregistrés pour les deux cycles sont en même de satisfaire sans risque les besoins en eau totaux du maïs à Bafoussam. Une étude similaire a été faite au Togo (Poss, 1988) qui démontre que c'est la pluviométrie du troisième mois après le semis et l'application des fertilisants qui influence le plus le cycle de développement du maïs et non les deux premiers mois.

Il pleut en moyenne sur 139 jours en moyenne par an à la station de Bafoussam, soit 98% concentré pendant la saison des pluies et 02% seulement pendant la saison sèche. La longueur des pluies enregistrée pendant la saison des pluies montre que 51 jours seraient observés entre Mars et Juin et 65 jours entre Août et Novembre. Cet étalement des pluies sur les deux périodes est inférieur aux besoins moyens du maïs qui se situent entre 60 et 90 jours en moyenne par cycle de culture dans la zone sub saharienne (Wey, 1998). Pour deux cycles de culture par an, les pluies qui se déversent sur des périodes relativement courtes surtout pour le premier cycle de culture seraient un facteur à risque pour le développement du maïs.

RÉFÉRENCES

- Bring**, Organisation des interruptions pluvieuses décennales dans les plaines du Nord-Cameroun ; in, Acte du colloque l'Afrique Centrale, le Cameroun et les changements globaux, Yaoundé, Tome 2, 55-59, 2007.
- Camberlin P**, L'Afrique centrale dans le contexte de la variabilité climatique tropicale interannuelle et intra-saisonnière. in, Acte du colloque l'Afrique Centrale, le Cameroun et les changements globaux, Yaoundé, Tome 1, 25-39, 2007.
- Kambire H, Abel-Rahman G, Bacyé B, Dembele Y**, Modeling of Maize Yields in the South-Sudanian Zone of Burkina Faso–West Africa. *American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci.*, 7(2): 195-201, 2010.

- Munang M, Ayongue S N**, Climate change impacts on the hydroelectricity potentials of the Sanaga basin: past and future trends. MSc thesis, University of Buea, 2010.
- Pindard A**, La relation stress hydrique –rendement du maïs en Bresse: quelle perspective de spatilisation ? Utilisation d'un simulateur de culture (STICS). Mémoire d'Ingénieur d'Agronomie, ENSA, Dijon, 86P, 2000.
- Poss R, Saragoni H, Imbernon J**, Bilan hydrique simulé du maïs au Togo méridional. *AAgri. Trop.*, 43(1) : 18-29, 1988.
- Somé L, Sivakumar MVK**, *Analyse de la longueur de la Saison Culturelle en Fonction de la date de début des pluies au Burkina Faso*. INERA, ICRISAT : Ouagadougou, 1994.
- Sawadogo, S**, 2010. Adaptation aux changements climatiques par l'utilisation de variétés améliorées : cas du sorgho et du maïs dans les villages de Sourgou et de Salbisgo dans la région du Boulkiémdé. Rapport de stage de fin de cycle présenté en vue de l'obtention du Brevet de Technicien Supérieur (BTS), Option : Agronomie. 47 p. + annexes.
- Sighomnou D**, Analyse et redéfinition des régimes climatiques et hydrologiques du Cameroun : perspectives d'évolution des ressources en eau. Thèse d'État en Sciences de l'Eau, 2004.
- Wey J**, Étude de la variabilité du rendement du maïs au Burkina Faso. Thèse de doctorat, INPL, Nancy, 1998