

Variabilité pluviométrique et vulnérabilité de la culture du maïs (*Zea mays*) à Bébédjia, département de la Nya au sud du Tchad

Magloire DADOU M DJEKO^{1*}, Khamis DJIMINGAR DJIBRINE¹, Lucie NAMODJI²
et François D'Assise MATOUDJAL¹

¹ Université de Moundou, Département de Géographie, Tchad

² Centre Régional AGRHYMET, BP 11011, Niamey, Niger

(Reçu le 19 Mars 2024 ; Accepté le 23 Avril 2024)

* Correspondance, courriel : dadoumdjeko@gmail.com

Résumé

La présente étude a pour objectif d'étudier le degré de vulnérabilité de la culture de maïs face aux risques climatiques. Une méthodologie basée sur l'analyse des données pluviométriques de 1982 à 2022 de la station agrométéorologique de Bébédjia et celles de la culture du maïs (*Zea mays*) issues de l'Agence Nationale du Développement Rural, a été utilisée. Les résultats ont montré des perturbations climatiques majeures marquées par une variabilité spatio-temporelle de la pluviométrie, une tendance à la baisse de la pluviométrie, une rupture observée à partir de l'année 2000 avec une différence moyenne de 98mm évaluée à 8 %. L'apparition des séquences sèches de plus en plus longues au cours de la saison a rendu la culture du maïs vulnérable. En outre, la variabilité spatio-temporelle interannuelle de la pluviométrie a des conséquences sur l'ensemble des écosystèmes agricoles d'une part et, sur les rendements du maïs, d'autre part. C'est pourquoi, la gestion durable des terres agricoles, avec la mise en place des variétés de maïs résistantes à la sécheresse et/ou des plantes à tubercules et racines adaptées, contribueront sûrement à faire face à cette péjoration climatique combien importante dans le département de la Nya.

Mots-clés : *vulnérabilité, culture du maïs, risques climatiques, Bébédjia, Tchad.*

Abstract

Vulnerability of corn (*Zea mays*) face to climate risks in Bébédjia, Nya Department in southern Chad

The aim of this study is to examine the degree of vulnerability of maize crops to climatic risks. A methodology based on analysis of rainfall data from 1982 to 2022 from the Bébédjia agrometeorological station and maize (*Zea mays*) crop data from the Agence Nationale du Développement Rural was used. The results showed major climatic disturbances marked by spatio-temporal variability in rainfall, a downward trend in rainfall, and a break observed from 2000 onwards, with an average difference of 98 mm estimated at 8 %. The appearance of increasingly long dry spells during the season has made maize growing vulnerable. Moreover, the spatio-temporal inter-annual variability of rainfall has consequences for agricultural ecosystems as a whole, as well as for maize yields. For this reason, sustainable management of agricultural land, with the introduction of drought-resistant maize varieties and/or adapted tuber and root crops, will contribute certainly help to cope with this major climatic deterioration in the Nya department.

Keywords : *vulnerability, maize growing, climate risks, Bébédjia, Chad.*

1. Introduction

Au Tchad, les perturbations pluviométriques se manifestent sur l'ensemble du territoire, mais les causes sont réparties de façon inégale d'une localité à une autre [1]. De nos jours, la variabilité pluviométrique exacerbe les vulnérabilités des producteurs agricoles surtout sahéliens et leurs manifestations dépassent les limites autonomes d'adaptation [2]. De caractère planétaire, les effets de la variabilité pluviométrique constituent un handicap majeur à l'épanouissement socio-économique des pays africains en général et le Tchad, en particulier. Les effets de ces risques climatiques sur les systèmes agricoles préoccupent les producteurs du maïs (*Zea mays*) du Département de la Nya à Bébédjia où l'agriculture pluviale est largement dépendante des conditions climatiques [3]. L'objectif de ce travail est d'étudier les impacts du risque pluviométrique sur les rendements de maïs. Les résultats obtenus à partir des traitements et analyses statistiques ont montré des perturbations climatiques majeures marquées par une variabilité spatio-temporelle et une tendance à la baisse de la pluviométrie couplée des séquences sèches de plus en plus longues rendant ainsi la culture du maïs vulnérable. Et c'est ce qui a amené les producteurs locaux à adapter des nouvelles mesures afin de minimiser cette péjoration climatique combien menaçante dans le département de la Nya.

2. Méthodologie

2-1. Localisation du site d'étude

La zone d'étude couvre les localités situées entre le centre-est de la province du Logone Oriental, dans l'extrême sud du Tchad, entre 8° et 9°15' de latitude Nord et entre 16°20' et 16°50' de longitude Est, le Département de la Nya occupe une superficie de 2 954 km² et représente 22,7 % de la province et 0,23 % du territoire national. D'une pluviométrie annuelle allant de 1000 à 1200mm, la zone d'étude (**Figure 1**) est caractérisée par un climat de type soudanien. Elle est dotée d'une végétation multiforme composée des ligneux et d'herbacées. On y rencontre de la savane arbustive à arborée avec une dominance d'*Acacia sp.* et *Anogeissus*, des Combrétacées parsemées des *Andropogon sp.* et autres. Caractérisée par deux saisons dont, l'une sèche allant de novembre à avril et l'autre pluvieuse, de mai à octobre, le département de la Nya (Bébédjia) est propice à l'agriculture basée sur la culture céréalière [4]. Limité au nord-ouest par le fleuve Logone (long de 1000km du plateau de l'Adamaoua au lac Tchad), le département couvre une large bande de plaines alluviales susceptibles de fournir de terres agricoles d'une très grande capacité de production d'une large gamme de cultures. On peut y trouver plusieurs types de sols, à savoir : sols rouges ferrallitiques, sols hydromorphes, sols limono-argileux, sols ferrugineux tropicaux profonds, sols d'érosion et sols ferrugineux tropicaux à cuirasse.

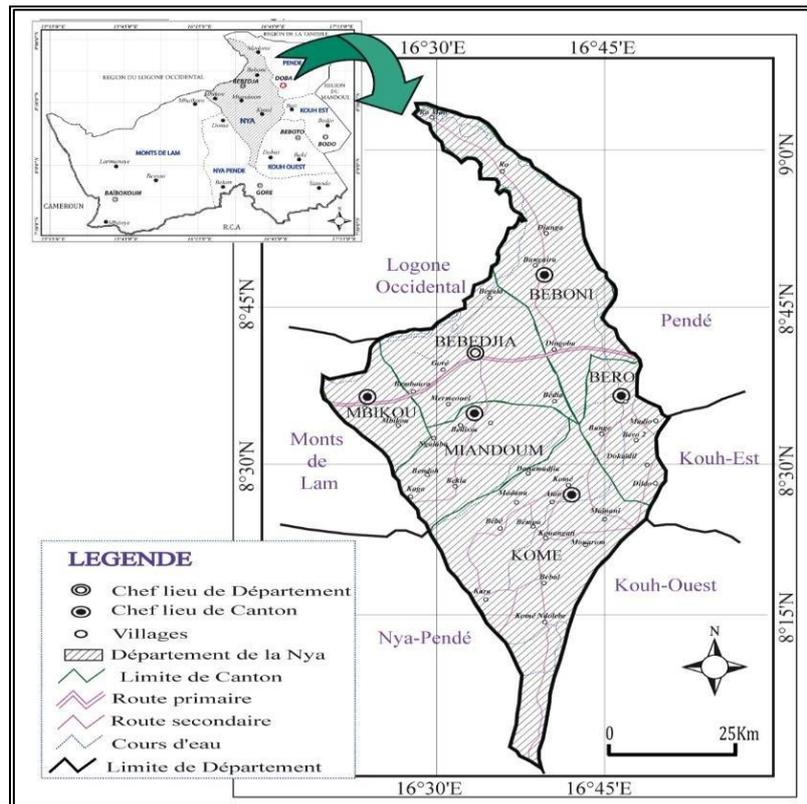


Figure 1 : Localisation du Département de la Nya

2-2. Matériel

L'analyse statistique des données est basée sur l'interprétation des données pluviométriques annuelles de la station agrométéorologique de Bébédjia avec les logiciels Word, Excel et Khronostat. Dans cette étude, le matériel végétal utilisé est la culture du maïs, à cause de sa forte densité, ses effets dans l'alimentation humaine et son importance socio-économique. Elle est très largement cultivée sur l'ensemble du département de la Nya. La documentation a contribué à l'amélioration de l'étude.

2-3. Méthodes

La méthode utilisée pour cette étude consiste à réaliser des tests statistiques pour détecter d'éventuel ruptures au sein de la série chronologique et à évaluer les risques significatifs des paramètres climatiques notamment la pluviométrie et les températures des années antérieures. Les données agronomiques et les généralités sur les cultures sont issues des bibliothèques de l'Institut Tchadien de Recherche Agronomique pour le Développement (ITRAD), de l'Agence Nationale du Développement Rural (ANADER). Tout ceci a permis de circonscrire la problématique du présent travail. A noter que la pluviométrie est un paramètre très important du climat dans la zone intertropicale, la méthode consiste à :

- ✓ considérer les données pluviométriques de 1981-2022 de la station agrométéorologique de Bébédjia. Ce qui a permis de comprendre l'évolution spatiotemporelle, la tendance et les ruptures probables de la pluviométrie ;
- ✓ déterminer et analyser les risques climatiques qui pourraient négativement la culture du maïs;
- ✓ collecter auprès d'un échantillon de 70 personnes ressources (**Tableau 1**) naissant et vivant dans le milieu au moins 50 ans et détenant diverses connaissances et pratiques d'adaptation ainsi que leurs perceptions locales.

Ainsi, on a :

Tableau 1 : Nombre de personnes ressources enquêtées par quartier

N°	Quartier	Nombre de personnes ressources consultés/Province	Pourcentage
1	Béndangkara	10	100
2	Béndissa	10	100
3	Bédaninga	10	100
4	Bémane	10	100
5	Bébeure	10	100
6	Bérakara	10	100
7	Bémbanga	10	100
TOTAL		70	

Pour la perception des risques climatiques, une collecte des données, à partir d'un guide d'entretien, a été utilisé à cet effet. La taille de l'échantillon est déterminée à partir de la **Formule** statistique de l'estimation de l'échantillon (1) suivante :

$$n = \frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2} \quad (1)$$

avec,

- n : taille de l'échantillon ;
- z : taux de confiance estimé pour la proportion à 99 % selon la loi normale centrée réduite (pour un niveau de confiance de 99 %);
- p : proportion de la population mère ciblée ;
- e : marge d'erreur estimée pour la population (5 %).

L'application du test de rupture de Buishand, de Pettitt, de Lee et Heghinian sur les séries chronologiques de la station agrométéorologique de Bébédjia montre que les données sont susceptibles d'être utilisées. Ce qui a permis d'obtenir la situation les résultats confirmant la fiabilité des données à utilisées à plus de 95 %. En plus, la documentation est l'un de nos axes du travail. L'utilisation de lois statistiques nous a permis d'établir la distribution des années humides et des années sèches à partir de l'indice de Lamb, qui représente l'écart à la moyenne normalisée par l'écart-type. Il est déterminé par (2) suivante :

$$Ind. Lamb = \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma} \quad (2)$$

avec,

- I : indice de Lamb ;
- X_i : pluviométrie de l'année i ;
- \bar{X} : moyenne pluviométrique interannuelle sur la période d'étude (1982-2022) ;
- σ : écart-type de la pluviométrie interannuelle.

Le calcul de l'indice de Lamb permet de déterminer la sévérité de la sécheresse selon différentes classes (**Tableau 2**).

Tableau 2 : Classification du SPI

Classes du SPI	Degré de la sècheresse
$SPI > 2$	Humidité extrême
$1 < SPI < 2$	Humidité forte
$0 < SPI < 1$	Humidité modérée
$-1 < SPI < 0$	Sècheresse modérée
$-2 < SPI < -1$	Sècheresse forte
$SPI < -2$	Sècheresse extrême

Source : OMM, 2012.

3. Résultats

3-1. Traitement statistique des données climatologiques

Au vu du traitement et analyse des données climatologiques collectées, il ressort que pour le test de Buishand, seules les valeurs observées entre 1995 et 2001 sont irrégulières, c'est-à-dire qu'elles sont en dehors de 99 %. Ce qui atteste que les données de la station de Bébédjia collectées, peuvent être interprétées (*Figure 2*). D'une manière générale, l'utilisation de ces tests a permis de connaître la qualité des données climatologiques collectées mieux observer la variabilité interannuelle et de confirmer l'irrégularité de certaines valeurs pondérées de la station agrométéorologique de Bébédjia. Alors, il ressort ce qui suit :

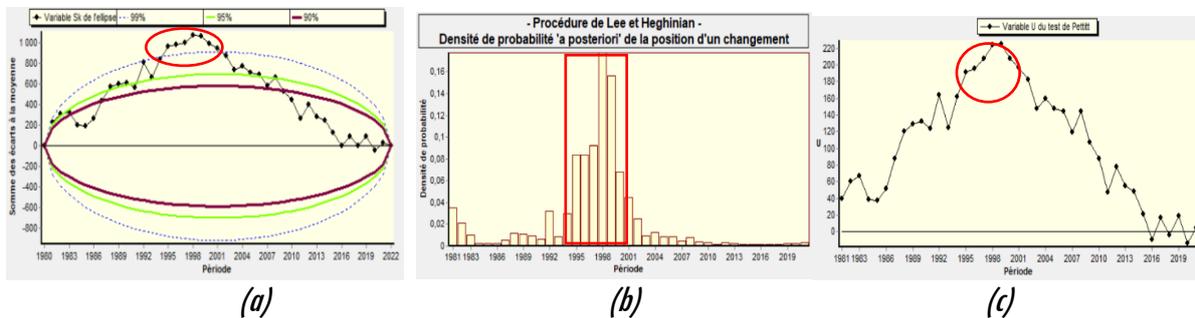


Figure 2 : Tests de Buishand (a), de Pettitt (b), de Lee et Heghinian (c)

3-2. Caractéristiques de la pluviométrie dans le département de la Nya de 1981-2022

Naturellement, toutes les espèces ont des exigences vis-à-vis du climat au sein duquel elles vivent. Celles-ci se traduisent par un certain nombre de besoins climatiques : besoins en rayonnement solaire intercepté par le feuillage, besoins thermiques pour l'accomplissement de son développement, besoins en eau pour sa croissance essentiellement, ... C'est pourquoi tel ou tel élément du climat peut constituer un facteur limitant quel qu'en soit l'espèce soit par excès, soit par défaut 0. Comme pour les végétaux, l'insuffisance de la pluie pose autant de problèmes à la faune sauvage qu'elle ne résolve. Selon l'enquête, 91 % des paysans enquêtés attribuent directement ou indirectement, la disparition de certaines espèces animales, faute d'alimentation. Dans la zone intertropicale, la pluviométrie est l'un des paramètres climatique qui varie le mieux. Au vu des données pluviométriques disponibles, l'évolution de la pluie à la station agrométéorologique de Bébédjia se présente par :

- ✓ Une tendance globale à la baisse est constatée depuis l'origine des données même si les dernières décennies semblent être un peu régulières. Cependant, on remarque que la période allant de 1991-2001, constitue celle du changement selon le test de Lee et Heghinian (**Figure 2**);
- ✓ L'ampleur actuelle des variations pluviométriques a occasionné dans la zone d'étude de forte diminution des précipitations au point de rendre plus vulnérable la culture de maïs ;
- ✓ La moyenne mobile de 5 sur la période montre l'année où la rupture est constatée (**Figure 4**).

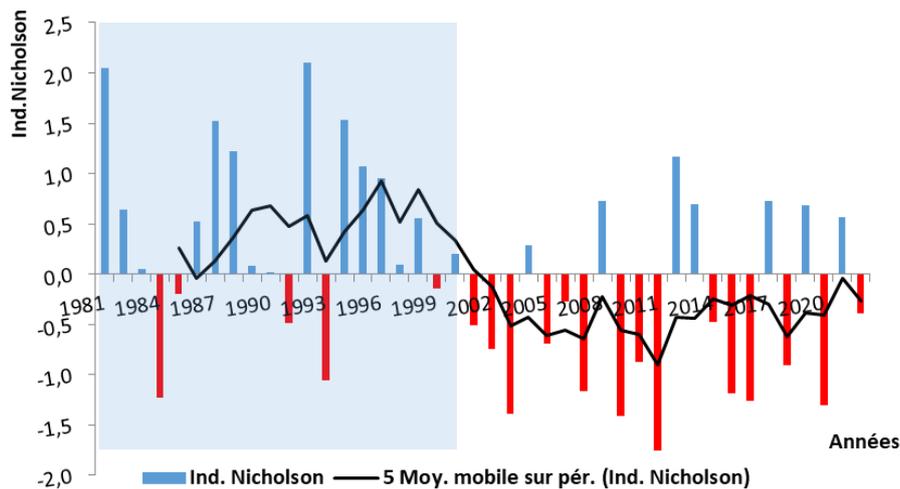


Figure 3 : Évolution de la pluviométrie à la station agrométéorologique de Bébédjia

L'apparition de la rupture sur le cumul pluviométrique selon le test de PETITT observée à la station de Bébédjia montre qu'il y a eu de changement significatif de la moyenne entre les sous-séries sur la période 1981 - 2000 et 2001 - 2022, indiquant ainsi une certaine hétérogénéité de la pluviométrie dans cette station (**Figure 4**).

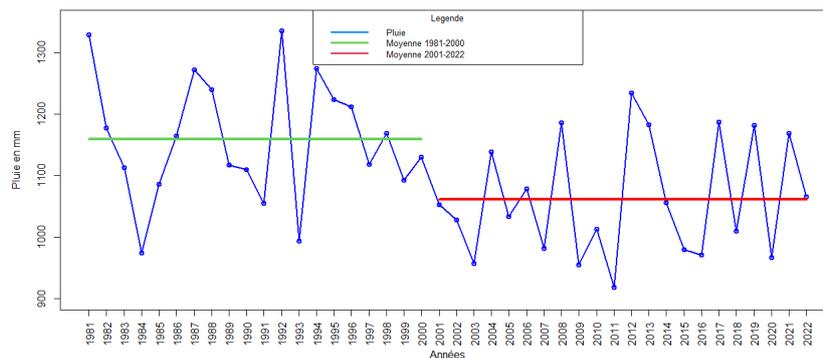


Figure 4 : Détermination de rupture à la station de Bébédjia de 1981 à 2022

Le **Tableau 3** montre une dispersion entre les années, marquées par des écart-types plus ou moins élevés. Il met en évidence une grande variabilité de la pluviométrie d'une année à une autre. Les valeurs moyennes pluviométriques observées au niveau de la station de Bébédjia (Moyenne 1 : 1158,82 mm ; Moyenne 2 : 1060,70 mm) sont supérieures à 1000 mm. Ce qui témoigne à suffisance que la zone d'étude appartient à la zone agroclimatique soudanienne pourtant favorable à la culture de maïs.

Tableau 3 : Récapitulatif de rupture sur la série chronologique des données pluviométriques de 1981-2022

Station	Année de rupture	Série homogène		Moyenne (mm)	Différence (M1 & M2)		P - value
		Début	Fin		Quantité (mm)	%	
Bébédjia	2000	1981	2000	1158,82	98	8	0,043
		2001	2022	1060,70			

3-3. Caractérisation du rendement de la culture du maïs dans le département de la Nya (Bébédjia) de 1981 - 2022

Dans le Département de la Nya (Bébédjia), probablement avec les pratiques culturales comme le semis précoce, le sarclage et les autres entretiens avec un cumul de pluie significative aux mois de juin, juillet et août qui s'est prolongé jusqu'en septembre ont contribué à l'amélioration du rendement du maïs même si globalement, la tendance est à la baisse ($Y = -127X + 408556$ avec $R^2 = 0,0005$). Il faut ajouter que de 1991 à 1997, le rendement a été dans l'ensemble satisfaisante par rapport aux autres années. Toutefois, selon les données disponibles, le rendement de la culture du maïs va de régression en régression (*Figure 5*).

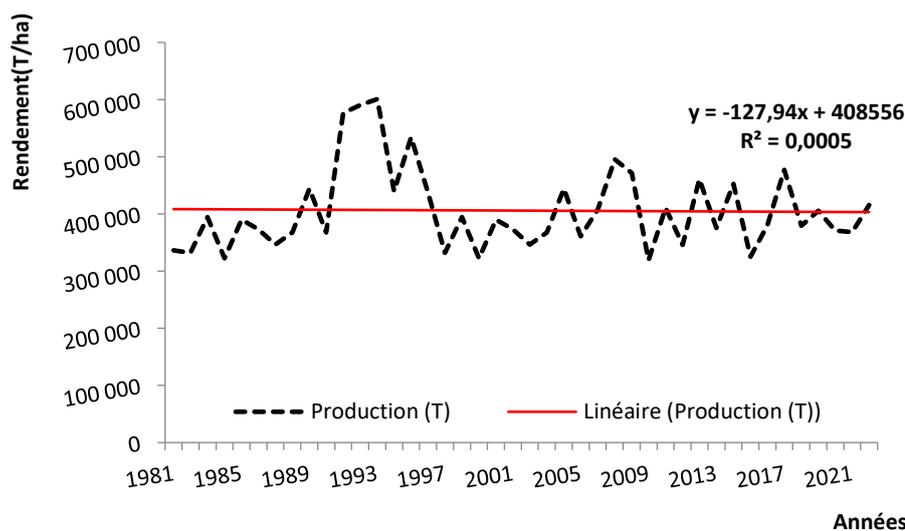


Figure 5 : Évolution du rendement du maïs dans le département de la Nya de 1981 à 2022

3-4. Évaluation de l'impact de la pluviométrie sur le rendement de la culture du maïs

Les résultats obtenus confirment les impacts de la variabilité climatique telle que soulignée par le [5]. De 1995 à 2022, plus il pleut, mieux sont les rendements des céréales. Toutefois, selon les études menées par [5, 6], il apparaît que la diminution dans la plupart des pays du Sahel est de -24 %. La *Figure 6* montre qu'il y a une nette relation entre le rendement du maïs et la pluviométrie dans le département de la Nya. Même si d'autres facteurs peuvent contribuer à la baisse de production céréalière, il y a lieu de dire que la pluviométrie en contribue énormément [6]. Par exemple, dans le canton, à cause de la sécheresse de 1972/1973 et même 1983/1984, il y a eu des migrations inter-villages à la recherche des terres encore fertiles. L'une des causes plus ou moins directes de la baisse de rendement [7]. Selon des études du CILSS/CRA [8, 9], la baisse du rendement du maïs est probablement due à l'augmentation ou la baisse de la pluviométrie qui se traduit par une réduction de la durée des stades de développement et de la durée totale

du cycle des cultures. Ce qui se traduira à son tour par une réduction du nombre et de la taille des grains formés [10]. Du fait du caractère aléatoire des campagnes agricoles, les producteurs préfèrent mettre en place des cultures en association (maïs-arachide ou niébé-maïs) ou des plantes à tubercules et racines (manioc et/ou patate douce). D'autres renoncent carrément à cette culture pour s'adonner à la culture du coton, du sésame ou du mil, de nos jours. Les investigations de terrain montrent que la totalité des producteurs enquêtés affirment que, ces dernières décennies, la saison de pluie s'installe avec un retard dans la zone d'étude (au cours de ces dernières décennies, les pluies arrivent vers le début du mois de juin. En effet, pour 20,7 % des producteurs, ce retard est dû à une sanction divine alors que 47 % attribuent ce retard au dérèglement pluviométrique. Pour 95 % des producteurs enquêtés, la campagne agricole est aussi perturbée par des pauses pluviométriques souvent plus longues en plein mois d'août entraînant ainsi la baisse de la production agricole [11]. Ainsi, sur toute la période, la 1981 - 2021 avec une moyenne autour du 21 juin soit le 173^e jour selon les données disponibles.

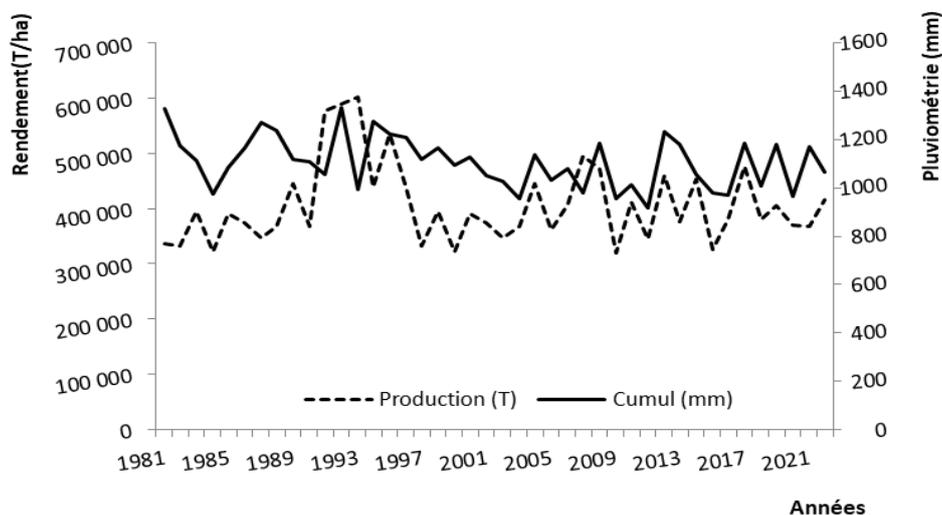


Figure 6 : Effets du risque pluviométrique sur le rendement de la culture du maïs

3-5. Perception et stratégies d'adaptation des populations locales

Dans le département de la Nya, les producteurs subissent le coup de la variabilité pluviométrique. Car, les activités agricoles qu'ils mènent pour survivre suivent l'évolution de la pluviométrie. Ainsi, 100 % des producteurs perçoivent la diminution et de l'irrégularité des pluies et le dérèglement de la campagne agricole. Tous disent que les périodes ne sont plus comme avant, rapportant la hausse des températures, l'augmentation de la vitesse des vents pendant la saison des pluies [12]. Cette baisse de la pluviométrie a largement contribué à l'aggravation de l'insécurité alimentaire et la pauvreté à l'échelle de certains ménages. L'indicateur local lié à la mauvaise répartition des pluies et aux nombreuses poches de sécheresse au cours de la saison pluvieuse est le flétrissement des cultures et la baisse de rendement [13] occasionnés par une faible remontée capillaire. Face aux différents risques liés à la variabilité pluviométrique, les producteurs du département de la Nya (Bébédjia) ont développé des stratégies d'adaptation en termes de réorientation. Dans cette localité, les pratiques agricoles à travers la diversification des cultures sont les mieux pratiquées. Ainsi, la culture de sésame, de l'arachide, du coton malgré les déboires rencontrés par cette dernière. Ainsi, 25 % des réponses ont évoqué la longueur des cycles des cultures et d'autres ont cité la faible résistance des cultures à la sécheresse à 33 %, la faiblesse des rendements et la faible résistance à la chaleur à 32 %. D'autres producteurs interrogés évoquent aussi

la faible résistance aux inondations à 10 %. Toutes ces stratégies sont entreprises pour compenser les déficits céréaliers nés des mauvaises campagnes agricoles pour améliorer la sécurité alimentaire. Ces options d'adaptation varient selon les réalités et les potentialités socio-économiques locales. Parfois, du fait de la disparité du degré de vulnérabilité des systèmes de productions agricoles, les producteurs de maïs du département de la Nya attendent l'intervention de l'Etat qui tombe à compte-goutte. En plus, les producteurs s'attèlent à la vente d'autres produits maraichers et de rentes issus de contre-saison. En effet, selon les résultats de l'enquête, il ressort que 45 % des producteurs ont affirmé avoir bénéficié une seule fois de l'aide de l'Etat.

4. Discussion

Au regard des données pluviométriques collectées à la station de Bébédjia, traitées et utilisées dans le cadre du présent travail, nombreuses ont fait l'objet d'anciens travaux. L'utilisation des différentes lois de distribution a facilité la compréhension du comportement de ces paramètres sur les cultures céréalères. Les différents tests de corrélation sur le rang, l'hypothèse a été reprise par [8, 9]. Selon ces auteurs, la meilleure segmentation est celle qui minimise l'écart quadratique entre elle et la série. Le test de PETTIT confirme les résultats issus de celui de corrélation sur le rang même si les données de la station de Bébédjia paraissent irrégulières à 99 % [10]. Toutefois, ces différents tests effectués attestent que les données collectées sont acceptables et peuvent être interprétées. Les résultats issus de l'analyse des cumuls pluviométriques au niveau de la station de la zone d'étude révèlent une rupture dans la série des données comprises entre les années 1982 à 2000 et de 2001 à 2022. Selon le test de Lee et Heghinian, cette rupture plus ou moins significatives est caractéristique d'un probable changement suivie par une série des anomalies des précipitations marquées une forte variabilité des années humides et sèches (**Figure 3**). En effet, cette variabilité se caractérise à l'échelle saisonnière par une forte variabilité des pluies sur une courte période, occasionnant parfois des inondations et/ou par de brusque interruption des pluies en pleine saison donnant lieu à des épisodes sèches [10]. Des résultats similaires ont été mentionnés par [10, 11] dans une étude réalisée dans les conditions un peu similaires où les producteurs de maïs ont été enquêtés sur leur perception concernant les changements climatiques dans la région. Il en ressort que ceux-ci perçoivent les changements climatiques à travers quelques perturbations dont la diminution et l'irrégularité des pluies, le décalage de la saison avec une tendance à la réduction de la saison pluvieuse et la fréquence élevée des inondations et sécheresse. La diminution du nombre de jours de pluie, d'une part, et l'augmentation des séquences sèches d'autre part, montrent que la culture du maïs connue pour ses exigences en eau et pour sa sensibilité au stress hydrique est vulnérable dans cette zone. Dans tous les cas, les années après 2001 jusqu'à 2022 (**Figure 4**) sont marquées par une baisse de pluviométrie en terme de quantité et mauvaise répartition dans la zone d'étude. Le [10, 11] ont trouvé qu'après 1990, un autre mode de variabilité semble s'instaurer au sein du régime pluviométrique sahélien caractérisé par une alternance forte entre des années très humides et des années très sèches avec surtout des conditions pluviométriques bien meilleures. Mais il faut relever que cette perturbation de la pluviométrie, si elle persiste, augmenterait l'assèchement des terres agricoles, les besoins en eaux des plantes et par conséquent aggraver les risques d'avortement du maïs. Cette remarque est également constatée par [12]. Toutefois, la reprise pluviométrique observée sur l'Afrique centrale et de l'Ouest à partir des années 1990 ne semble pas être continue, affirment [13, 14]. Les impacts des changements climatiques sur l'agriculture principalement de subsistance axée vers la production céréalère sont la variabilité de la longueur de la saison culturale qui elle-même est lié au démarrage et fin de saison et l'occurrence de longues séquences sèches en saison d'hivernage pouvant occasionner des pertes de semis [15, 16], de la productivité et du rendement de la culture surtout pendant les phases sensibles. Pour la présente étude, les résultats ont montré une forte

variabilité de la longueur des saisons marquée par un raccourcissement. Ce raccourcissement des longueurs de saisons s'explique par le fait que les dates de début de saisons sont en moyenne de plus en plus tardives et dates de fin de saisons précoces même si ces dernières années il est observé une reprise des débuts précoces. Elle varie de cinq à six mois en moyenne avec des séquences sèches moyenne également comprises entre sept (7) à huit (8) jours en début et huit (8) à neuf (9) jours en fin de saisons de pluies [16]. Les dates de débuts de saison culturale oscillent en moyenne entre la deuxième et la troisième décade du mois de mai à la station de Bébédjia. Ces dates de débuts obtenus sont similaires à ceux de [16] contrairement aux dates qui présentent quelques écarts (3^e décade septembre -1^{ère} décade d'octobre et 3^eme décade d'octobre - 1^{ère} décade de novembre). En réalité, cet écart peut s'expliquer par la plage des données utilisées dans l'analyse de la série. Dans certains pays de la zone sahélienne, la date de début de la saison des pluies peut varier d'une façon considérable de mai à juin et même au début juillet selon. Ces résultats sont semblables à ceux de [17], qui indiquent que la tendance à la baisse de la pluviométrie et sa variabilité est remarquable en ce qui concerne la zone soudanienne du Tchad. Pour ce présent travail il est observé la différenciation Ouest et Est des dates de début et de fin des pluies. Ce qui n'est pas sans conséquences majeures sur le rendement de la culture du maïs.

5. Conclusion

De ce qui ressort de l'analyse des résultats, l'influence de la variabilité pluviométrique sur le rendement de la culture du maïs est un fait réel dans le département de la Nya. D'après les données disponibles, l'évolution du rendement du maïs est proportionnelle à celle de la pluviométrie au regard des tendances respectives. Ce a permis d'apprécier le degré de variabilité de ce paramètre et les incidences engendrées dont l'une est la migration de certaines personnes vulnérables. En revanche, d'autres se sont adaptées avec la mise en place d'autres variétés parfois précoces de céréales pour subsister à la crise. Surtout, leurs inadéquations avec la croissance démographique et les fluctuations extrêmes de la pluviométrie posent énormément problème, notamment : les risques d'insécurité alimentaire, de famine, de sécheresse, de migration et même de conflit inter-agriculteur et/ou agriculteur-éleveur, d'une année à une autre. En outre, la variabilité spatio-temporelle interannuelle de la pluviométrie a des conséquences sur l'ensemble des écosystèmes agricoles d'une part et, sur les rendements du maïs, d'autre part. C'est pourquoi, la gestion durable des terres agricoles, avec la mise en place des variétés des plantes à tubercules et racines adaptées, contribueraient sûrement à faire face à cette péjoration climatique.

Références

- [1] - DADOUM DJEKO MAGLOIRE, KELGUE SALOMON et DJANGRAN MAN NAN, Impact de la variabilité climatique sur les cultures pluviales dans le canton Bénoye en zone soudanienne du Tchad, Série A — Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines. Annales de l'Université de Moundou, Vol. 3, (1) (Jan. 2017). ISSN 2304 - 1056 (print)
- [2] - DADOUM DJEKO MAGLOIRE, Effets de la variabilité climatique sur les systèmes agraires dans le canton Bébédjia en zone soudanienne du Tchad. Thèse de doctorat en Géographie. Université Abdou Moumouni de Niamey. Niger, (2018) 238 p.
- [3] - DADOUM DJEKO MAGLOIRE, changements climatiques et espaces ruraux dans le canton Bébédjia en zone soudanienne du Tchad. *Edition Toumai*. ISBN : 978-2-37670-214-6, (2021) 23 - 39 p.
- [4] - RN. EGBEMEY, JA. YABI, GB. AÏHOUNTON, A. PARÁISO, Modélisation simultanée de la perception et de l'adaptation au changement climatique : cas des producteurs de maïs du Nord Bénin (Afrique de l'Ouest). *Cah Agric*, 23 (2014) 177 - 87. Doi : 10.1684/agr.2014.0697

- [5] - FAO, Le changement climatique et ses incidences sur les travaux et les activités de la FAO. Renforcer la résilience pour atténuer la vulnérabilité, 30 extrêmes de l'agriculture et des moyens d'existence ruraux en Afrique, (2018) 9 p.
- [6] - GIEC, Changements climatiques 2014 Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Sous la direction de l'équipe de rédaction principale, R.K. Pachauri et L.A. Meyer]. GIEC, Genève, Suisse, (2014) 161 p.
- [7] - GIEC, Résumé du rapport technique, Changement climatique 2022. Atténuation du changement climatique, (2022) 2913 p.
- [8] - GOUATAINE SEINGUE ROMAIN, DADOUM DJEKO MAGLOIRE, MBAIHADJIM JECHONIAS, « Dynamique de la pluie et production agricole au sud-ouest du Tchad » in *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, (2022) 412 - 421
- [9] - A. M. GOULA & K. G. ADAMOPOULOS, Spray drying of tomato pulp in dehumidified air : I. The effect on product recovery. *Journal of Food Engineering*, 66 (2005a) 25 - 34
- [10] - HUBERT LUBES-NIEL, J. M. MASSON, J. E. PATUREL and E. SERVAT, Variabilité climatique et statistiques. Etude par simulation de la puissance et de la robustesse de quelques tests utilisés pour vérifier l'homogénéité de chroniques, Vol. 11, N°3 (1998) 383 - 408 p. DOI: <https://doi.org/10.7202/705313ar>
- [11] - JEAN-PIERRE AMIGUES, PHILIPPE P. DEBAEKE, BERNARD B. ITIER, GILLES G. LEMAIRE, BERNARD SEGUIN, et al., Sécheresse et agriculture. Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau. Expertise scientifique collective. Synthèse du rapport. [0] INRA., (2006) 72 p. hal-02824089
- [12] - KATHLEEN A. GALVIN, PHILIP K. THORNTON, RANDALL B. BOONE and JENNIFER SUNDERLAND, Climate variability and impacts on east African livestock herders: The Maasai of Ngorongoro Conservation Area, Tanzania, (2004)
- [13] - LONA ISSAKHA, Changement climatique et développement agricole dans la commune rurale de Diagourou (région de Tillabéry) : Perception, impacts, stratégies d'adaptation des populations et réalités climatologiques dans la Commune rurale de Diagourou. Thèse de doctorat, Université Abdou Moumouni, Niamey/Niger, (2014) 145 p.
- [14] - SALACK SEYNI, MULLER BERTRAND, GAYE AMADOU T., HOURDIN FREDERIC, CISSE NDIAGA, Sécheresse, 23 (1) (2012) 3 - 13. Congrès International de l'Arganier. 1, Agadir, Maroc, 15 Décembre 2011/17 Décembre 2011. <https://doi.org/10.1684/sec.2012.0335>
- [15] - SARR BENOIT, Present and future climate change in West Africa: a crucial input for agricultural research prioritization for the region. *Atmospheric Sciences*, Vol. 13, Issue 2, (2012) 108 - 112
- [16] - E. W. VISSIN, N. C. KELOME, L. O. SINTONDI, C. S. HOUSSOU et C. HOUNDENOU, Perceptions paysannes de la variabilité climatique par les populations de la commune de Zè (République du Bénin), Actes du XXVIIIe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Liège, (2015) 393 - 398
- [17] - <https://www.universalis.fr/encyclopedie/agrometeorologie/1-influence-du-climat-sur-la-productionagricole/> (consulté le 12 mars 2024)