

## **Risques climatiques et résilience des populations rurales en zone soudanienne du Tchad**

*DADOUM DJEKO Magloire*

Département de Géographie, Université de Moundou (UDM), Tchad.

**Auteur correspondant** : dadoumdjeko@gmail.com

Article soumis le 17/10/2023 et accepté le 15/12/2023

Réf : AUM10-0228

**Résumé** : L'insécurité alimentaire résultant de la variabilité et du changement climatique est une préoccupation majeure dans le Sahel en général et au Tchad en particulier. Les impacts du changement climatique sur l'agriculture constituent l'un des plus grands défis auxquels la soudanienne du Tchad est confrontée au cours des dernières décennies. L'objectif de l'étude est de comprendre le comportement des phénomènes climatiques dans la zone soudanienne du Tchad. Une méthodologie basée sur l'identification et l'analyse des risques climatiques susceptibles d'impacter la production céréalière a été utilisée. Les données de température et de pluviométrie des stations météorologiques de sept (07) provinces de 1982 à 2021 et les données d'enquêtes auprès d'un échantillon de soixante-dix (70) personnes ressources âgées de 60 à 70 ans ayant vécu au moins 50 ans dans les sites d'étude, ont été utilisées. Les résultats indiquent la qualité globale des saisons des pluies qui se caractérise par une tendance à la baisse continue des précipitations avec des années de perturbation et de sécheresse prolongée, une hausse significative des températures. En outre, les enquêtes ont montré que ces perturbations climatiques ont eu un impact sur la production céréalière. Ce qui se traduit par une insécurité alimentaire notoire entraînant souvent des déplacements de population et une déstructuration du tissu social et familial. Face à ces impacts climatiques négatifs, les populations ont adopté des stratégies d'adaptation, car il y va de leur survie.

**Mots clés** : risques climatiques, résilience, populations rurales, zone soudanienne du Tchad

### **Climate risks and resilience of rural populations in the sudanian zone in Chad**

**Abstract**: Food insecurity as a result of climate variability and change is a major concern in the Sahel in general and in Chad in particular. The impacts of climate change on agriculture constitute one of the greatest challenges facing the

Sudanian region of Chad in recent decades. The aim of the study is to understand the behaviour of climatic phenomena in the Sudanian zone of Chad. A methodology based on the identification and analysis of climatic risks likely to impact cereal production was used. Temperature and rainfall data from weather stations in seven (07) provinces from 1982 to 2021 and survey data from a sample of seventy (70) resource persons aged between 60 and 70 who had lived at least 30 years in the study sites were used. The results indicate the overall quality of the rainy seasons, which are characterised by a continuous downward trend in rainfall with years of disruption and prolonged drought, and a significant rise in temperatures. In addition, surveys have shown that these climatic disturbances have had an impact on cereal production. This has led to widespread food insecurity, often resulting in population displacement and the breakdown of the social and family fabric. Faced with these negative climatic impacts, local people have adopted adaptation strategies, as their survival depends on it.

**Key words:** climate risks, resilience, rural populations, sudanian zone in Chad.

## Introduction

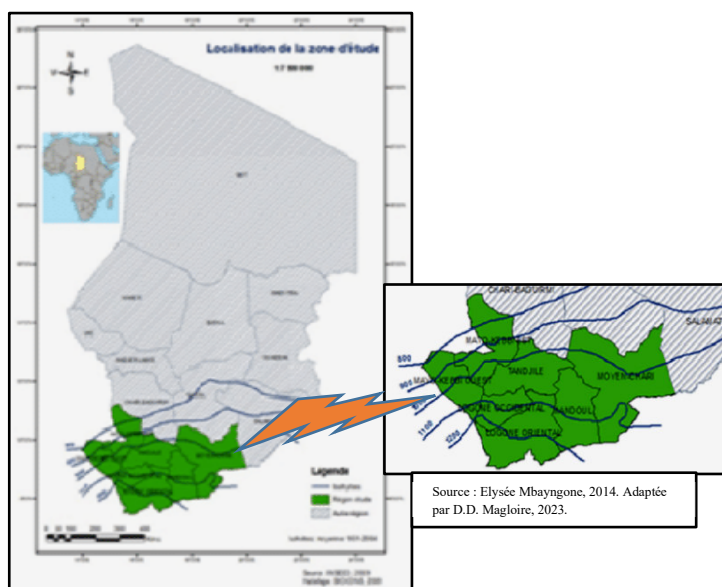
La zone soudanienne du Tchad subit les impacts multiformes de la variabilité et du changement climatique au cours de ces dernières décennies. Ces impacts sont différents selon la répartition zonale (Dadoum D. M., 2018. p.125). La plupart de ceux-ci sont attribués à l'augmentation de la température et à la variabilité spatiotemporelle de la pluie. Pour permettre aux producteurs agricoles de faire face à ces changements, il est indispensable de s'adapter avec un fort soutien des politiques agricoles. La population soudanienne du Tchad majoritairement agricole a un régime alimentaire très peu diversifié essentiellement basé sur des céréales, principale source calorifique (Djangrang M. 2011. p.130). Cette zone se caractérise ces dernières décennies par un déficit pluviométrique ayant pour corollaire, la diminution en termes de contribution des mois les plus pluvieux au cumul pluviométrique et une augmentation du nombre d'épisodes secs. Cette situation est exacerbée par l'augmentation de l'évapotranspiration consécutive à l'augmentation significative de la température au cours de ces dernières décennies. D'une superficie de 1 284 000 km<sup>2</sup>, les terres agricoles représentent 48 millions d'hectares, soit 38% du territoire national (INSEED, 2019. p.250). Dans cette zone, la production agricole contribue fortement dans les stratégies de lutte contre

l'insécurité alimentaire de toutes les couches sociales. Malgré la variabilité des paramètres climatiques, la zone soudanienne du Tchad regorge encore, de grande quantité en eau de surface. Face aux enjeux et aux inconnues liés à ces risques climatiques, il est essentiel que les décideurs nationaux et internationaux élaborent les stratégies sur la base des meilleures connaissances locales encore disponibles (CIRAD, 2010. p.2).

## 1. Méthodologie

### 1.1. Site d'étude

Administrativement, le site d'étude comporte sept (7) provinces limitées au sud par la RCA, à l'Est par le Cameroun et au nord, par les provinces du Chari-Baguirmi, du Guéra et du Salamat (Figure 1). Elle couvre une superficie de 130000 km<sup>2</sup> avec une population croissante d'une densité de plus de 35-40 habitants/km<sup>2</sup> (INSEED, 2019. p.250).



**Figure 1 : localisation de la zone d'étude.**

La zone d'étude (Figure 1) est caractérisée par un climat de type soudanien avec un cumul pluviométrique annuel variant entre 1000 et 1200mm (Dadoum D. M., 2018. p125). Elle est dotée d'une végétation 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 parsemée des *Andropogon sp* et autres. Caractérisée par deux saisons dont, une sèche allant de novembre à avril et l'autre pluvieuse, de mai à octobre, la zone soudanienne est propice à l'agriculture basée essentiellement à la culture céréalière. Alimentée par les fleuves Chari (1100km) et Logone (1000km), la zone soudanienne dispose en plus, d'une large bande de plaines alluviales susceptibles de fournir de terres agricoles irrigables d'une très grande capacité de production. 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.

## **2. Méthodes**

La méthode utilisée pour cette étude consiste à évaluer les risques significatifs d'un des paramètres climatiques notamment la pluviométrie des années antérieures à cause de leur variabilité spatio-temporelle importante dans la zone intertropicale. et à réaliser des tests statistiques pour détecter d'éventuel ruptures au sein de la série chronologique.

A cet effet, cette méthode consiste à :

- considérer les données pluviométriques de 1982-2021 des sept (07) villes de la zone soudanienne dont Moundou, Doba, Sarh, Laï, Pala, Koumra et Bongor afin de comprendre l'évolution spatiotemporelle de ce paramètre ;
- déterminer et analyser les risques climatiques éventuelles susceptibles d'impacter négativement les cultures céréalières;

- considérer les données céréalières disponibles de 1981-2012 sur la culture du mil de la ville de Kélo, l'une des sept (07) villes de la zone soudanienne dont Moundou, Doba, Sarh, Lai, Pala, Koumra et Bongor considérée comme représentative agroécologiquement afin de comprendre le degré d'impact subit par cette culture ;
- collecter auprès d'un échantillon de 70 personnes ressources naissant et vivant dans le milieu au moins 50 ans dans les sept (07) villes susmentionnées (Tableau 1) et détenant diverses connaissances et pratiques d'adaptation ainsi que leurs perceptions locales.

Ainsi, on a :

**Tableau 1 : nombre de personnes ressources enquêtées par ville.**

N°	Provinces	Villes	Nombre de personnes ressources consultées par Province
1	Mayo Kebbi Est	Bongor	10
2	Mayo Kebbi Ouest	Pala	10
3	Tandjilé	Lai	10
4	Logone Occidental	Moundou	10
5	Logone Oriental	Doba	10
6	Mandoul	Koumra	10
7	Moyen Chari	Sarh	10
<b>TOTAL</b>			<b>70</b>

Source : enquête, 2021.

- Utiliser les logiciels Word et Excel pour la saisie, l'établissement des tableaux, les traitements et l'analyse des données et la tracée des figures, KhronoStat et Climdesk pour déterminer, valider et analyser les séries de données utilisées ;

- La documentation est l'un de nos axes du travail. Les informations complémentaires sur leurs stratégies/mesures d'adaptation ont été collectées auprès des personnes ressources à travers un questionnaire orienté sur la problématique, la collecte de données s'est faite soit individuellement soit à travers un "Focus Group" ;
- Pour la perception des risques climatiques, une collecte des données, à partir d'un guide d'entretien, a été utilisé à cet effet. Un choix raisonné a été porté sur 7 villes représentatives (Tableau 1) pour tenir compte de dix (10) personnes ressources par ville et par Province.

Aussi, il s'agira d'analyser la variabilité interannuelle, les caractéristiques de la saison de pluie à savoir : les séquences sèches, l'indice normalisé de précipitation (SPI) de la normale 1981 à 2021 et d'en déduire les différentes anomalies susceptibles d'affecter les cultures céréalières pendant l'hivernage. En réalité, Le calcul de l'indice pluviométrique standardisé permet de déterminer la sévérité de la sécheresse selon différentes classes (Tableau 2).

**Tableau 2: Classification du SPI**

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

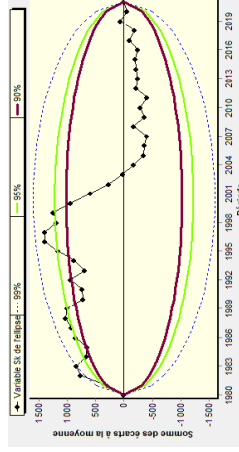
Source : Organisation Météorologique Mondiale, 2012.

Toutes ces données sont issues des stations synoptiques et agrométéorologiques de la zone soudanienne du Tchad. Ce qui a permis d'obtenir les résultats confirmant les différents impacts de ces risques climatiques sur ces cultures.

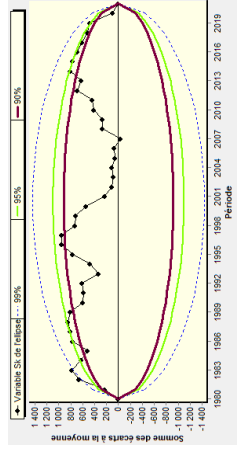
### 3. Résultats

D'une manière générale, l'utilisation du test a permis de connaître la qualité des données climatologiques collectées dans les sept (7) provinces.

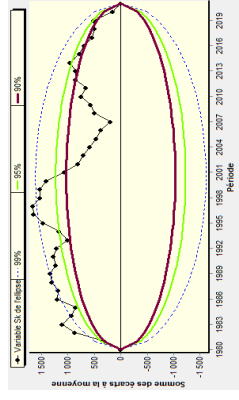
#### 3.1. Test statistique de PETTIT



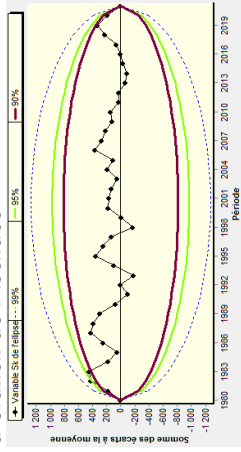
a-Station de Moundou



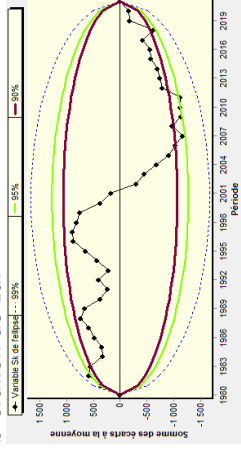
b-Station de Lai



e-Station de Koumra



c-Station de Bongor



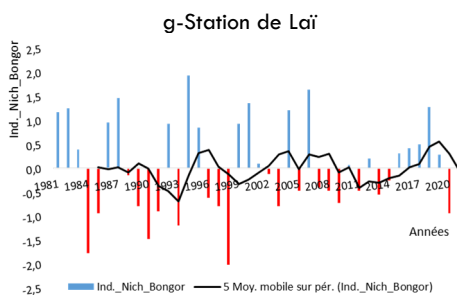
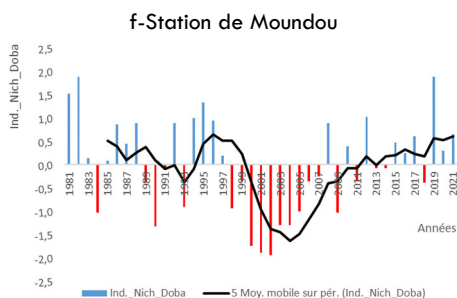
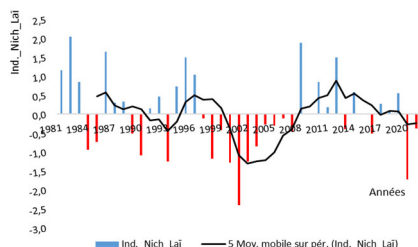
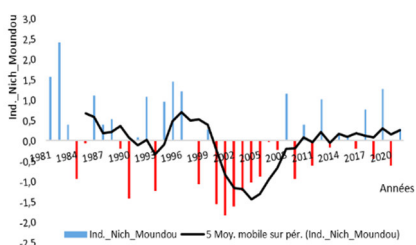
d-Station de Doba

Figure 2(a, b, c, d et e) : détermination du test de Pettit dans les stations météo de la zone d'étude.

L'application du test de rupture de BUISSHAND sur les séries chronologiques de Moundou, Lai, Bongor, Doba, Koumra montre : une rupture significative à la (i) baisse de la pluviométrie de Moundou et Bongor ; (ii) une homogénéité de la série chronologique de pluviométrie de Lai et (iii) une rupture à la hausse de la pluviométrie de Doba et Koumra.

### 3.2 Variabilité des données climatologiques

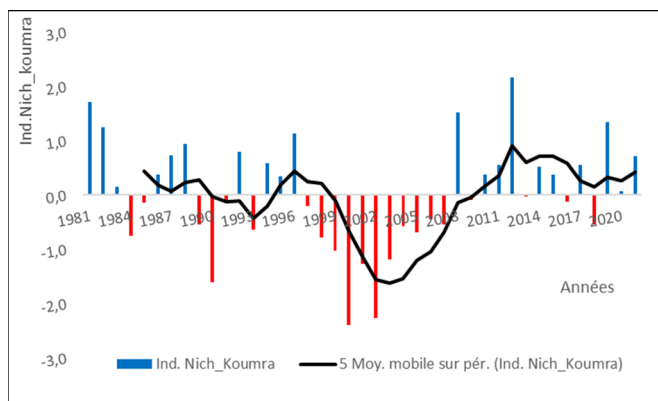
Ainsi, pour mieux observer la variabilité interannuelle, les périodes de déficits et d'excédents pluviométriques, l'indice pluviométrique ou indice centré réduit a été utilisé. Ce paramètre permet de confirmer l'irrégularité des modules annuels et de leurs valeurs pondérées dans les sept (7) provinces (Figure 3).



h-Station de Doba

i-Station de Bongor



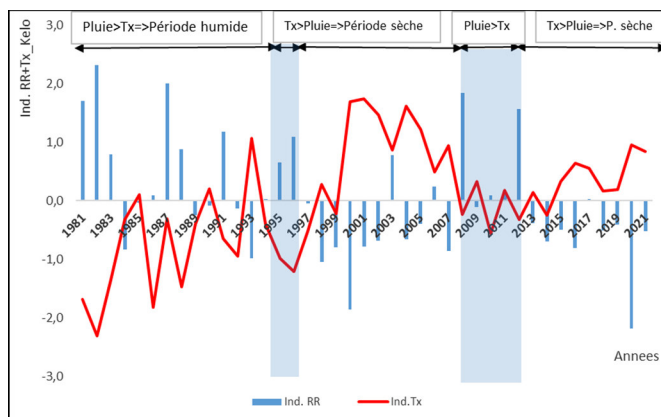


(i) Station de Koumra

**Figure 3(f, g, h, i et j) : évolution de la pluviométrie dans les stations météo de la zone d'étude.**

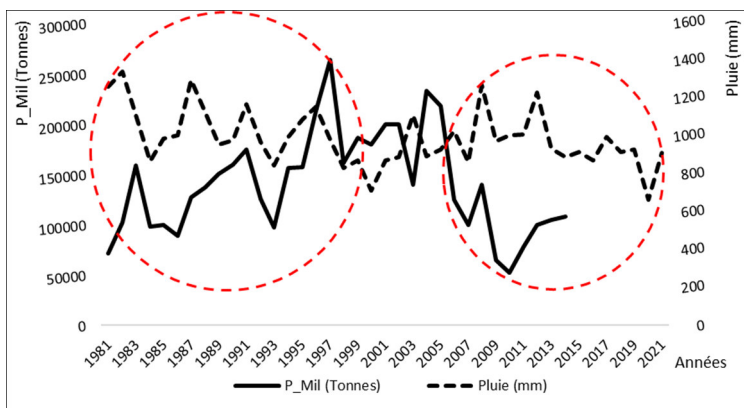
### **3.3. Impact de la pluviométrie sur la culture du mil**

Notons qu'au Tchad et plus particulièrement dans la zone soudanienne, la culture des céréales occupe la première place dans l'alimentation. C'est à ce point que les risques climatiques méritent une attention particulière dans la prise de décision. Surtout lorsqu'il est question d'une large gamme de variétés performantes capables de donner des rendements plus significatifs en cas de ces perturbations climatiques majeures. Tel est le cas du mil dans la zone d'étude.



**Figure 4 : comportement des indices de pluie et de température maximale à la station météo de Kélo.**

En considérant la période de 1981 à 1992 ; de 1995 à 1997 et de 2009 à 2012 à la station de Kélo, l'indice de pluie est strictement au-dessus de celle de la température maximale. Ce qui sous-entend la période humide susceptible à la culture du mil de produire normalement surtout qu'il aime les sols légers et tolère la sécheresse. Les autres années où la pluviométrie est déficitaire, la probabilité de perte production est élevée (Figure 5).



**Figure 5 : effets des risques climatiques sur la culture du mil à Kélo.**

En comparant les Figure 4 et Figure 5, il y a un lien entre l'évolution des paramètres climatiques et la production du mil. En réalité, les périodes de bonne pluviosité coïncident avec celles de productivité acceptable. Il est vrai que d'autres facteurs peuvent contribuer aussi modestement soit-il dans la productivité du mil mais la pluviométrie et la température sont largement des facteurs déterminant de production.

#### **4. Discussion**

Au vu des résultats obtenus, il y a lieu de comprendre que les risques climatiques endémiques de ces dernières années ont fortement affecté la production céréalière sur l'ensemble du territoire et la zone soudanienne en particulier. La connaissance des informations sur les risques climatiques permettrait en outre, une minimisation des pertes afin d'améliorer les productions agricoles. L'analyse des données climatologiques confirme les résultats de Doukpolo B. (2014, p152) ; (El Ghachi M. 2015, pp :25-28) et Gouataine S. R. et al., 2016, pp : 412 - 421) selon lesquels dans l'Ouest de la Centrafrique, au Niger et au Tchad, les dernières décennies ont été caractérisées par des évolutions très marquées, en particulier par des épisodes de sécheresse significative.

Pour le test de corrélation sur le rang, l'hypothèse a été reprise par Dadoum D. M. et al., (2017, pp :51-68). En réalité, la meilleure segmentation est celle qui minimise l'écart quadratique entre elle et la série. Le test de PETTITT confirme les résultats issus de celui de corrélation sur le rang même si les données de la station de Bébédjia paraissent irrégulières. Les différents tests effectués attestent que les données collectées sont acceptables et peuvent être interprétées. En effet, seulement 2% de celles-ci ne respectent pas les lois utilisées. Selon Dadoum D. M. (2018. 231p) et Goula M. A. et al., 2008, (pp726-737) , "*un coefficient de corrélation élevé n'implique pas forcément une relation de causalité entre les variables, il peut s'agir d'une liaison de co-variation en fonction d'un forçage extérieur. Inversement, un faible coefficient peut cacher une forte relation, mais non linéaire entre les variables*".

Les régressions de tendances pluviométriques et le retour à des années de bonnes pluviosités au Sahel ont été décrits par plusieurs études antérieures, notamment celles de Bernard Seguin. 2010. p27-40, CIRAD, 2010, p2., Jabrane et al. (2014, p24) et Janicot S. 1990. p129 , et confirment les résultats de la présente étude. Cette même hypothèse a été soutenue par Houndenou et al. 2002. (pp.127-133) en considérant la date de début de saison après le 15 mars et 1er septembre pour la fin comme hypothèse. Les séquences sèches en début et fin de campagne se basent sur le nombre de jours secs consécutifs le plus long avant ou après la date du début de la saison.

Les conclusions de travaux de Doukpolo B. (2014, p152) et de Kharin V. V. and al., 2007, pp :1419-1444 confirment les résultats sur la forte variabilité inter annuelle et décennale des précipitations en Afrique tropicale. Comme l'a affirmé Doukpolo B. (2014, p152), les valeurs de températures dans leur ensemble sont significatives et témoignent de la nette tendance au réchauffement du climat. Un tel contexte est marqué par des manifestations de plus en plus fréquentes des événements extrêmes.

La production des céréales est soumise à une péjoration climatique souvent non maîtrisée, aussi bien dans le temps que dans l'espace soudanienne (Doukpolo B. 2014, p152). Cette irrégularité des paramètres dont la pluie, se traduit par une variation des caractéristiques de la saison (date de début, date de fin, durée de la saison des pluies et les séquences sèches) qui sont des facteurs agrométéorologiques très utiles dans la planification des opérations culturales (Janicot S. 1990. p129. El Ghachi M. 2015, pp25-28 et Gouataine S. R. et al., 2016, pp412 – 421).

Par contre, Assani AA., 1999, pp245-252, Baohoutou L. 2007. P245 et Bernard Seguin, 2010. p27-40 ont aussi montré que pour observer la fluctuation interannuelle de la pluviométrie, les variations saisonnières sont éliminées en pondérant les totaux pluviométriques annuels. Ceux-ci se sont basés sur l'indice centré réduit et à la loi racine-normale pour observer la fluctuation

interannuelle de la pluviométrie. Cette hypothèse a été également utilisée par Janicot S. 1990. p129 selon laquelle, dans les régions soudanienne et guinéenne, les séries pluviométriques annuelles s'ajustent mieux à cette loi.

Ainsi, la tendance à la variabilité climatique se traduit souvent par la réduction du nombre de jours de pluie et expose les cultures aux maladies comme l'a affirmé CGIAR. 2006, p56 ; El Ghachi M. 2015, (pp25-28) et Gouataine S. R. et al., 2016, pp412 - 421). Ceci a permis de comprendre davantage le comportement temporel de variabilité climatique au cours de ces dernières décennies avec les fluctuations inter et intra-annuelles des cumuls mensuels de pluie constatées au cours de cette étude.

Cette variabilité pluviométrique entraîne parfois des poches de sécheresse qui ne sont sans conséquences sur la production agricole. Selon Gouataine S. R. et al., 2016, pp412 - 421), les séquences sèches constituent une entrave majeure pour les activités agricoles par la non satisfaction des besoins en eau des plantes. Les résultats de notre étude pour la zone nord indiquent bien des années déficitaires, alors, les séquences sèches qui y découlent peuvent aussi varier dans le temps. Donc, si cela pouvait se produire quelques jours après le semis, sûrement, les levées ne seraient pas évidentes pour toutes les spéculations. Dans cette condition, le risque de perdre les semences est grande.

Si les dates de semis sont très précoces et coïncident même avec les dates de début de saison, cette perturbation pourrait se produire. Toutefois, la reprise pluviométrique observée sur l'Afrique centrale et de l'Ouest à partir des années 1990 ne semble pas être continue affirment Houndenou et al. 2002. p127-133. Des études similaires réalisées par Dadoum D. M. (2018. 231p), Doukpolo B. (2014, p152) et Dugué M. J. 2012. 50p. affirment que les effets cumulés de ces risques climatiques ont abouti à une dégradation de la qualité de la saison des pluies en termes de baisse de la qualité de la distribution spatiales des pluies (les pluies sont inégalement réparties) ; baisse de la distribution temporelle des pluies

(fréquence et longueur des séquences sèches, diminution du nombre de jours de pluie et baisse de la qualité des pluies (beaucoup d'inondations et de sécheresses).

Selon les experts du GIEC en 2007, le phénomène des changements climatiques est lié aussi à l'augmentation des températures à la surface du globe. Cette remarque est également signalée par Dadoum D. M. et al., (2017, pp51-68), El Ghachi M. 2015, (pp25-28) et Gouataine S. R. et al., 2016, pp412 - 421) à travers leurs différentes études. Le même constat a été établi par Bernard S. (2010, p27-40). Ce résultat rejoint les conclusions du 4ème rapport du GIEC concernant une baisse des rendements des cultures céréalières comme conséquence de l'augmentation des températures en régions tropicales. De même, Jabrane et al., (2014, p14) atteste également dans sa publication que le risque de stérilité des certaines cultures pluviales est possible par les effets de l'évolution du climat et les pratiques culturales. D'où, la nécessité d'identifier les risques climatiques majeurs afin d'établir un schéma de résilience pour les populations agricoles de la zone d'étude dans ce contexte de survie.

## **Conclusion**

Il faut reconnaître que la présente étude a été limitée par l'insuffisance de certains paramètres climatiques à cause des échelles. Cette analyse a permis de caractériser les variabilités saisonnières et interannuelles de la pluviométrie, l'un des paramètres climatiques clés qui affectent la culture des céréales. Le but est d'aider à accroître et à améliorer les rendements ainsi que des revenus des producteurs, contribuant ainsi efficacement à la satisfaction des besoins alimentaires des populations au Tchad en général et dans la zone soudanienne en particulier. Il est vrai que les conditions climatiques peuvent contribuer à l'amélioration des conditions de productions mais la maîtrise totale de ce phénomène n'est pas toujours circonscrite à ce jour. Aussi, cette étude a permis de mettre en exergue les risques agroclimatiques qui affectent

particulièrement l'agriculture et d'en ressortir les contraintes qui empêchent d'atteindre les rendements maximaux.

Ces risques climatiques couplés avec les différentes phases de développement phénologique, les besoins en eau de toutes les cultures céréalières en pluviale par station permettrait sans nul doute de déterminer un support d'orientation pour ces cultures, à l'intention des producteurs et agents d'encadrement.

La variabilité climatique a, dans ce contexte, des impacts sur les dates moyennes optimales de fin de saison qui se situent autour du mois d'octobre. L'une des conséquences est la longueur moyenne de durée des saisons de pluies qui varie entre 4 à 5 mois dans la zone d'étude au regard des données disponibles. Ce qui amènera à suggérer l'organisation à travers les services spécialisés de l'État ainsi que les autres acteurs directs de la chaîne, en l'occurrence : les producteurs, les transformateurs et les commerçants (collecteurs et grossistes) pour dynamiser l'agriculture afin d'assurer la sécurité alimentaire des populations de la zone soudanienne. Ces informations ainsi que ces conseils et avis constituent des outils d'aide à une prise de décision et permettront aux agents vulgarisateurs et particulièrement aux producteurs de mieux tirer profit des potentialités de la zone en minimisant les risques climatiques et en augmentant les productions. C'est dans cette optique de survie que se situe le choix de ce thème combien important pour le développement socio-économique de cette partie soudanienne du Tchad.

## **Bibliographie**

Assani AA., 1999, Analyse de la variabilité temporelle des précipitations (1916-1996) à Lumbashi (Congo-Kinshasa) en relation avec certains indicateurs de la circulation atmosphérique (oscillation australe) et océanique (El Niño/La Niña), *Sécheresse*, 10, 4, 245-252.

Baohoutou Laohote. 2007 : "les précipitations en zone soudanienne tchadienne durant les quatre dernières décennies (60-99) :

variabilités et impacts ”, Thèse de doctorat de géographie, Université Nice Antipolis, France, 245p.

Bernard Seguin. 2010. "Le changement climatique : conséquences pour les végétaux". *Quaderni*. 71, pp : 27-40.

CGIAR. 2006. Contributions to Agricultural Development.

CIRAD, 2010, Durabilité de l'élevage et changement climatique, 2 p.

Dadoum Djéko Magloire et Romain Gouataine SEINGUE. 2017. Réponses paysannes à la variabilité climatique au sud du Tchad. *Afrique SCIENCE 13(1) (2017) 337 - 348* ISSN 1813-548X.

Dadoum Djéko Magloire, KELGUE Salomon et DJANGRANG Manna. 2017. Impact de la variabilité climatique sur les cultures pluviales dans le canton Bénoye en zone soudanienne du Tchad. 3(1). 51-68. ISSN 2304-1056 (print).

Dadoum Djéko Magloire. 2018. Effet de la variabilité climatique sur les systèmes agraires dans le canton Bébédjia en zone soudanienne du Tchad. Doctorat en Géographie (Agoclimatologie). Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger, 231 p.

Doukpolo Bernard. 2014. Changements climatiques et productions agricoles dans l'Ouest de la République Centrafricaine. Doctorat en Géographie et Géosciences de l'Environnement (Agroclimatologie et Développement), Université de Abomey-Calavi, Bénin, 338 p.

Dugué M. J. 2012. Caractérisation des stratégies d'adaptation au changement climatique en agriculture paysanne, Etude de capitalisation réalisée sur les terrains de coopération d'AVSF. Agronome et Vétérinaires sans Frontière. Lyon. France. 50p.

El Ghachi M. 2015. Analyse des tendances pluviométriques dans la ville de Khénifra dans un contexte de variabilité climatique. *J. Mater. Environ. Sci.* 6 (11) (2015) 3346-3358. ISSN : 2028-2508 CODEN: JMESCN.



Gouataine Seingué Romain., Dadoum Djeko Magloire., Mbaihadjim Jéchonias. 2016. Dynamique de la pluie et production agricole au sud-ouest du Tchad. Rev. Ivoir. Sci. Technol., 28 (2016), pp: 412 - 421 ISSN 1813-3290.

Goula M. A. and Adamopoulos, G.K. 2008. Effect of maltodextrin addition during spray drying of tomato pulp in dehumidified air: II. Powder properties. *Drying Technology* 26, pp: 726-737.

Houdenou et al. 2002. Mise en évidence du rôle des précipitations tardives dans la variabilité pluviométrique du bassin béninois du Niger (Afrique de l'Ouest), Association Internationale de Climatologie, vol 14, pp : 127-133.

Jabrane et al. 2014. Approche et action pour la résilience au changement climatique. Centre de coopération pour la Méditerranée de l'UICN. p24.

Janicot Serges. 1990. Variabilité des précipitations en Afrique de l'ouest et circulation quasi-stationnaire durant une phase de transition climatique. 2ème partie. Article 1: climatologie descriptive des précipitations en Afrique de l'ouest. Thèse de doctorat. Université de Paris. Paris. 185 + 129p.

Kadidiatou O. 2004. Etude comparative des différents critères de détermination des dates de démarrage des saisons, Mémoire fin d'étude technicien supérieur en agrométéorologie. Centre Régional AGRHYMET. 60 p.

Kharin V. V. and al., 2007. "Changes in temperature and precipitation extremes in the IPCC ensemble of global coupled model simulations." *Journal of Climate*(20): 1419-1444.

Lona Issakha., 2015, Risques climatiques et pratiques culturelles du mil et du sorgho au Niger. Thèse de Doctorat de l'Université Abdou Moumouni Niamey, 230 p.

Mbaitoubam Elie. 2010. Mémoire d'Ingénieur. Centre Régional Agrhymet. Niamey. Niger

Moron V. 1994. "Variabilité des précipitations en Afrique tropicale au Nord de l'Equateur (1933-1990) et relation avec les températures de la surface océanique et la dynamique de l'atmosphère". 219 p.

Stern et al. 2006. Instat + for windows. Version 3.30. Interactive statistics package. Reading : University of UK 40.

Torquebiau E. 2015. Changement climatique et agriculture. Cirad, UR AïDA, Agroécologie et intensification durable des cultures annuelles, Montpellier, France. p4.

Yue S. 2000. The bivariate lognormal distribution to model a multivariate flood episode. *Hydrol. Process.*, 14 : 2575–2588. DOI :10.1002/1099-1085(20001015)14:14<2575::AID-