

## Incidence des variabilités pluviométriques sur les productions agricoles au sud du Tchad

Romain Gouataine Seingue<sup>[a],\*</sup>; Isaac Danadji<sup>[b]</sup>

<sup>[a]</sup>Département de Géographie, Ecole Normale Supérieure de Bongor, BP 15 Bongor, Tchad.

<sup>[b]</sup>Département de Sciences Economiques, Université de N'Djamena, BP 1117 N'Djamena, Tchad.

\*Corresponding author.

Received 17 November 2020; accepted 11 December 2020

Published online 26 December 2020

### Résumé

La production agricole dépend de la variabilité spatio-temporelle des précipitations. Dans le sud du Tchad, la pluie se comporte véritablement en dents de scie et affecte le prix des denrées alimentaires. L'objectif de cet article est d'analyser les effets du changement climatique sur les productions du sésame, du maïs, du sorgho et d'arachide dans le sud tchadien (Moundou, Laï, Pala, Doba et Bongor). Les données utilisées sont des données pluviométriques (1960-2015), de productions, de rendements et des surfaces agricoles (1980-2015). La méthodologie a essentiellement consisté à l'analyse des indices de pluie, la détermination des périodes de ruptures, l'estimation des effets des variations pluviométriques sur les productions agricoles par les calculs de corrélations, les résidus de régression linéaire et les analyses en composantes principales (ACP). Les principaux résultats obtenus montrent que la pluie varie constamment dans l'espace et dans le temps et que cette variation affecte la production et le rendement agricole. Les prix des différentes denrées varient également au gré des variations de la pluie. De 1998 à 2015, les prix ont connu une augmentation entre 35 et 70%, affaiblissant ainsi le pouvoir d'achat des producteurs. Les analyses ont aussi montré le lien existant entre la surface agricole et les prix des denrées alimentaires. Il est important d'intégrer tous ces paramètres dans les calculs économétriques pour améliorer les conditions de vie paysannes.

**Mots clés :** Variabilités pluviométriques ; Production, rendement ; Surface ; Prix des denrées ; Sud du Tchad

### Abstract

Agricultural production depends on the spatio-temporal variability of rainfall. In southern Chad, the rain is a real sawtooth and affects the price of food. The objective of this article is to analyze the effects of climate change on the production of sesame, corn, sorghum and peanuts in southern Chad (Moundou, Laï, Pala, Doba and Bongor). The data used are pluviometric data (1960-2015), production data, yields and agricultural areas (1980-2015). The methodology essentially consisted of the analysis of the rainfall indices, the determination of the periods of failure, the estimation of the effects of rainfall variations on agricultural production by correlation calculations, linear regression residuals and principal component analyzes. (ACP). The main results obtained show that rainfall varies constantly in space and time and that this variation affects agricultural production and yield. The prices of different commodities also vary with variations in the rain. From 1998 to 2015, prices increased between 35 and 70%, weakening the purchasing power of producers. The analyzes also showed the link between agricultural area and food prices. It is important to integrate all these parameters into econometric calculations to improve peasant living conditions.

**Key words:** Rainfall variability; Production; Yield; area; Food prices; Southern Chad

Seingue, R. G., & Danadji, I. (2020). Incidence des variabilités pluviométriques sur les productions agricoles au sud du Tchad *Management Science and Engineering*, 14(2), 40-48. Available from: URL: <http://www.cscanada.net/index.php/mse/article/view/11937> DOI: <http://dx.doi.org/10.3968/11937>

### INTRODUCTION

Les variabilités climatiques caractérisées par la recrudescence des phénomènes extrêmes comme les

sécheresses et les inondations, la hausse des températures, la variabilité accrue de la pluviométrie et des caractéristiques des saisons agricoles, etc. (GIEC, 2007), constituent une menace importante pour l'environnement, le développement agricole et le développement durable à l'échelle mondiale et surtout pour l'Afrique. Au Tchad, le diagnostic des effets du changement climatique révèle que les zones agro-écologiques du centre et du nord du pays sont les plus vulnérables aux risques climatiques tels que les sécheresses, les pluies tardives et violentes et les inondations (Gouataine, 2018). Selon des études récentes, les inondations ont entraîné la destruction de milliers hectares de cultures vivrières et 1204 ha de champs de coton avec environs 53 674 producteurs touchés et des dégâts estimés à 9,4 milliards de FCFA. De plus, la crise alimentaire enregistrée au cours de cette année a aggravé l'insécurité alimentaire avec plus de 80 % de la population rurale touchée, soit un taux de croissance de 3.8 %. Alors que, les initiatives de relance agricole sont portées surtout sur la production du coton avec plus de 85.000 tonnes de semences sélectionnées en 2012.

Auparavant, l'agriculture tchadienne subvenait à l'alimentation qui est l'un des besoins les plus importants de l'homme. En effet, le sorgho, le maïs et l'arachide sont la base de l'alimentation de la population de la zone méridionale tchadienne et constituent la première source de féculents de toute la population. Avec la demande croissante urbaine et à la baisse des prix du coton, leurs intérêts en tant que culture commerciale s'affirment. Le secteur agricole est alors pour ces populations, une voie de sortie de la pauvreté qu'il convient d'exploiter judicieusement face aux variabilités climatiques.

Cette variation extrême des quantités pluviométriques agit sur les rendements des différentes spéculations. Au regard des différentes données sur le plan national (Nuttens, 2002 ; Baohoutou, 2007, Gouataine, 2017 et 2018), la baisse des rendements est observée année après année et cette situation est loin de s'améliorer vue la variabilité pluviométrique actuelle (Gouataine et Baohoutou, 2015). Cette situation n'est pas sans conséquence sur les différentes spéculations sur les marchés de consommation. Il s'agit ici d'analyser en termes économiques, quels sont les facteurs qui agissent plus sur les variations de prix que d'autres afin de proposer des pistes de solutions.

L'objectif de cet article est de contribuer à une meilleure connaissance de l'incidence de la variabilité pluviométrique et d'autres paramètres sur les prix des différentes spéculations au sud du Tchad. En d'autres termes, il s'agit d'analyser la dynamique pluviométrique actuelle au sud du Tchad, de mettre en évidence l'incidence de cette dynamique sur les productions et rendements agricoles et enfin d'analyser les fluctuations des prix des spéculations par rapport à cette dynamique.

## 1. DONNÉES ET MÉTHODES

### 1.1 Présentation de la zone d'étude

La zone d'étude couvre le Logone oriental, le Logone occidental, le Mayo-Kebbi Est, le Mayo-Kebbi Ouest et la Tandjilé. L'ensemble s'étend une superficie d'environ 100000 Km<sup>2</sup>. Cette zone est située entre le 10° et 11° degré de latitude Nord et entre 14 et 16° de longitude Est. La saison pluvieuse commence généralement en avril, mai et juin pour prendre fin en octobre, soit 6 mois de saison pluvieuse pour les deux Logones, cinq mois pour la Tandjilé et quatre mois de saison pluvieuse pour les deux Mayo-Kebbi. La moyenne pluviométrique oscille entre 800 et 1000 mm avec de profondes disparités.

### 1.2 Données

Les données utilisées sont de plusieurs types :

les données pluviométriques de Doba, Moundou, Pala, Lai et Bongor de 1960 à 2015 collectées à l'ASECNA et à la DGM (Direction Générale de la Météorologie) ;

les données agricoles (productions, rendements et prix) issues des travaux de Nuttens (2002) et des bases de données de l'ANADER (Agence Nationale de Développement Rural) pour la période de 1980 à 2015 ;

et les données d'enquête de terrain.

Lors de l'enquête de terrain, une observation directe des pratiques agricoles dans les différents périmètres enquêtés a été faite.

### 1.3 Méthodes

#### 1.3.1 Les anomalies centrées-réduites des pluies

Les données pluviométriques ayant servi à calculer les anomalies centrées-réduites ont été soumises aux analyses de normalité, ensuite les ruptures dans les différentes séries par le test de Buishand et de Pettitt ont été analysés.

**À partir de l'écart type, ont été calculées les anomalies centrées réduites pluviométriques interannuelles, en standardisant les données. Les anomalies sur chaque station se calculent par la formule suivante :**

Où

= anomalie centrée réduite pour l'année  $i$

= la valeur de la variable

= la moyenne de la série

= l'écart-type de la série

#### 1.3.2 La corrélation

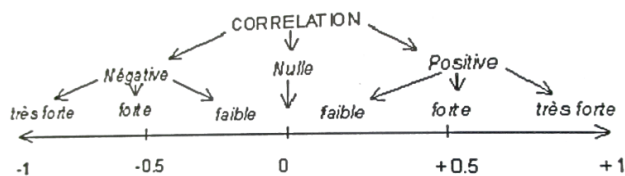
La corrélation suppose un lien entre deux variables différentes. Ces variables sont représentées en nuages de points dans un repère orthonormé. Dans le cas où le nuage de points qui permet la corrélation entre les deux variables  $x$  et  $y$  prend une forme allongée, et que les points qui le constituent se regroupent au voisinage d'une droite, un coefficient de corrélation linéaire ( $r$ ) peut être calculé. Il s'agit de procéder d'abord aux changements de variables avant de calculer la corrélation.

$$X_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma_x}; Y_i = \frac{y_i - \bar{y}}{\sigma_y}$$

Le coefficient de corrélation linéaire  $r$ , entre les deux variables  $x$  et  $y$ , est donné par la formule suivante :

$$r = \frac{\sum X_i Y_i}{N}$$

Si le coefficient de corrélation est compris entre -1 et 1, la corrélation existe entre les deux variables. Elle est parfaite si elle est égale à 1. Cette interprétation est faite selon le schéma ci-après.



### 1.3.3 Les analyses en composantes principales

L'analyse en composantes principales (ACP) est une technique mathématique permettant de réduire un système complexe de corrélations en un plus petit nombre de dimensions. Elle permet de déterminer les relations qui peuvent exister entre les différentes variables et les différents individus. Nous pourrions ensuite regrouper ces individus en plusieurs classes et analyser chacune de ces classes. L'ACP se fait en plusieurs étapes. Elle commence par :

Le calcul des Valeurs propres et le choix du nombre d'axes : Les valeurs propres représentent l'inertie projetée. Le pourcentage d'inertie d'une valeur propre représente la part d'information de départ que l'axe contient. Pour déterminer combien d'axes factoriels nous allons retenir, plusieurs critères sont connus à savoir le critère d'inertie moyenne, le critère Coude et le critère d'inertie cumulée. Nous avons utilisé le dernier critère pour notre étude.

Le calcul des coordonnées des variables et des individus, les contributions et les Cosinus carrés : les coordonnées indiquent si l'individu est projeté positivement ou négativement sur l'axe considéré. Les contributions représentent la part d'information apportée par l'individu à la construction de l'axe. Plus la contribution est élevée pour un axe, plus l'individu contribue à cet axe. Les cosinus carrés indiquent la qualité de l'information. Plus cette valeur est proche de 1, plus l'individu a une bonne qualité de représentation.

Le Cercle des corrélations : Sur le cercle des corrélations on peut observer deux choses à savoir la proximité et l'orthogonalité entre les variables, et la proximité et l'orthogonalité entre les variables initiales et les composantes principales. Pour l'interprétation des angles, le principe est que lorsque l'on a un **angle aigu**, les variables sont positivement liées entre elles ; si l'**angle**

**est droit**, les variables ne sont pas liées entre elles ; et lorsqu'on est en présence d'un **angle obtus**, les variables sont négativement liées entre elles.

Graphique des observations

### 1.3.4 Les régressions linéaires multiples

#### Méthodologie

Le modèle de régression multiple est une généralisation du modèle de régression simple lorsque les variables explicatives sont en nombre fini. Nous supposons donc que les données collectées suivent le modèle suivant :

$$y_i = \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_p x_{ip} + \epsilon_i, \quad 1 \leq i \leq n. \quad (1)$$

où

- les  $x_{ij}$  sont des nombres connus, non aléatoires. La variable  $x_{i1}$  peut valoir 1 pour tout  $i$  variant de 1 à  $n$ . Dans ce cas,  $\beta_1$  représente la constante. En statistique, cette colonne de 1 est presque toujours présente.

- les paramètres à estimer  $\beta_j$  du modèle sont inconnus.
- les  $\epsilon_i$  sont des variables aléatoires inconnues.

En utilisant l'écriture matricielle de (1), nous obtenons la définition suivante.

Un modèle de régression linéaire est défini par une équation de la forme

$$Y(n, 1) = X(n, p)\beta(p, 1) + \epsilon(n, 1)$$

Où :

- $\Psi$  est un vecteur aléatoire de dimension  $v$ ,
- $\Xi$  est une matrice de taille  $v \times \pi$  connue, appelée matrice du plan d'expérience,  $\Xi$  est la concaténation des  $\pi$  variables  $\Xi_{ij} : \Xi = (\Xi_{ij} \forall j \forall i \in \pi)$ . Nous noterons la  $i$ -ième ligne du tableau  $\Xi$  par le vecteur ligne  $\xi_i = (\xi_{i1} \forall j \forall i \in \pi)$ ;
- $\beta$  est le vecteur de dimension  $\pi$  des paramètres inconnus du modèle ;
- $\epsilon$  est le vecteur centré, de dimension  $v$ , des erreurs.

Dans la pratique, la régression linéaire multiple se fait par les étapes suivantes :

On calcule la matrice de corrélation ;

On calcule les coefficients d'ajustement : le  $R^2$  (coefficient de détermination) donne une idée de % de variabilité de la variable à modéliser, expliqué par les variables explicatives. Plus ce coefficient est proche de 1, plus meilleur est le modèle.

On fait l'Analyse de la variance : le test de Fisher nous permet de dire qu'on prend un risque de se tromper d' $\alpha$  en concluant que nos variables explicatives apportent une quantité d'information significative au modèle. La colonne valeur dans le tableau paramètre du modèle, permet d'écrire l'équation du modèle.

On calcule les coefficients normalisés : le tableau des coefficients normalisés permet de comparer le poids de chaque variable. Plus la valeur absolue d'un coefficient est élevée, plus le poids de la variable correspondante est important. Lorsque l'intervalle de confiance autour des coefficients normalisés comprend la valeur 0 (cela est facilement visible sur le graphique des coefficients

normalisés), le poids d'une variable dans le modèle n'est pas significatif.

On interprète les résultats.

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

### 2.1 Des variations pluviométriques marquées

Dans la partie méridionale tchadienne, la pluviométrie diffère d'une zone à une autre. Selon la topographie, la quantité diffère d'une zone à une autre. Si dans l'ensemble, la situation est uniforme qualifiant ainsi cette zone de « Tchad utile » avec des précipitations dépassant les 1000 mm, les contrastes sont très marqués. La pluviométrie est très variable dans le temps et dans l'espace. La tendance est excédentaire, ceci atteste du retour à une phase humide avec d'abondantes précipitations par rapport à la décennie 70 dont la grande sécheresse a marqué le Sahel. Pour

Bongor par exemple, les années 1990, 2004, 2008, 2012 et 2014 sont marquées par des déficits pluviométriques, la situation est modérément sèche pendant ces années. Les autres années sont caractérisées par des indices positifs, attestant de la situation normale et modérément humide de ces années.

Globalement, la tendance pluviométrique est déficitaire, comme le confirment les différents graphiques de la figure 1. Les décennies 70 et 80 sont sèches pour toutes les stations, ceci est dû aux grandes sécheresses qui ont frappé le sahel pendant cette période. Les années 90 sont marquées par un retour progressif à de meilleures conditions pluviométriques mais ce retour est aussi marqué par des inondations fréquentes comme en 1998, 2009 et 2012 où presque la zone méridionale tchadienne est inondée.

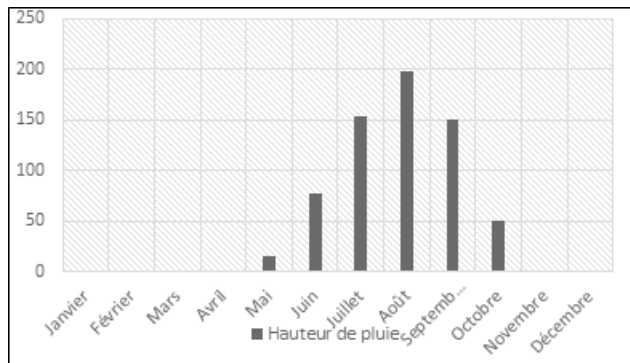


**Figure 1**  
**Variation interannuelle des pluies dans le sud du Tchad**

A l'échelle mensuelle, la situation pluviométrique montre que la zone méridionale tchadienne enregistre quatre à six mois de saison pluvieuse selon le domaine dans lequel on se trouve. Moundou et Doba se trouvent

dans le domaine soudanien avec six mois de saison pluvieuse et six mois de saison sèche bien tranchées, alors que Lai et Bongor à la lisière de ce domaine se trouve avec cinq à six mois de saison pluvieuse et 6 à 7 mois

de saison sèche. Le régime pluviométrique est unimodal comme dans l'ensemble du sud tchadien. Généralement, les mois de juillet et août enregistrent plus de la moitié (55,48%) de la quantité totale précipitée. Le régime montre également que les mois secs sont caractérisés par une absence totale des précipitations. La figure 2 montre l'exemple de Bongor pris en exemple.



**Figure 2**  
Régime pluviométrique moyen mensuel

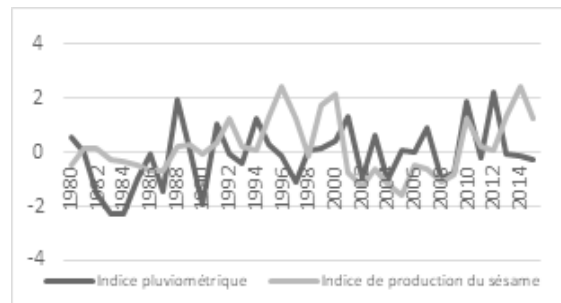
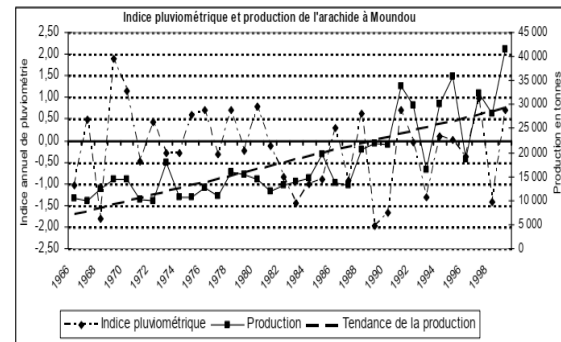
Ces résultats confirment également ceux obtenus en Afrique de l'ouest. Ogouwalé (2006), Vissin (2007), Doukpolo (2014) ont tous confirmé le comportement aléatoire de la pluie après la décennie 70 avec ses conséquences notoires sur les cultures et les cours d'eau. Les résultats obtenus dans cet article confirment ceux de Baohoutou (2007) ayant travaillé sur tout le sud tchadien. En effet, Baohoutou a précisé que les précipitations dans cette partie du Tchad se comportent véritablement en dents de scie avec des pics et des déficits pluviométriques ayant des conséquences directes sur les cultures et les ressources en eau. De même, les travaux de Gouataine et Baohoutou (2015), ont permis de mettre en évidence la variabilité pluviométrique dans le sud tchadien et particulièrement dans la plaine du Mayo-Kebbi. Magloire et al. (2017) ont reconnu le rôle de la variabilité climatique et surtout celle pluviométrique sur les productions agricoles dans le sud du Tchad. Ces auteurs ont précisé que les pluies précoces engendrent la germination de certaines espèces végétales dangereuses pour les cultures et les pluies tardives ne permettent pas de semer à temps, augmentant ainsi le risque de famine. Aussi, ils ont précisé que les nombreuses séquences longues pendant la saison pluvieuse contribuent à réduire la production et le rendement de certaines cultures.

Gouataine et Ymba (2019) ont abouti aux mêmes résultats selon lesquelles la variabilité climatique est accentuée dans tout le sud tchadien et particulièrement dans le Mayo-Kebbi. En effet, ces auteurs ont montré que cette instabilité pluviométrique est très marquée surtout après 1970 avec la sécheresse qui sévissait dans le Sahel. La péjoration pluviométrique, le raccourcissement de la saison pluvieuse, les séquences sèches longues sont les effets de cette instabilité. Et, cette instabilité conditionne

le rendement et la production agricole dans le sud tchadien.

## 2.2 Evolution des paramètres agricoles

Les productions et les rendements agricoles dans le sud du Tchad subissent de grandes variations (Figure 3). D'une année à l'autre, les paramètres agricoles enregistrent des quantités différentes.



**Figure 3**  
Evolution de la pluie et des rendements de l'arachide et de sésame pour Moundou et Pala

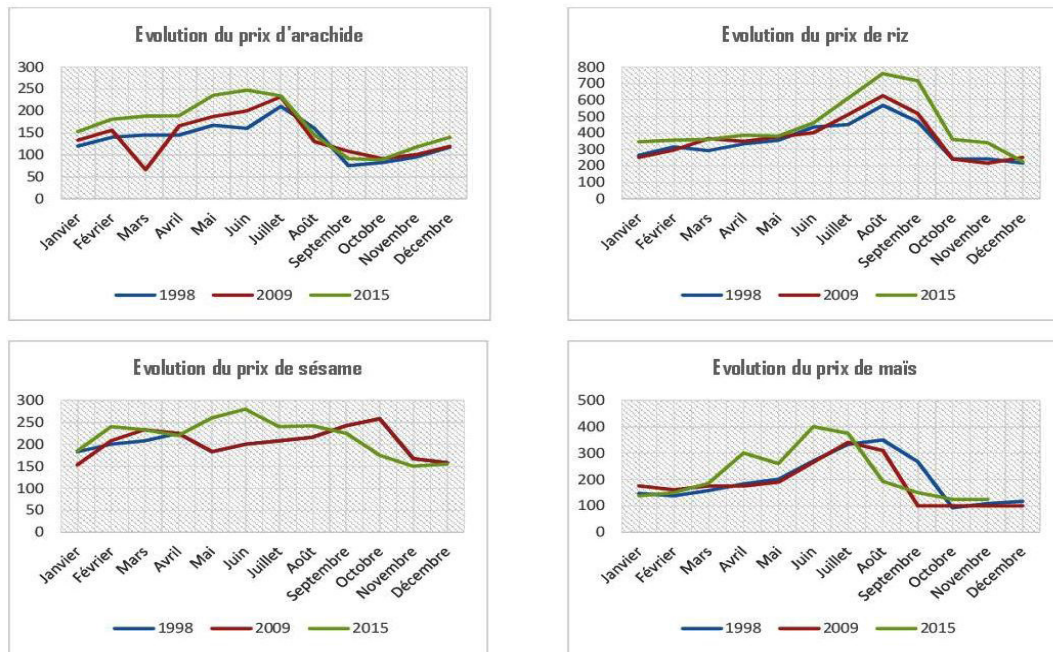
Les deux graphiques de la figure 3 montrent le lien qui existe entre l'indice pluviométrique et l'indice de la production et de rendement de l'arachide et du sésame pris en exemple. Pour l'arachide à Moundou, la tendance de la production est excédentaire. La courbe de production suit sensiblement certaines années celle de la pluie. A Bongor, la production du sésame de 1980 à 2015 se comporte aussi en dents de scie et ne suit pas celle de la pluie.

Ces deux graphiques illustratifs de l'évolution des productions de quelques cultures permettent de comprendre que cette évolution est irrégulière, cette tendance excédentaire de la production de l'arachide s'explique par l'augmentation des surfaces cultivables.

Le coefficient de corrélation est faible entre la pluie et la production de l'arachide à Moundou (0,11) alors qu'à Bongor, ce coefficient est de 0,15.

## 2.3 Evolution des prix des principales spéculations

La variabilité pluviométrique a impacté les productions et les rendements des spéculations. L'analyse de l'évolution des prix des principales spéculations pour quelques années (1998, 2009, 2015) montre la variation des prix.



**Figure 4**  
**Evolution mensuelle des prix par kg de quelques spéculations**

La figure 4 montre l'évolution des prix des différentes spéculations. Les prix moyens annuels en 1998, 2009 et 2015 ont été respectivement de 145 F CFA/Kg, 160 F CFA/Kg et 195 F CFA/Kg pour l'arachide pour un taux d'accroissement de 34,48 %, de 225 F CFA/Kg, 275 et 385 F CFA/Kg soit un taux d'accroissement de 71,11 % pour le maïs, de 265 F CFA/Kg, 280 F CFA/Kg et 295 F CFA/Kg pour un taux de 11,32 % pour le sésame, et de 325 F CFA/Kg, 375 et 495 F CFA/Kg soit un taux d'accroissement de 52,30 % pour le riz.

L'analyse du prix moyen des denrées en 2019 comparé au prix moyen de la période 1990 à 2009 révèle que les prix du maïs à Bongor ont connu une forte croissance. Le prix moyen annuel du maïs a été de 150 F CFA/Kg pour la période de 1990 à 2009 contre 225 F CFA/Kg en 2013 soit un taux d'accroissement de 15%. Le prix moyen annuel du riz pour la période 1990-2009 est de 415 F CFA/Kg contre 475 F CFA/Kg en 2015 soit un taux d'accroissement de 11,4 %. Pour le sésame, le prix moyen annuel est de 115 F CFA/Kg dans la période 1990 à 2009 contre 185 F CFA/Kg en 2015, soit un taux de 60%. Enfin, le prix du kilogramme d'arachide est passé de 180 F/Kg pendant la période 1990 à 2009 à 225 F/Kg en 2015.

Cette hausse des prix de ces différentes spéculations est relative à plusieurs facteurs.

Il y a d'abord le faible niveau de la production locale qui influence la production voire les rendements (Figures 4a et 4b), et ensuite la diminution des stocks des producteurs et des commerçants qui est liée aux importants flux transfrontaliers sortants non maîtrisés (Enquête de terrain, 2017 complété en 2020). On souligne également les facteurs liés au fonctionnement

du marché, notamment le nombre de plus en plus élevé d'intermédiaires dans la chaîne de commercialisation et le coût élevé des facteurs de production (main d'œuvre, intrants agricoles, etc.).

Pour les facteurs liés à la demande, on note actuellement l'importance grandissante des besoins en céréales pour la consommation locale et celle de la capitale N'Djamena et le changement d'habitude alimentaire.

La baisse du niveau global de production est liée aux effets des variabilités pluviométriques avec comme conséquences, les inondations ou les déficits pluviométriques et les perturbations du calendrier agricole.

Il existe une corrélation moyenne entre la pluie et les prix des produits agricoles. Le coefficient de corrélation est de 0,41 entre ces deux paramètres pour le sésame, 0,39 pour le riz, 0,58 pour l'arachide et 0,38 pour le maïs. Ce qui suppose que la variation de la pluie joue un rôle très déterminant dans la variation du prix des denrées agricoles. Une mauvaise pluviométrie entraîne la famine et engendre une hausse des prix car la production globale et le rendement sont faibles. Cette même situation est observée en cas d'excédent pluviométrique occasionnant des inondations catastrophiques.

Acacha et Vissin (2015) sont arrivés à la conclusion selon laquelle le changement climatique joue pour beaucoup dans la variation des prix des denrées alimentaires. En se basant sur le maïs, ils ont conclu que les perturbations pluviométriques (excédent et baisse de pluie) agissent négativement sur les cultures. D'autre part, Romain Gouataine (2017) a montré que dans la plaine du

Mayo-Kebbi, la variation pluviométrique est déterminante dans la variation des prix des denrées alimentaires. Une année excédentaire en termes de pluie conduit à une bonne récolte et de facto, les prix des denrées reste faible et une année déficitaire conduit à une hausse inéluctable des prix. C'est ce même constat qui est fait dans la plaine du Mayo-Kebbi. Alors, comment les autres paramètres affectent la variation des prix des denrées au sud du Tchad ?

### 2.4 Impacts des autres paramètres sur les prix des produits agricoles

Il est question dans cette partie, de regarder les relations de causalité entre les différentes variables que sont la production, le rendement, la pluie, la surface et le prix (inflation) sur une période de trente ans (1980-2015) pour les régions de Bongor, Pala, Laï et Moundou.

Les autres paramètres ont un impact sur les prix des produits agricoles. La mise en relation statistique des différents paramètres pour le sésame pris en exemple permet d'apprécier cet impact (figure 5).

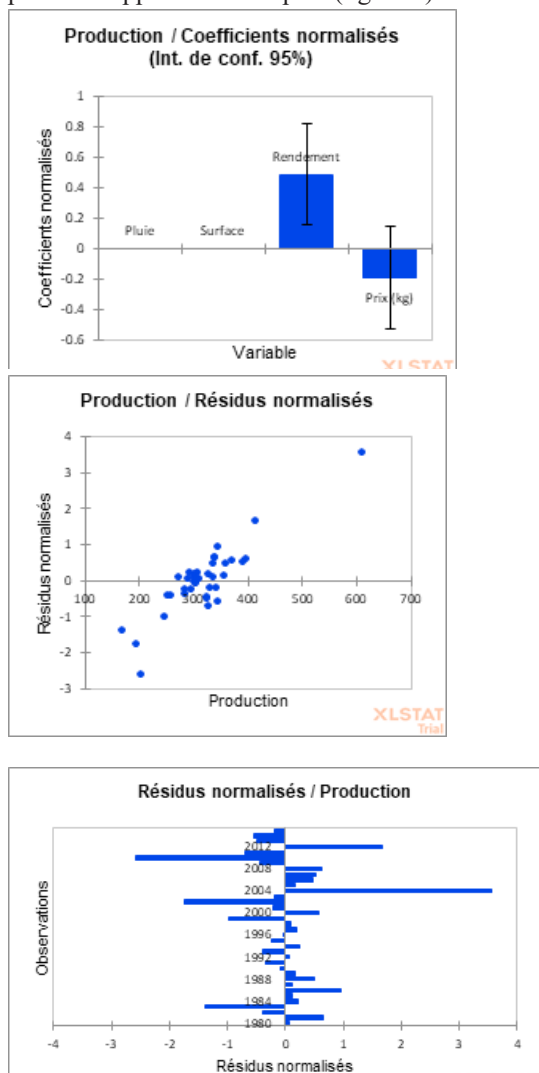


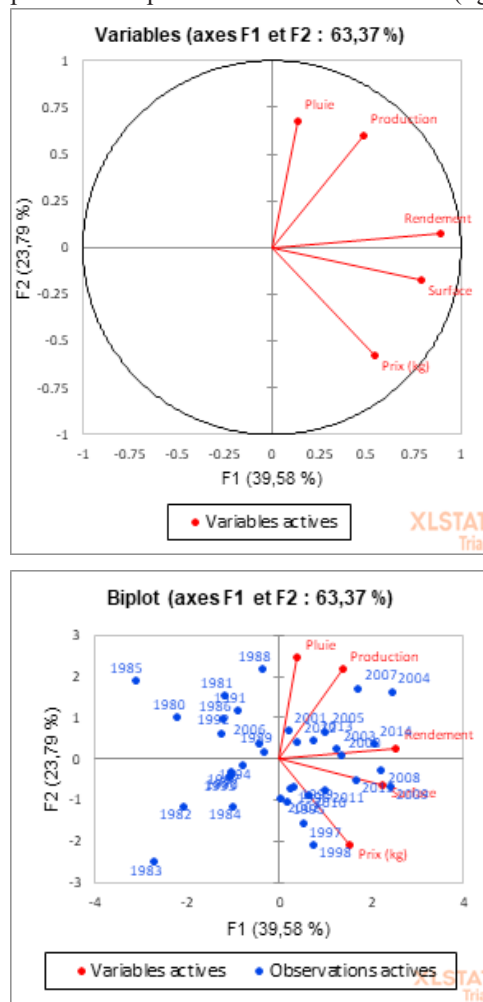
Figure 5 Résidus de régression linéaire de la production du sésame

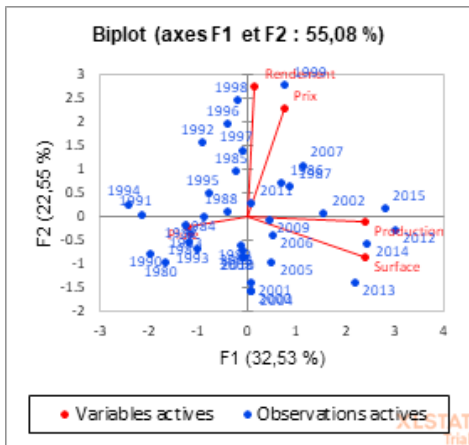
L'histogramme des résidus normalisés permet de repérer rapidement la présence des valeurs hors intervalle [-1,96, 1,96]. Sur ce graphique, les valeurs de la production en 2004 et 2010 sont en dehors de l'intervalle de confiance. En utilisant la méthode de sélection Meilleur modèle, 2 variables ont été retenues dans le modèle.

Etant donné le  $R^2$ , 21% de la variabilité de la variable dépendante **Production** sont expliqués par les 2 variables explicatives mais essentiellement par la variable **Rendement**. Etant donnée la p-value associée à la statistique F calculée dans le tableau d'analyse de la variance, et étant donné le niveau de signification de 5% choisi, l'information apportée par les variables explicatives est significativement meilleure comparée à ce qu'expliquerait la seule moyenne de la variable dépendante.

### 2.5 Résultats des analyses en composantes principales (ACP)

L'analyse en composantes principales pour Bongor et Pala pris en exemple donne le résultat suivant (figure 6).





**Figure 6**  
**Analyses en Composantes Principales pour Bongor et Pala**

L'analyse de cette figure montre que les corrélations existent entre ces différentes variables. En effet, l'observation du cercle de corrélation entre les variables et les facteurs donne des informations intéressantes. La longueur d'une variable reflète la qualité de sa représentation dans le plan considéré (F1/F2). Ici, toutes nos variables sont bien représentées. Nous remarquons sur le cercle des corrélations que la variable Rendement est positivement corrélée respectivement aux variables Production, Surface et Prix.

L'axe F1 est lié à la surface et au rendement. Les années (1995-2002, 2008-2011 et 2015) se trouvant à droite et en bas du graphique des observations sont celles pendant lesquelles les surfaces cultivables ont été grandes, avec des rendements très importants. A l'inverse, les années qui se trouvent à gauche et en haut ont eu des petites surfaces cultivables avec de faibles rendements, ayant pour conséquence la hausse des prix au kilogramme.

L'axe F2 quant à lui, est lié à la Pluviométrie et à la Production. Les années (2000-2001, 2003-2005, 2007 et 2012-2014) se trouvant à droite et en haut du graphique des observations sont celles ayant enregistré d'importantes quantités de pluie, avec pour corollaire une importante production agricole dont le prix au kilogramme a connu une baisse. A l'inverse, les années qui se trouvent à gauche et en bas ont connu une faible pluviométrie, avec pour conséquence une faible production agricole, qui à son tour, a créé une inflation au niveau des prix au kilogramme.

Les résultats obtenus sont conformes à ceux de Dieng (2006) au Sénégal, de Lagandre et Chetaille (2010), Roth, M., et Abott (1989) au Burkina-Faso. En effet, ces différents auteurs ont précisé que même si les autres paramètres pèsent davantage sur la variation des prix des principales denrées, la pluie demeure le principal facteur qui affecte cela.

## CONCLUSION

Au terme de cette étude, il convient de rappeler des résultats majeurs qui ont été obtenus. Au sud du Tchad, la variabilité pluviométrique est très marquée. Les différentes décennies n'enregistrent pas les mêmes quantités pluviométriques. La tendance globale est déficitaire. Ceci montre qu'après les déficits pluviométriques des années 70 et 80, la situation pluviométrique s'est légèrement améliorée. Le régime pluviométrique est unimodal avec un pic de juin à septembre. Cependant, les séquences sèches sont nombreuses et cette situation crée des conditions défavorables au développement des cultures.

Les prix des principales spéculations ont connu aussi une fluctuation importante pendant cette période. Les analyses mensuelles ont montré qu'à la récolte, les prix sont faibles et progressivement, on assiste à une augmentation qui varie selon les périodes et la demande. L'analyse en composante principale et l'analyse factorielle ont montré que les autres paramètres affectent aussi la production et les rendements agricoles.

## RÉFÉRENCES

- Acacha H., & Vissin E. W. (2015). « Influence du changement climatique sur la variation des prix des récoltes vivrières dans la commune de Cotonou au Bénin (Afrique de l'ouest) » (pp. 295-300). Association Internationale de Climatologie XXVIII colloque, Liège.
- Baohoutou L. (2007). *Les précipitations en zone soudanienne tchadienne durant les 4 dernières décennies, variabilité et impact* (p.231).Thèse de doctorat, Université de Nice.
- Bedoum A., Clobite B., Mbanghoguinan A., & Issak, Baohoutou L., (2014). Impact de la variabilité pluviométrique et de la sécheresse au sud du Tchad : effets du changement climatique. *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologies*, 23, 13-30.
- Dadoum D. M., Baohoutou L., Djangrang M., (2017). « Impact de la variabilité climatique sur les cultures pluviales dans le canton Bénoué en zone soudanienne du Tchad », *Annales de l'Université de Moundou, Série A - Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines*, 3(1), janvier, 51-68.
- Dieng A. (2006), *Impacts des politiques agricoles sur l'offre céréalière au Sénégal, de 1960 à 2003 : Evaluation à partir d'un modèle d'analyse statistique par zone agro écologique* », Thèse de doctorat.
- Doukpolo B., (2014). *Changements climatiques et productions agricoles dans l'ouest de la République Centrafricaine* (p.337). Thèse de doctorat, Université d'Abomey-Calavi.
- GIEC (2007) : « Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat » : quatrième rapport. Raymond, G. (1991). « Production cotonnière et économie paysanne dans la zone franc d'Afrique de l'Ouest. Séminaire en Economie et Sociologie » (p.15). Montpellier: CIRAD, 21-25 octobre.



- Gouataine S. R., & Maimouna Y. (2019), « Variabilité climatique et émergence du paludisme à Bongor (Tchad) ». *Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé*, 1(2), 143-156.
- Gouataine, S. R. (2017). Influence des variabilités pluviométriques sur la variation des prix des produits agricoles dans le Mayo-Kebbi. *Revue Ivoirienne de Géographie des Savanes*, 2, 107-117.
- Gouataine, S. R., & Baohotou, L., (2015). « Mise en évidence de la variabilité pluviométrique sur la plaine du Mayo-Kebbi, sud-ouest du Tchad ». *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologies*, 25(8), 93-109.
- Gouataine, S. R., (2018). *Effets des variabilités pluviométriques sur les systèmes de culture et adaptation des agriculteurs dans la plaine de Mayo-Kebbi (sud-ouest du Tchad) (p.308)*. Thèse de doctorat, Université de Maroua.
- Lagandre, D., & Chetaille, A. (2010). « L'assurance indiciaire, une réponse face aux risques climatiques ». *Grain de sel*, 49, 20-1.
- Nuttens, F., (2002), *Les productions vivrières en zone soudanienne (cartes, graphiques et tableaux) (p.115)*. ONDR/DSN.
- Ogouwalé, E. (2006). *Changements climatiques dans le Bénin méridional et central : indicateurs, scénarios et prospective de la sécurité alimentaire*, Thèse de Doctorat unique, LECREDE/ FLASH/EDP/ UAC, 302 p.
- Roth, M., & Abott P. C. (1989). « *Agricultural price policy, Food Aid and Input Subsidy Reforms in Burkina Faso* ». *Journal of Agricultural Economics, Amsterdam*.
- Vissin, E. W. (2007). *Impact de la variabilité climatique et de la dynamique des états de surface sur les écoulements du bassin béninois du fleuve Niger (p.310)*. Thèse de doctorat en Géographie, Université de Bourgogne.