VARIABILITÉ PLUVIOMÉTRIQUE ET QUALITÉ DES SAISONS CULTURALES DANS LE DÉPARTEMENT DE L'ALIBORI (BÉNIN, AFRIQUE DE L'OUEST)

OROU SEKO Sabi Séko Mahamadou, TABOU Talahatou et OGOUWALE Euloge

Laboratoire Pierre PAGNEY Climat, Eau, Écosystèmes et Développement (LACEEDE), Université d'Abomey-Calavi, Bénin

RÉSUMÉ

Les activités agricoles sont conditionnées par les précipitations naturelles dont la régularité est de plus en plus hypothéquée par les nouvelles tendances climatiques au cours des quatre dernières décennies. Cette recherche vise à analyser l'évolution de la qualité des saisons culturales dans le département de l'Alibori.

La démarche méthodologique adoptée a consisté à l'exploitation des données journalières de 1951-2015 de quatre stations, notamment celle de Banikoara, Kandi, Malanville et Ségbana. L'analyse et le traitement de ces données ont permis de déterminer les dates de début, de fin et la longueur des saisons pluvieuses. Ils sont faits sur la base des critères définis par Guèye et Sivakumar (1992) où le début de la saison est le premier jour, après le 1er mai, où la pluviométrie cumulée avec celle des deux jours précédents atteint 20 mm et plus, sans qu'il soit suivi pendant les 30 jours suivants d'une séquence sèche excédant 7 jours. La fin de la saison correspond au jour où, après le 1er septembre, il n'y a plus de pluie pendant deux décades consécutives.

Des diagnostics pluviométriques faits, il est constaté qu'en moyenne les précipitations commencent le 1er mai, prennent fin le 13 octobre et durent 163 jours au cours de la période 1951-2015. Les différentes stations prises différemment présentent des particularités comme c'est le cas spécifiquement pour la station de Malanville se trouvant dans la zone soudano-sahélienne. Elle connait un démarrage tardif (22 mai) et une réduction de la durée de la saison culturale (147 jours) comparativement à la moyenne (163 jours) dans le secteur de l'étude. En plus, les mois pluvieux sont également affectés par des séquences sèches de longue durée qui perturbent la croissance phénologique des cultures. Le défi majeur pour la sécurité alimentaire, l'amélioration des conditions et le développement économique durable de nos jours, est de comprendre et d'anticiper sur les fluctuations climatiques ainsi que sur leurs conséquences dans la vie quotidienne des populations. A cet effet, contribuer au renforcement des capacités de résilience et d'adaptation des populations s'impose comme passage obligatoire.

Mots-clés : saison des pluies, longueur, poche de sécheresse, Département de l'Alibori, Bénin.

ABSTRACT

Rainfall variability and quality of cropping seasons in the department of Alibori (Benin, West Africa)

Agricultural activities are conditioned by natural rainfall which is increasingly mortgaged by new climatic trends over the last four decades. This research aims to analyze the rate of the growing seasons in the department of Alibori.

The methodological approach consisted in using the daily data from 1951-2015 from four stations including Banikoara, Kandi, Malanville and Ségbana. The analysis and processing of these data made it possible to determine the beginning, the end and the length of the rainy seasons. They are made on the basis of the criteria defined by Guèye and Sivakumar (1992) where the beginning of the season is the first day, after May 1st, when the cumulative rainfall with that of the two preceding days reaches more than 20 mm; without being followed for the following 30 days by a dry sequence exceeding 7 days. The end of the season is the day after September 1 when there is no rain for two consecutive decades.

On the basis of pluviometric diagnoses, it is found that the rain starts on May 1st, ends on October 13th, and lasts 163 days during the period 1951-2015. The different stations taken differently have peculiarities as is the case of Malanville station located in the Sudano-Sahelian zone. It has a late start (May 22) and a shorter growing season (147 days) than the average (163 days) in the study area. Moreover, rainy months are also affected by long-term dry sequences that disrupt the phenological growth of crops. Nowadays, the major challenge for food security, improving conditions and sustainable economic development is to understand and forestall climate fluctuations as well as their consequences in people's daily lives. To this end, contributing to the strengthening of the resilience and adaptation capacity of the population is required as a mandatory transition.

Keywords: *rainy season, length, dry season, Alibori Department, Benin*

INTRODUCTION

Les problèmes du climat constituent l'une des plus grandes préoccupations auxquelles le monde se retrouve confronté. Ces dernières vont sérieusement marquer le 21ème siècle et auront des conséquences lourdes sur les agricultures des régions intertropicales (Raunet, 2005). Ainsi, la pluie (élément déterminant du climat) est placée depuis quelques temps au centre des préoccupations scientifiques du fait de son influence considérable sur les systèmes écologiques, économiques et humains (Sané *et al.*, 2008). Les études basées sur la variabilité climatique en raison de la récession pluviométrique pluriannuelle de ces dernières décennies, ont véritablement bénéficié d'un regain d'intérêt (Vissin, 2007).

Au niveau continental, le système climatique ouest africain connaît depuis plus de trois décennies des perturbations climatiques sans précédent, qui se manifestent par de fortes fluctuations et une baisse des précipitations, puis une plus grande fréquence des phénomènes extrêmes (IPCC, 2012). Dans ce sens, l'évolution de la pluviométrie en Afrique occidentale dans lequel s'intègre le Bénin qui depuis les années 1970 est marquée par un démarrage précoce, une fin tardive des saisons qu'elles soient pluvieuses ou sèches et une diminution du nombre de jours de pluie (Kodja *et al.*, 2016). Cela constitue une préoccupation majeure pour les populations dans le contexte actuel des changements climatiques (Sagna *et al.*, 2016). Au Bénin, au cours des trois dernières décennies, le climat du pays a été marqué par une décroissance importante des totaux pluviométriques annuels, des fluctuations pluviométriques saisonnières et une forte fréquence des phénomènes extrêmes (Ogouwalé, 2006 et Donou, 2015).

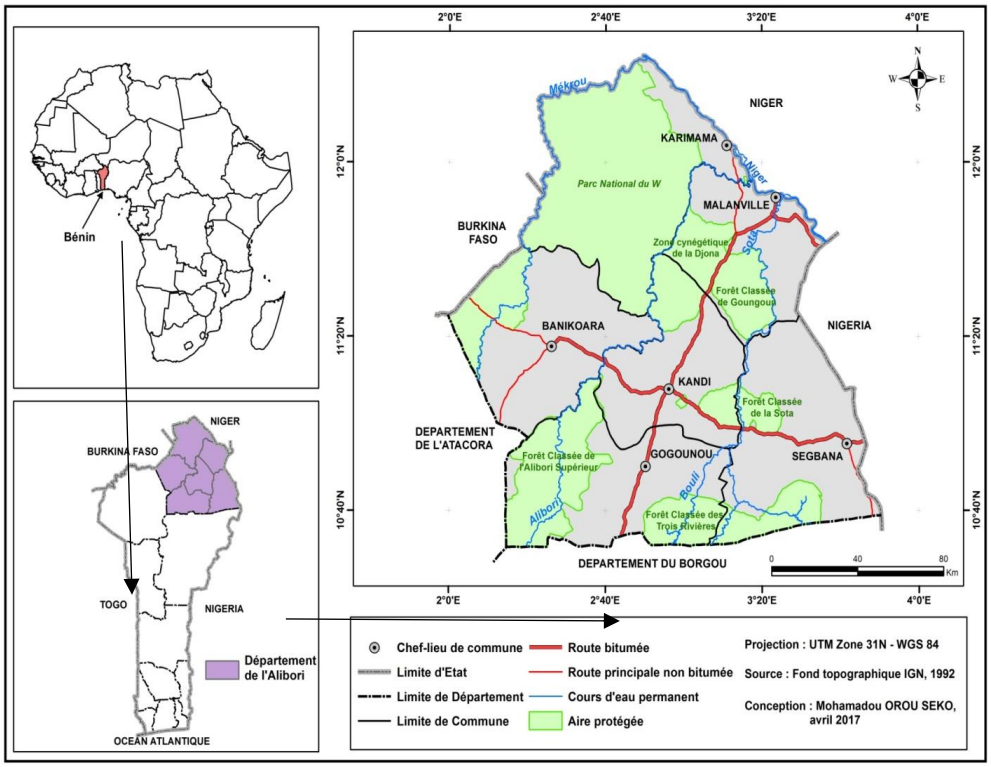
Par-dessus tout, la réduction de la durée de la saison agricole et la persistance des anomalies négatives caractérisent désormais les climats du Bénin et modifient les régimes pluviométriques et les systèmes de production agricole (Tidjani et Akponikpè, 2012). C'est pour cela que Houssou-Goé (2008) déduit que l'instabilité des saisons et du calendrier agricole, les pluies tardives ou précoces, sont autant de facteurs qui influent sur la production agricole. Plus localement, la région septentrionale du Bénin et surtout le département de l'Alibori, à l'instar des autres régions de l'Afrique de l'Ouest, a enregistré des faux départs pluviométriques et le raccourcissement des saisons végétatives. Ce travail vise à étudier la qualité des saisons des pluies entre 1951 et 2015 dans le département de l'Alibori. Le présent article a pour but de caractériser les paramètres liés à la variabilité et aux changements climatiques dans le département de l'Alibori. Il présente par ailleurs les savoirs endogènes des populations sur les manifestations et les causes des perturbations climatiques.

1 CADRE DE L'ÉTUDE

1.1 Site de recherche

Le département de l'Alibori est situé entre 10°32'44" et 12°33'59" de latitude nord et entre 2°00'06" et 3°50'55" de longitude est (figure 1). Il a une superficie de 26 242 km² (23 % du territoire national). Il est limité à l'Est par la République Fédérale du Nigéria, au Nord par le Burkina-Faso et le Niger, au Sud par le département du Borgou et à l'Ouest par le département de l'Atacora. Il comprend six (6) Communes et regroupe au total 229 villages.

Figure 1 : Situation géographique du département de l'Alibori



1.2. Matériels et méthodes

L'approche méthodologique adoptée pour l'obtention des résultats a nécessité l'usage d'outils et méthodes d'analyse des données quantitatives et qualitatives.

1.2.1 Détection des années de rupture dans les séries temporelles

Une « rupture » de stationnarité est recherchée pour apprécier l'évolution des précipitations dans le secteur de l'étude. Elle peut être définie par un changement dans la loi de probabilité d'une série chronologique à un instant donné (Lubès-Niel *et al.*, 1998). La détection des moments probables

de rupture dans les séries temporelles vise à vérifier la non stationnarité des séries pluviométriques et à valider l'hypothèse sur la baisse pluviométrique, depuis la fin des années 70. La détection des ruptures a été faite à partir des différents tests statistiques (Pettitt, 1979) et la procédure de segmentation de Hubert *et al*. (1989).

- Test de Pettitt

L'approche non paramétrique de Pettitt (1979) permet de détecter les « ruptures » dans la série pluviométrique du département de l'Alibori. Ce test dérive du test de Mann-Whitney. L'absence de rupture dans la série (Xi) de taille N constitue l'hypothèse nulle. La mise en œuvre du test suppose que pour tout instant t compris entre 1 et N, les séries chronologiques (Xi) i=1 à t et t+1 à N appartiennent à la même population. Ce test repose sur le calcul de la variable Ut, N définie par :

$$D_{ij} = \text{sgn}(x_i - x_j) \quad \text{avec} \quad \text{sgn}(Z) = 1 \text{ si } Z > 0 ; 0 \text{ si } Z = 0 \text{ et -1 si } Z < 0. \quad \textbf{(3)}$$

Soit KN la variable définie par le maximum en valeur absolue de $U_{t,N}$, pour t variant de 1 à N-1. Si K désigne la valeur de KN prise sur la série étudiée, sous l'hypothèse nulle, la probabilité de dépassement de la valeur K est donnée approximativement par :

$$P(K_N > K) \approx \quad \textbf{(4)}$$

Pour un risque α de première espèce donné, si $P(K_N > K)$ est inférieure à α, l'hypothèse nulle est rejetée. Ce test est réputé pour sa robustesse.

- Test de Mann-Kendall

Le Test de Mann-Kendall est un test non paramétrique permettant de mesurer le degré de signification de la tendance et les ruptures de stationnarité dans la série pluviométrique.

Soit x1, xT une séquence de données. A chaque xi est associé un nombre n_i comptabilisant les éléments xj tel que i>j et $x_i > x_j$. La statistique s'écrit alors :

$$t = \sum_{i=1}^{T} nj \quad , \qquad \textbf{(5)}$$

Celle-ci sous l'hypothèse nulle de l'absence de tendance, suit une loi de répartition $E(t)=\frac{T(T-1)}{4}$; $var(t)=\frac{T(T-1)(2T+5)}{72}$ **(6)**

Sa formule est alors : $U(t)=\frac{t-E(t)}{\sqrt{var(t)}}$ **(7)**

A cette statistique est associée une probabilité de signification, celle de détecter une tendance alors qu'il n'en existe pas. L'application progressive du test décrite par Koumassi (2014), permet de déterminer de manière détaillée les périodes où des groupes de valeurs supérieures ou inférieures à la moyenne apparaissent.

1.2.2. Analyse des dates de démarrage et de fin de la saison des pluies

La détermination du début, de la fin et de la durée de la saison pluvieuse s'est faite suivant les critères de Guèye et Sivakumar (1992). Elle a été déterminée à travers un travail manuel qui a permis de déterminer les dates de débuts et de fins des saisons.

1.2.3. Détermination de la longueur de la saison des pluies

Selon les critères de Guèye et Sivakumar (1992), la date de Début de la Saison des Pluies (DSP) est le premier jour après le 1er mai. La hauteur de pluie cumulée avec celle des deux jours précédents atteint 20 mm et plus, sans qu'il ne soit suivi pendant les trente jours suivant une séquence sèche excédant sept jours. La fin de la saison pluvieuse (FSP) correspond au jour où, après le 1er septembre, il n'y a plus de pluie pendant deux décades consécutives. La longueur de la saison pluvieuse (LSP) correspond à la différence en jours entre les dates de fin et de début des pluies.

Détermination DSP, FSP et LSP selon les critères de Guèye et Sivakumar (1992) :

- (DSP) : premier jour après le 1 er mai, lorsque la pluviométrie cumulée avec celle des deux jours précédents atteint au moins 20 mm, sans qu'il ne soit suivi pendant les 30 jours suivants d'une séquence sèche excédant 7 jours.
- (FSP) : jour où, après le 1 er septembre, il n'y a plus de pluie pendant deux décades consécutives.
- (LSP) : Différence (jours) entre FSP et DSP

Typologie des précipitations quotidiennes (Kouassi *et al.*, 2010) :

- P1 = somme des précipitations journalières comprises entre 0,1 et 10 mm ;
- P2 = somme des précipitations 0 mm ;
- P3 = somme des précipitations journalières comprises entre 30,1 et 50 mm ;
- P4 = somme des précipitations journalières > 50 mm.

1.2.4 Détermination des séquences sèches

Les séquences sèches sont des successions ordonnées de jours non pluvieux pendant une période donnée. Ainsi, Zakari *et al*. (2012) considèrent dans leur travail qu'un jour est considéré comme sec si la quantité d'eau précipitée est inférieure à 0,1 mm. Pour ce travail, les séquences sèches sont classées selon leur durée en quatre (4) classes :

- S1 = classe de Ss de durée 1 à 3 jours ;
- S2 = classe de Ss de durée 4 à 7 jours ;
- S3 = classe de Ss de durée 8 à 14 jours ;
- S4 = classe de Ss de durée >14 jours.

Cette nomenclature de pluies journalières, choisie en référence aux normes internationales paraît judicieux et se justifie par le fait que le milieu d'étude est situé au Nord-Bénin, où les pluies ont une corrélation positive avec celles des régions du Sahel atlantique (Houndénou et Hernandez, 1998 ; Zakari *et al*., 2012).

1.2.5. Échantillonnage

L'échantillonnage pour cette recherche est fait sur les populations agricoles. Le choix des Communes, des arrondissements et des villages est fait en raison de l'importance de la taille des ménages agricoles et de l'intensité des activités agricole. Des six Communes (Banikoara, Gogounou, Kandi, Karimama, Malanville et Ségbana) que compte le département de l'Alibori, quatre ont été retenues pour les enquêtes de terrain. En outre, sur les quarante et un arrondissements existant, huit de cette aire géographique ont été parcourus. Le choix des villages est fondé sur le niveau d'implication dans les activités agricoles. La taille de l'échantillon a été définie par Commune en utilisant la formule de Schwartz (1995).

$$\beta = Z\alpha^2 \times pq/i^2 \qquad \textbf{(1)}$$

Avec :

β = taille de l'échantillon ;
$Z\alpha = 1{,}96$: Écart réduit correspondant à un risque α de 5 % ;
p = n/N avec p la proportion des ménages agricoles du département

n = nombre de ménages agricoles par Commune ;
N = nombre total de ménage dans le département ;
i = précision désirée égale à 5 % ;
q = 1- p ;

$\beta = (1,96)^2$ x p(1-p)/$0,05^2$. β a été déterminé pour quatre Communes sur les six que compte le département de l'Alibori en raison du manque de données climatologiques dans les Communes de Karimama et de Gogounou sur la période d'analyse (tableau I).

Tableau I : Localités d'enquête et unités d'observation dans le département de l'Alibori

Communes	Arrondissement	pop/agricole	Total des ménages agricoles	q	P	d2	Zα2	N	Nx 15/100
Banikoara	Gbassa	501	3 769	0,9	0,1	0,0	3,8	120,1	18
	Arbonga	380	4 914	0,9	0,1	0,0	3,8	106,3	16
Malanville	Garou I	815	3 551	0,9	0,1	0,0	3,8	129,1	19
	Sendé	258	2 528	0,8	0,2	0,0	3,8	241,1	36
Kandi	Angaradebou	1 131	3 589	0,7	0,3	0,0	3,8	320,6	48
	Bensekou	516	790	0,3	0,7	0,0	3,8	282,7	42
Segbana	Libantè	871	1 941	0,6	0,4	0,0	3,8	464,3	70
	Sahonzi	220	1 941	0,6	0,4	0,0	3,8	351,8	53
									304

De l'observation du tableau I, il ressort qu'au sein de la population, 304 personnes ont été interviewées. Ces dernières ont été identifiées dans 8 arrondissements des 4 communes retenues.

1.2.6. Méthode de traitement des informations socio-anthropologique

Les données socio-anthropologiques constituées des opinions générales et des perceptions des populations relatives à la tendance climatique ont été analysées statistiquement par le calcul du taux moyen de réponse par la formule :

$$\mathbf{Tx = \frac{n}{N} * 100} \quad \mathbf{(15)}$$

Tx : taux de réponse donnée pour une perception sur la tendance climatique de l'Alibori, sur les moyens d'existence et sur la dynamique environnementale ;
n : nombre de personnes ayant une même réponse ;
N : nombre total de personnes interviewées.

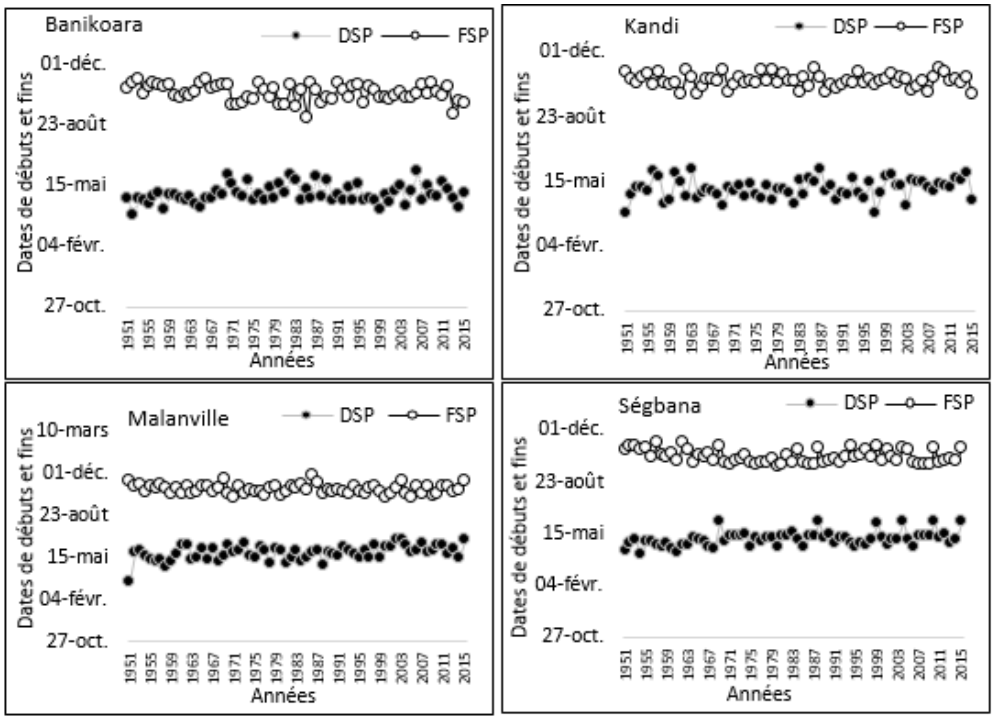
2 RÉSULTATS

Les données pluviométriques des stations du département de l'Alibori traitées font ressortir une rupture de la série en 1969. L'examen des deux sous-période (1951-1969 et 1970-2015) issues du test de stationnarité a permis de mieux apprécier l'évolution des saisons pluvieuses dans le secteur de l'étude.

2.1. Dates de début et de fin des saisons pluvieuses

Les dates de début et de fin des saisons pluvieuses déterminent la longueur de l'étalement des précipitations. Elles conditionnent le bon déroulement des activités agricoles. L'évolution de ces dates de début et de fin des saisons pluvieuses de la période 1951-2015 est présentée par la figure 2.

Figure 2 : Dates de débuts et de fins de saison des pluies



Source : Traitement des données, 2017
DSP= Début de saison de pluie ; FSP= Fin de saison de pluie

Il peut être déduit de l'examen de la figure 2 que les dates de débuts et de fins des saisons pluvieuses sont marquées par de fortes variabilités. Les dates de semis déterminent de façon générale l'allongement ou le raccourcissement de la saison végétative. Quand l'installation est tardive ou la fin des précipitations est précoce, cela occasionne le raccourcissement de la saison de culturale. L'allongement quant à lui se fait observer, lorsque les

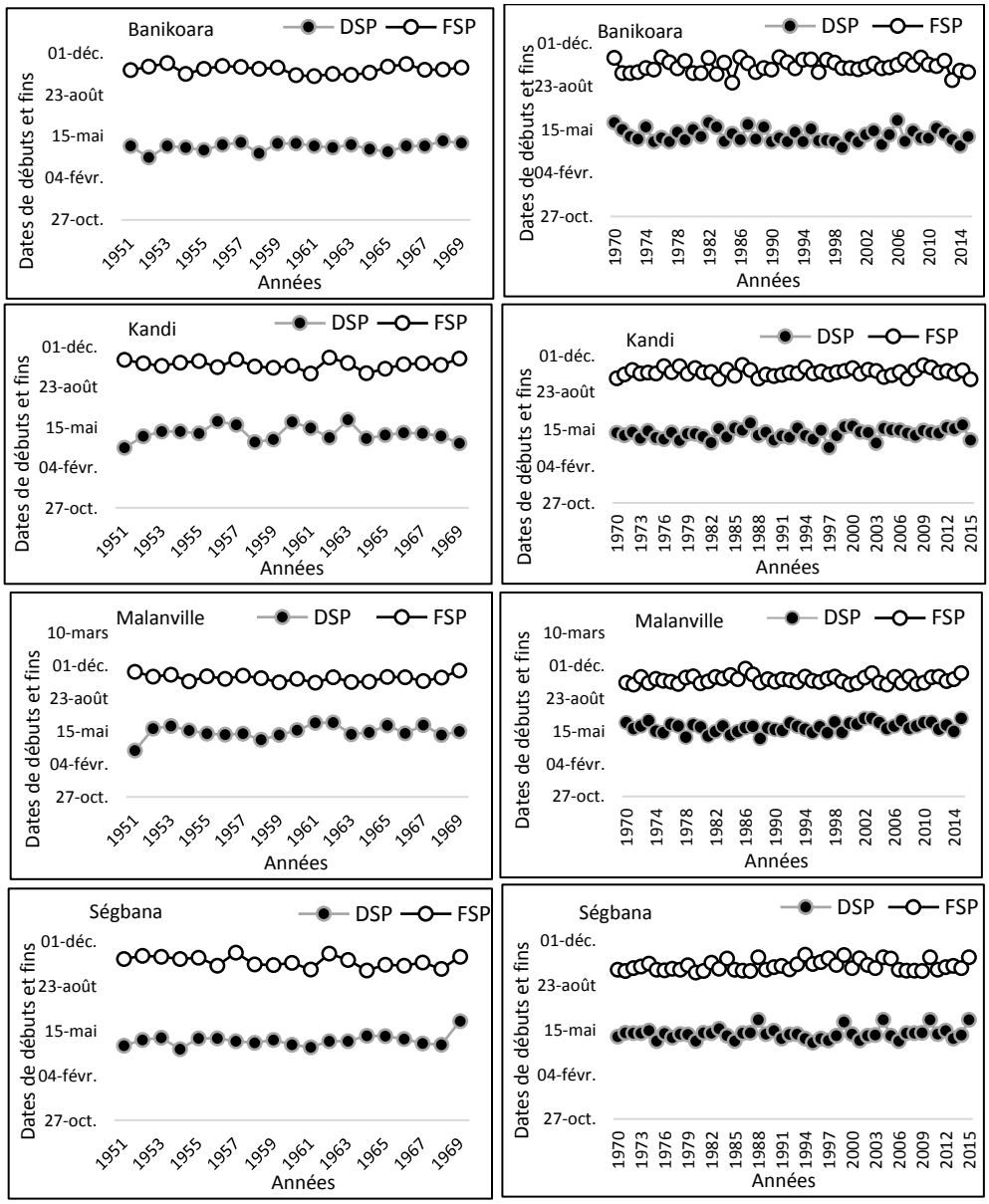
dates de débuts sont précoces et/ou les dates de fins sont tardives. Les mois de mai et octobre représentent les dates de débuts et de fins des saisons pluvieuses dans le département de l'Alibori (tableau II).

Tableau II : Dates de débuts et de fins des saisons pluvieuses de la période 1951-2015

1951-2015			
	DSP	**FSP**	**L**
Banikoara	12/04	12/10	168
Kandi	01/05	16/10	168
Malanville	22/05	19/10	147
Ségbana	02/05	08/10	170
Moyenne	**01/05**	**13/10**	**163**

Le tableau II indique qu'en moyenne les précipitations commencent le 1er mai et prennent fin le 13 octobre au cours de la période 1951-2015. Pour ce qui est de la longueur de la saison pluvieuse, elle est de 163 jours en moyenne durant la même période dans le département de l'Alibori. La commune de Ségbana enregistre un nombre de jours de pluies plus élevé que les autres. La commune de Malanville dans la zone soudano-sahélienne connait le plus faible nombre de jours de pluies (147 jours) qui est en dessous de la moyenne (163) dans le secteur. Au cours des trois dernières décennies, il est de plus en plus observé des retards dans le démarrage des saisons de pluies (figure 3).

Figure 3 : Évolution des débuts et de fins de saison entre 1951-1969 et 1970-2015



Source : Traitement des données, 2017
DSP= Début de saison de pluie ; FSP= Fin de saison de pluie

Les dates de débuts et de fins des saisons culturales des sous périodes 1951-1969 et 1970-2015 sont présentées dans le tableau III.

Tableau III : Dates de débuts et de fins des saisons pluvieuses des périodes 1951-1969 et 1970-2015

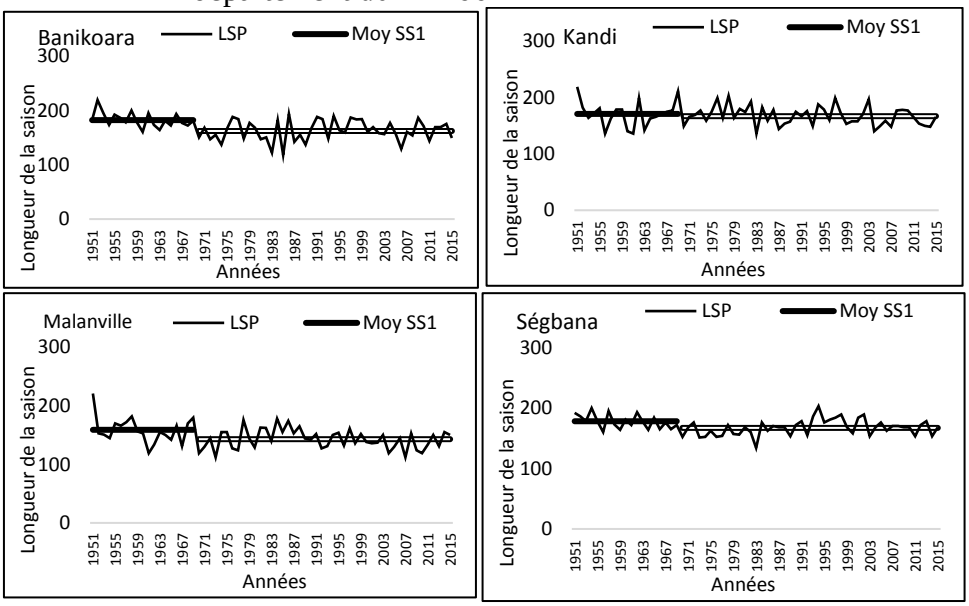
Périodes	**1951-1969**		**1970-2015**	
	DSP	**FSP**	**DSP**	**FSP**
Banikoara	19/04	21/10	01/05	08/10
Kandi	29/04	17/10	02/05	15/10
Malanville	12/05	23/10	26/05	18/10
Ségbana	23/04	17/10	05/05	05/10
Moyenne	28/04	19/10	08/05	11/10

Il ressort de l'examen du tableau III que la date moyenne de démarrage des pluies au cours de la période 1951-1969 est le 28 avril et le 8 mai pour la période 1970-2015 soit un écart de 10 jours. La date moyenne de fin de la saison des pluies est quant à elle le 19 octobre durant la période 1951-1969 et 11 octobre pendant la période 1970-2015 soit un écart 8 jours. Il est ainsi constaté de plus en plus un démarrage tardif et un arrêt précoce des pluies occasionnant un bouleversement du calendrier agricole.

2.2. Tendance de la longueur de la saison pluvieuse

La durée de la saison culturale est un des facteurs importants du bon déroulement des activités agricoles. Elle détermine le calendrier cultural des producteurs. La figure 4 présente l'évolution de la durée des saisons culturales dans le département de l'Alibori.

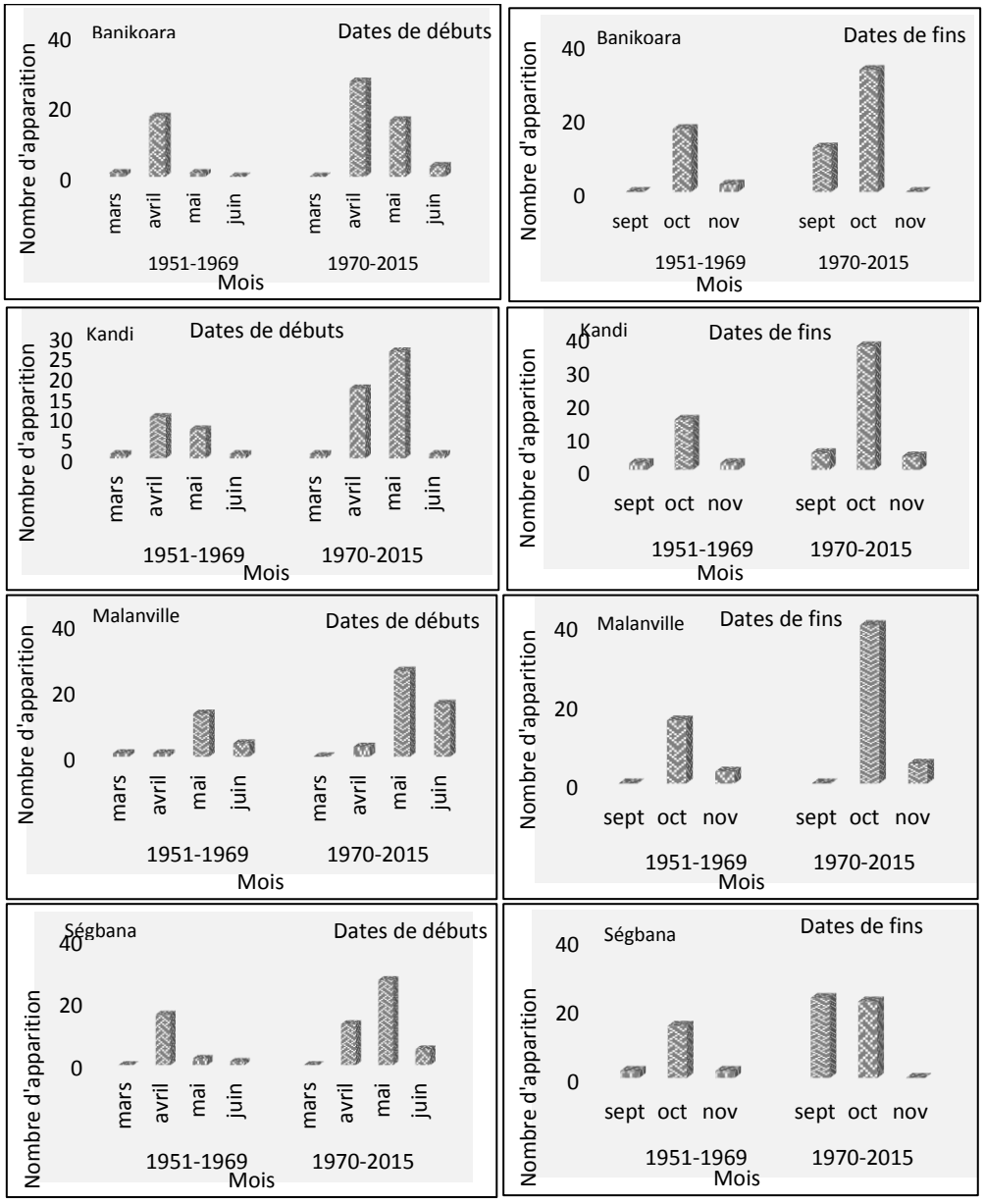
Figure 4 : Tendance de la longueur de la saison pluvieuse dans le département de l'Alibori



Source des données : ASECNA, 2015

De l'analyse de la figure 4, il est constaté une baisse de la durée des saisons pluvieuses au cours de la période 1970-2015 comparativement à celle de 1951-1969. Cette baisse est beaucoup plus perceptible dans les Communes de Banikoara et Malanville et l'est moins dans la Commune de Kandi (figure 5).

Figure 5 : Fréquence d'apparition des mois de début et de fin des saisons de pluies



Les dates de débuts et de fins des saisons culturales des sous périodes 1951-1969 et 1970-2015 sont présentées dans le tableau IV.

Les dates de débuts et de fins des saisons culturales des sous périodes 1951-1969 et 1970-2015 sont présentées dans le tableau IV.

Tableau IV : Dates de débuts et de fins des saisons pluvieuses et nombre de jours entre les périodes 1951-1969 et 1970-2015

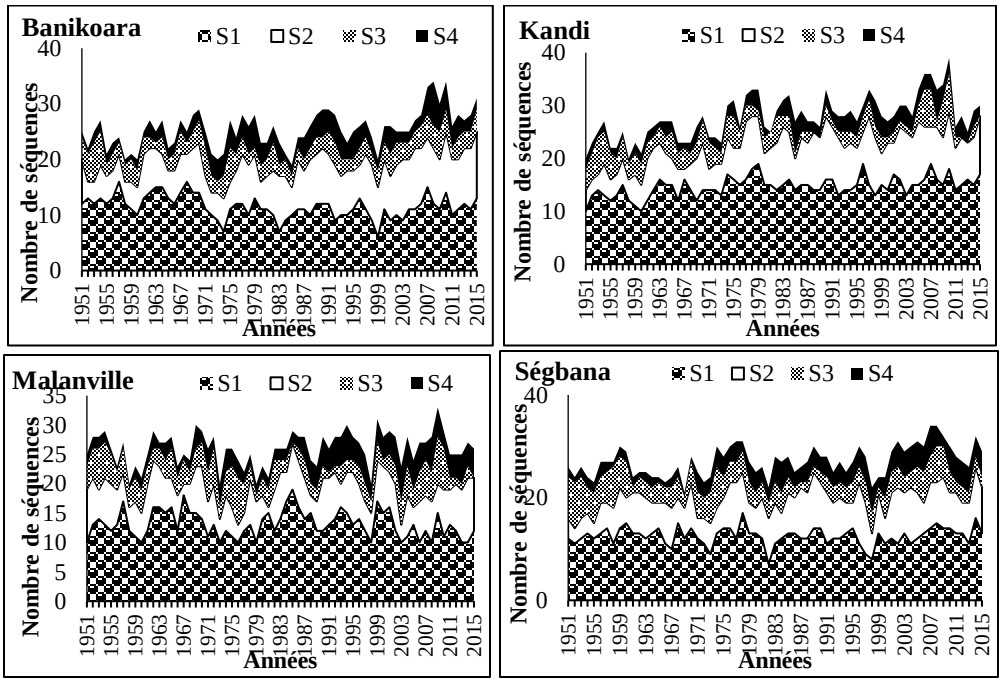
	1951-1969			**1970-2015**				
	DSP	FSP	LSP	DSP	FSP	LSP	Réduction	Pourcentage
Banikoara	19/04	21/10	182	01/05	08/10	162	20 jours	11 %
Kandi	29/04	17/10	171	02/05	15/10	167	04 jours	02 %
Malanville	12/05	23/10	158	26/05	18/10	142	16 jours	10 %
Ségbana	23/04	17/10	177	05/05	05/10	167	06 jours	06 %
Moyenne	28/04	19/10	172	08/05	11/10	159	12 jours	7 %

Il ressort de l'examen du tableau IV que la durée moyenne de la saison culturale est de 172 jours pour la période 1951-1969. Ce nombre de jours pluvieux a connu une baisse pendant la période 1970-2015 en passant à 159 jours soit une diminution de 7 %. La Commune de Banikoara est la plus affectée avec une baisse de 20 jours pluvieux soit une régression de 11 %. Cette situation bouleverse le calendrier agricole et contribue à la baisse des rendements.

2.3. Séquences sèches dans le département de l'Alibori

La caractérisation des fluctuations climatiques est menée par l'analyse statistique des séries chronologiques de variable pluie (figure 6).

Figure 6 : Évolution des séquences sèches dans le département de l'Alibori



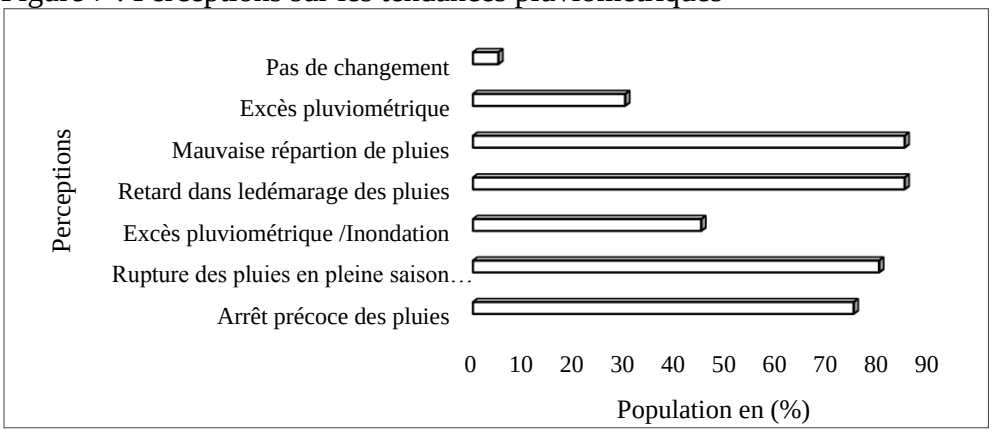
Légende : **S1=** classe des séquences sèches de durée comprise entre 1 et 3 jours ; **S2 =** classe de séquences sèches de durée comprise entre 4 et 7 jours ; **S3 =** classe de séquences sèches de durée comprise entre 8 et 14 jours ; **S4 =** classe de séquences sèches de durée supérieure à 14 jours.

L'examen de la figure 6 montre que les quatre différentes classes de séquences sèches ont connu des évolutions diverses au niveau de chaque station. Au cours de la saison pluvieuse, les classes de séquences sèches S1 et S2 représentent en moyenne 90 % des types de « pauses pluviométriques ». Seules les stations de Malanville et Banikoara présentent une tendance à la hausse de la classe S3 (durée 8 à 14 jours), correspondant à une augmentation de la durée des poches de sécheresse.

2.4. Perceptions paysannes sur les tendances climatiques

Selon environ 80 % de la population, les variabilités climatiques dans le département de l'Alibori constituent des menaces graves pour le développement local et national. Les populations ont des appréciations diverses sur les causes et les caractéristiques pluviométriques du département de l'Alibori (figure 7).

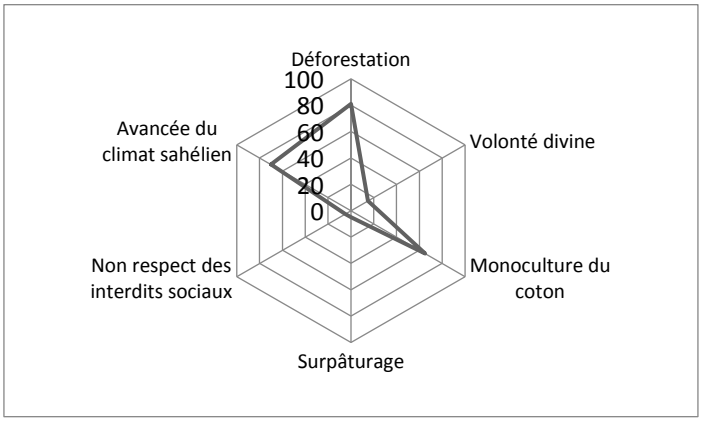
Figure 7 : Perceptions sur les tendances pluviométriques



Source : Enquêtes de terrain, 2018

De l'observation de la figure 7, il est constaté qu'il existe plusieurs facteurs d'appréciation des caractéristiques pluviométriques du secteur d'étude. Parmi ces facteurs, la mauvaise répartition des pluies et le retard dans le démarrage des pluies viennent en tête avec 85 %. Seulement 5 % des populations estiment que les caractéristiques climatiques évoluent normalement. Les facteurs attribuables aux conditions climatiques de l'Alibori sont aussi nombreux que divers selon les personnes interviewées (figure 8).

Figure 8 : Causes de l'évolution du climat selon la population



Source : Enquêtes de terrain, 2018

Il ressort de l'observation de la figure 8, que la déforestation est la principale cause de changement climatique selon 83 % des interviewés. Les mutations agricoles dans cette région sont dues par les tendances démographiques actuelles. Il ressort de l'analyse de cette figure que les considérations locales des populations estimant que la monoculture du coton

est grandement responsable de la déforestation dans le département de l'Alibori sont légitimes.

3 DISCUSSION

Les indicateurs de variabilité pluviométrique et de dégradation des saisons végétatives identifiées dans le département de l'Alibori sont les démarrages tardifs et fins précoces des précipitations et le raccourcissement de la saison culturale. Les dates de démarrage des pluies et les dates de semis sont indispensables dans le bon déroulement des activités agricoles. Cette vision est amplement partagée par Ouédraogo (2007) pour qui le paramètre "date de semis" est une information capitale dans le démarrage des activités agricoles.

La date moyenne de démarrage des pluies au cours de la période 1951-1969 est le 28 avril avec quelques disparités au niveau des stations. Elle est de 8 mai au cours de la période 1970-2015 soit un écart de 10 jours. En effet, il est constaté une absence de stabilité au niveau des dates de démarrage des pluies. Ce constat corrobore avec celui de Tyniar (2002) pour qui les débuts de campagne agricole sont jalonnés par les faux départs ou fausses alertes provoquant ainsi plusieurs reprises de semis. Aussi, PANA-Bénin (2008) a fait les mêmes observations et constate que le décalage des saisons devient de plus en plus fréquent et entraine des reprises de semis qui occasionnent des coûts élevés de production.

Les résultats de recherche de Feliho *et al.* (2016) sur les indicateurs pluviométriques et thermométriques de la variabilité climatique dans le département du Zou au Bénin et de Sarê *et al.* (2016) sur la qualité de la saison pluvieuse dans la périphérie de la Réserve de Biosphère Transfrontalière du W (Bénin), révèlent un retard progressif dans le démarrage des saisons pluvieuses. Les premiers indiquent qu'en moyenne, la date de démarrage de la grande saison des pluies est le 10 avril au cours de la période 1951-1968 et le 1er mai au cours de la période 1969-2015, soit un retard moyen de 21 jours. Pour la petite saison pluvieuse, elle démarrait en moyenne le 4 septembre au cours de la période 1951-1968 mais, le 8 septembre au cours de la deuxième, soit un retard moyen de 4 jours. Ces résultats qui vont dans le même sens que ceux de Ogouwalé (2006) et Chédé (2012) ne sont pas à l'antipode des résultats obtenus dans le département de l'Alibori.

De plus, il est constaté dans le secteur de l'étude que la durée moyenne de la saison culturale est de 172 jours pour la période 1951-1969. Contrairement à cette période, celle de 1970-2015 a en moyenne une durée de 159 jours soit une diminution de 7 %. La Commune de Banikoara est la plus affectée avec une baisse de 20 jours soit une régression de 11 %. Il en résulte

de ce fait un raccourcissement de la saison pluvieuse préjudiciable aux activités agricoles. Ces résultats confirment ceux de Feliho *et al.* (2016) qui ont détecté un raccourcissement des saisons pluvieuses dans le département du Zou. Ils ont constaté que de 128 jours en moyenne au cours de la période 1951-1968, la grande saison des pluies a été réduite à 98 jours en moyenne durant la période 1969-2015. Pour ce qui est de la petite saison des pluies toujours dans le département du Zou, elle est passée de 73 jours en moyenne pendant la période 1951-1968 à 61 en moyenne pendant la période 1969-2015. Ces résultats montrant que les saisons pluvieuses deviennent de plus en plus courtes dans le secteur d'étude sont conformes à ceux de Affo-Dogo (2012) et Sarê *et al.* (2016). Dans le même sens, GIEC (2013) a, dans une analyse prospective, indiqué que la zone sahélienne et soudano-sahélienne peut enregistrer une diminution de la longueur de la saison agricole à plus de 20 % d'ici 2050.

Plus loin, il est noté que tous les mois de la saison pluvieuse dans le département de l'Alibori sont affectés par les séquences sèches. Cela corrobore avec les résultats de Sarê *et al.* (2016) qui dans la périphérie de la Réserve de Biosphère Transfrontalière du W (Bénin) a détecté une hausse des épisodes secs de courte durée (1-3 jours) en août-septembre (mois d'optimum pluviométrique soudanien) et d'une diminution du nombre de jours pluvieux. Également, les résultats obtenus confirment ceux des études d'Atta (2005) et Shi et Tao (2014) qui ont montré que les séquences sèches de longue durée qui interviennent pendant les phases sensibles de la plante (phases végétative et reproductive) entraînent la perte de la productivité des cultures.

CONCLUSION

Le département de l'Alibori est marqué par une variabilité pluviométrique qui perturbe sérieusement le bon déroulement des activités agricoles. Ainsi, le secteur est caractérisé par une réduction de la durée de la saison des pluies due à l'installation de plus en plus tardive et une précoce interruption des précipitations. A cette non stabilité des dates de débuts et de fins des précipitations qui a occasionné le raccourcissement de la saison pluvieuse, vient s'ajouter l'apparition de plus en plus régulière des séquences sèches de longue durée engendrant une diminution du nombre de jours pluvieux.

Il s'impose alors aux agriculteurs du département de l'Alibori de faire correspondre leurs calendriers agricoles à la nouvelle dynamique pluviométrique afin de minimiser les risques liés au retard de démarrage et à la précocité de fin de la saison pluvieuse.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AFFO-DOGO (A.), 2012. *Vulnérabilité et stratégies d'adaptation des agriculteurs dans la région des plateaux au Togo face au changement climatique : cas de la communauté rurale de Kpimé*. Mémoire de master, Centre Régional AGRHYMET, 81 p.

ATTA (S.), 2005. *Manuel de cours de phytotechnie spéciale : les céréales*. CRA, Niamey, 78 p.

CHEDE (F.), 2012. *Vulnérabilité et stratégies d'adaptation au changement climatique des paysans du Département des Collines au Bénin : cas de la Commune de Savè*. Mémoire de master, Centre Régional AGRHYMET, 86 p.

DONOU (B. T.), 2015. « *Extrêmes hydroclimatiques dans le bassin inférieur du fleuve Ouémé : diagnostic, impact agricole et scenarios de gestion* ». Thèse de doctorat unique, Université d'Abomey-Calavi, 264 p.

FELIHO (G.), YABI (I.), AFOUDA (F.), 2016. « Indicateurs pluviométriques et thermométriques de la variabilité climatique dans le département du Zou au Bénin » in *Mélanges en hommage aux Professeurs HOUSSOU C. S., HOUNDAGBA C. J. et THOMAS O.*, vol. 1, pp. 247-258.

Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Évolution du Climat (GIEC), 2013. *The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Inter-governmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 p.

GUEYE (M.), SIVAKUMAR (M. V. K.), 1992. « *Analyse de la longueur de la saison culturale en fonction de la date de début des pluies au Sénégal* ». Compte rendu des travaux n°2, Niamey (Niger) : Centre sahélien de l'ICRISAT, 16 p.

HOUNDENOU (C.), HERNANDEZ (K.), 1998. « Modification de la saison pluvieuse dans l'Atakora (1961-1990) : Un exemple de sécheresse au nord-ouest du Bénin (Afrique Occidentale) ». In *Sécheresse*, vol 9, n°1, pp. 23-34.

HOUSSOU-GOE (S.), 2008. *Agriculture et changements climatiques au Bénin : Risques climatiques, vulnérabilité et stratégies d'adaptation des populations rurales du département du Couffo*. Thèse d'Ingénieur agronome, FSA/UAC, 160 p.

HUBERT (P.), CARBONNEL (J. P.), CHAOUCHE, (A.), 1989. « Segmentation des séries hydrométriques. Application à des séries de précipitations et de débits de l'Afrique de l'Ouest » in *Journal of hydrology*, n°110, pp. 349-367.

Intergouvernemntal Panel on Climate Change (IPCC), 2012. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution ofwoking Group I to the Firth Assement Rport of the Intergouvernemntal Panel on Climate Change*. Cambering, Cambridge University Press, United kingdom and New York, NY, USA, 1535 p.

KODJA (D. J.), VISSIN (E. W.), AMOUSSOU (E.), HOUNDENOU (C.), BOKO (M.), MAHE (G.), PATUREL (J.-E.), 2016. « Analyse fréquentielle des pluies journalières sur le bassin versant de l'Ouémé à l'exutoire de Bonou » in *Actes du Colloque en hommage au Professeur Michel BOKO*, vol 1. Laboratoire Pierre PAGNEY-Climat, Eau, Écosystème et Développement (LACEEDE), Université d'Abomey-Calavi, pp. 276-290.

KOUASSI (A. M.), KOUAME (K. F.), KOFFI (Y. B.), DJE (K. B.), PATUREL (J. E.), SEKOUBA OULARE (S.), 2010. « Analyse de la variabilité climatique et de ses influences sur les régimes pluviométriques saisonniers en Afrique de l'Ouest : cas du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire » in *Cybergeo: European Journal of Geography, Environnement, Nature, Paysage*, document 513,. URL:http://cybergeo.revues.org/index23388.html.

KOUMASSI (D. H.), 2014. « *Risques hydroclimatiques et vulnérabilités des écosystèmes dans le bassin versant de la Sota à l'exutoire de Couberi* ». Thèse de doctorat unique, EDP/FLASH, 244 p.

LUBES-NIEL (H.), MASSON (J. M.), PATUREL (J. E.), SERVAT (E.), 1998. « Variabilité climatique et statistiques. Étude par simulation de la puissance et de la robustesse de quelques tests utilisés pour vérifier l'homogénéité de chroniques » in *Revue des Sciences de l'Eau*, n°3, pp. 383-408.

OGOUWALE (E.), 2006. *Changement climatique dans le Bénin méridional et central : indicateurs, scénarios et perspectives de la sécurité alimentaire*. Thèse de doctorat de géographie, Université d'Abomey-Calavi, 302 p.

OUEDRAOGO (E. K.), (2007). *Changements climatiques. Impacts sur les rendements du maïs au Burkina-Faso*. Mémoire d'ingénieur en agro-météorologie, Centre Régional AGRHYMET, Niamey, Niger 88 p.

Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature (MEPN), 2008. *Convention cadre des nations unies sur les changements climatiques*. Rapport, Cotonou, 81 p.

PETTITT (A. N.), 1979. *A non-parametric approach to the change-point problem*, 122 p.

RAUNET (M.), 2005. *Semis sous couvert végétal et changement climatique*. CIRAD [en ligne]. Novembre 2005 [consulté le 17.07.2019].

SAGNA (P.), CHABI (P. A. B.), DIOP C., YABI (I.), AFOUDA (F.), SANE (T.), 2016. « Migrations de l'équateur météorologiques, présence de mousson et précipitations au Bénin en 2014 » in *Mélanges en hommage aux Professeurs HOUSSOU C. S., HOUNDAGBA C. J. et THOMAS O.*, Vol. 1, pp. 404-417.

SANE (T.), DIOP (M.), SAGNA (P.), 2008. « Étude de la qualité de la saison pluvieuse en Haute-Casamance (Sud Sénégal) » in *Sécheresse*, n°19, vol. 1, pp. 23-28.

SARE (B. A.), TOTIN VODOUNON (S. H.), YABI (I.), HOUSSOU (C. S.), SINSIN (B), 2016. « Qualité de la saison pluvieuse dans la périphérie de la réserve de biosphère transfrontalière du w (Bénin) » in *Actes du Colloque en hommage au Professeur Michel BOKO, Vol 1*. Laboratoire Pierre PAGNEY-Climat, Eau, Écosystème et Développement (LACEEDE), Université d'Abomey-Calavi, pp. 384-392.

SHI (W.) & TAO (F.), 2014. « Vulnerability of African maize yield to climate change and variability during 1961-2010 » in *Food Sec*. n° 6, pp. 471-481.

TIDJANI (M. A.) & AKPONIKPE (P. B. I.), 2012 « Évaluation des stratégies paysannes d'adaptation aux changements climatiques : cas de la production du maïs au Nord-Bénin » in *African Crop Science Journal*, Vol. 20, Issue Supplement s2, pp. 425-441. ISSN 1021-9730.

TINYAR (S.), 2002. *Connaissance des pluies au Burkina Faso : Variabilité temporelle et épisodes secs en saison des pluies*. Mémoire de maîtrise en géographie, Université de Ouagadougou, 114 p.

VISSIN (E. W.), 2007. *Impact de la variabilité climatique et de la dynamique des états de surface sur les écoulements du bassin béninois*. Thèse de doctorat, Université de Bourgogne, 310 p.

ZAKARI (S.), YABI (I.), OGOUWALE (E.), BOKO (M.), 2012. « Analyse de quelques caractéristiques de la saison des pluies dans le Département du Borgou (Bénin, Afrique de l'ouest) ». *Actes de XXVème colloque de l'Association Internationale de Climatologie*, Grenoble, pp. 693-698.