Afrique SCIENCE *16(6) (2020) 169 - 187*
ISSN 1813-548X, http://www.afriquescience.net

Vulnérabilité de l'agriculture à l'évolution climatique dans le Département de l'Alibori, Bénin, Afrique de l'Ouest

Mahamadou Sabi Séko OROU SEKO[1*], Blaise T. DONOU[1], Bernadette ADOUGAN[1], Talahatou TABOU[1,2] et Euloge OGOUWALE[1]

[1] *Laboratoire Pierre PAGNEY, Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement, Université d'Abomey-Calavi 01 BP 526, Cotonou 01*
[2] *Laboratoire de Cartographie, (LaCarto) Université d'Abomey-Calavi, 10 BP 1082 Cotonou, Cadjèhoun, Bénin*

* Correspondance, courriel : *sabiseko1@gmail.com*

Résumé

L'agriculture en général et particulièrement la production végétale est l'activité dominante au Bénin et surtout dans les régions nord du pays. La présente recherche porte sur la vulnérabilité de l'agriculture à l'évolution du climat dans le département de l'Alibori. Les statistiques pluviométriques et thermométriques de quatre stations du département de l'Alibori de la période 1951 à 2015 ont permis d'étudier la tendance climatique. La moyenne, l'écart type, la moyenne mobile et les indices sont les outils d'analyse du climat qui ont permis de déterminer les rythmes climatiques. Le logiciel chronostat a servi à la détermination des ruptures de stationnarité des précipitations et des températures. Des analyses faites, il ressort que les précipitations ont connu une rupture de stationnarité en 1969 et 1978 pour les températures. On note à cet effet que de la période 1951-1969 à 1970-2015, les années extrêmement humides sont passées de 36,84 % à 6,11 % et les années extrêmement sèches de 3,95 % à 17,65 %. En outre, il est noté une augmentation respective de 1,06°C et de 0,63°C entre 1951-1978 et 1979-2015 des températures minimales et maximales. Cette tendance à la baisse des années humides et la hausse des températures affecte négativement la production agricole et accentue la vulnérabilité des producteurs.

Mots-clés : *Département de l'Alibori, évolution climatique, vulnérabilité.*

Abstract

Vulnerabilite of agriculture face climatic evolution in the department of Alibori (Benin, West Africa)

Agriculture in general and particularly crop production is the main activity; especially in the northern regions of Benin. This research focuses on the vulnerability of agriculture to climate change in Alibori department. The rainfall and thermometer statistics from four stations in the Alibori department from 1951 to 2015 were used to study the climate trend. The mean, standard deviation, moving average and signs are the climate analysis tools that helped determine climatic rhythms. The chronostat software was used to determine the breach in stationarity of precipitation and temperatures.

Thus, it appears from the analysis that precipitation has experienced a break in stationarity in 1969 and 1978 for temperatures. Therefore, it is noticed that from the period 1951-1969 to 1970-2015, the extremely damp years went from 36.84 % to 6.11 % and the extremely dry years from 3.95% to 17.65 %. In addition, there is a respective increase of 1.06 ° C and 0.63°C between 1951-1978 and 1979-2015 of the minimum and maximum temperatures. This downward trend in precipitation and rising temperatures negatively affects agricultural production and increases the vulnerability of producers.

Keywords : *Department of Alibori, climatic evolution, vulnerability.*

1. Introduction

L'Afrique représente le continent qui s'échauffe le plus rapidement et subit plus les effets néfastes des changements climatiques, bien qu'elle contribue pour très peu à l'émission des gaz à effet de serre, [1, 2]. Elle est la partie de la planète la plus vulnérable aux effets néfastes des changements climatiques et les manifestations sont observables de plusieurs manières telles que les inondations [1] et les effets sur les rendements agricoles des cultures [3, 4]. Ainsi, encore qualifiés de mythe par certains ou phénomènes faisant partie de la variabilité naturelle par d'autres, les changements climatiques actuels et prévus constituent un des nouveaux grands défis auxquels l'humanité est confrontée [5, 6]. Ils sont susceptibles d'affecter la majorité des systèmes humains et naturels et plus particulièrement ceux qui ont une forte dépendance au climat [7] dont l'agriculture qui est un secteur stratégique et vital pour l'économie des pays en développement [8, 9]. L'évolution de la pluviométrie en Afrique occidentale dans lequel s'intègre le Bénin est depuis les années 1970, 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 [10]. Cela constitue une préoccupation majeure pour les populations dans le contexte actuel des changements climatiques [11].

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 [12, 13]. En effet, le temps d'installation es précipitations devient court alors que la durée de croissance des cultures demeure la même [14]. Il est ainsi constaté que le mode de répartition des pluies évolue vers le retard pluvieux et le raccourcissement de l'unique saison pluvieuse ce qui accentue l'allongement de la période sèche et la perturbation des activités agricoles [14]. Ces dernières 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 [15]. De nos jours, l'agriculture subit le contre coup des contraintes climatiques, notamment les précipitations et les températures [16, 17] et la prévisibilité de plus en plus faible du climat à court et moyen termes, le renforcement des aléas et l'augmentation tendancielle de la sécheresse rendent vulnérables [18]. De plus, les séquences sèches de longue durée créent des déficits hydriques aux plantes, engendrent un retard de croissance, agissent sur les rendements et contribuent à l'aggravation de la vulnérabilité des producteurs [17]. Cette vulnérabilité de plus en plus forte est, selon [19], due à la configuration de l'agriculture béninoise qui est toujours à caractère traditionnel et pluvial où le transfert de technologies est limité et en même temps les capacités de mise en œuvre effective de politiques prospectives s'avèrent toujours inexistantes. L'objectif de cette recherche est d'analyser la vulnérabilité de l'agriculture à l'évolution climatique dans le département de l'Alibori.

2. Matériel et méthodes

2-1. Milieu de recherche

Le département de l'Alibori situé au Nord du Bénin 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)***.

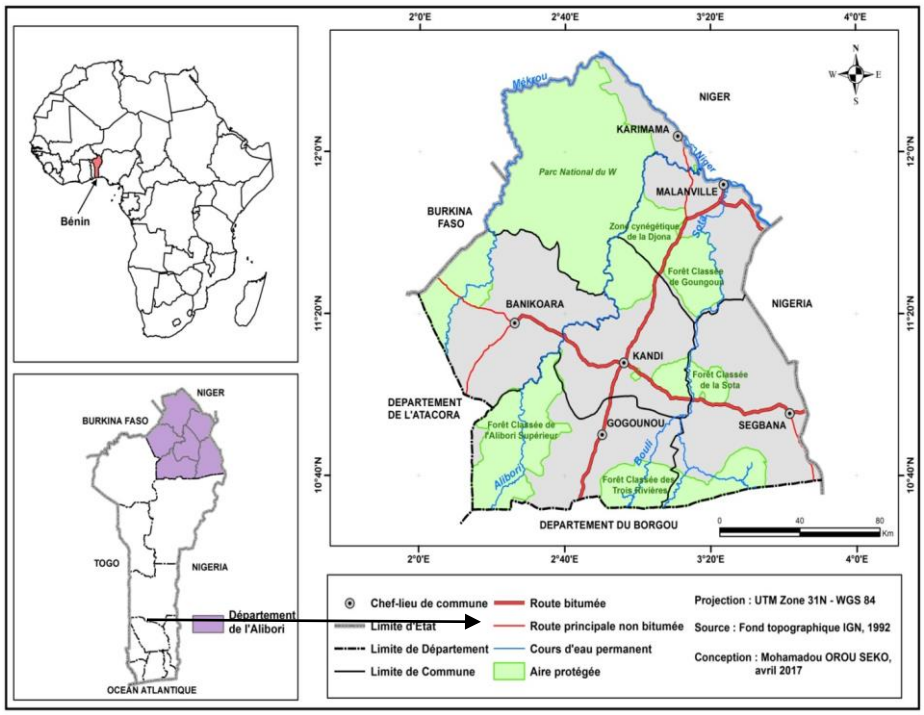

Figure 1 : *Situation géographique du département de l'Alibori*

Le département de l'Alibori 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.

2-2. Données

Les données collectées pour la réalisation de la présente recherche sont :

- les données climatologiques (ASECNA, 1951-2015) ;
- les statistiques agricoles (ONS, 2004-2014) ;
- les données socio-anthropologiques.

Le choix des Communes, des arrondissements et des ménages enquêtés est fondé sur un certain nombre de critères. Ainsi, sur les six (6) Communes que compte le département de l'Alibori quatre (4) ont été retenues pour les enquêtes de terrain, sept (7) arrondissements ont été parcourus. Le choix des Communes et des arrondissements est fait non seulement selon la taille des ménages agricoles mais aussi en tenant compte de l'intensité des activités agricoles dans ces milieux. Le choix des divers villages est quant à lui fondé sur leur accessibilité et le niveau d'implication des populations dans les activités agricole. Seul le chef de ménage fait l'objet d'investigations. Le choix des personnes questionnées repose sur au moins un des critères de choix non cumulatifs suivants : (i) être âgé d'au moins quarante (40) ans, (ii) avoir vécu dans la localité tout au moins les vingt (20) dernières années avant l'enquête et (iii) être un acteur de production agricole. Un échantillon **a**

été défini par Commune. La taille de l'échantillon a été définie par Commune en utilisant ***l'Equation (1)*** [20]

$$\beta = \frac{Z\alpha 2 \ \text{x pq}}{i^2} \qquad (1)$$

β = taille de l'échantillon ; Zα = 1,96 : Ecart 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 ; β =(1,96)² x p(1-p)/0,05². β a été déterminé pour quatre Communes sur les six du département de l'Alibori en raison du manque de données climatologiques dans les Communes de Karimama et de Gogounou sur la période d'analyse.

Au total, deux cent soixante-dix-neuf (279) chefs de ménages agricoles ont été interviewés dans les localités agricoles réparties sur les quatre (4) Communes du département de l'Alibori ***(Tableau 1)***.

Tableau 1 : *Localités d'enquête et unités d'observation dans le département de l'Alibori*

	Arrondissement	pop/agricole	Total des ménages agricoles	q	P	d2	Zα2	N	Nx 15/100
BANIKOARA	Kanderou	467	4 414	0,9	0,1	0,0	3,8	145,4	22
	Gbéniki	119	1 129	0,9	0,1	0,0	3,8	144,8	22
	Arbonga	380	4 914	0,9	0,1	0,0	3,8	106,3	16
MALAN VILLE	Garou I	815	3 551	0,9	0,1	0,0	3,8	129,1	19
	Guéné II	548	4 766	0,9	0,1	0,0	3,8	93,3	14
	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
	Alfakoara	739	3 589	0,8	0,2	0,0	3,8	94,5	14
	Koutaroukou	200	790	0,7	0,3	0,0	3,8	94,5	14
SEGBANA	Libantè	871	1 941	0,6	0,4	0,0	3,8	464,3	70
									279

2-3. Analyse de la vulnérabilité et des mutations agricole dans le département de l'Alibori

2-3-1. Matrice d'identification des pratiques agricoles

L'identification des pratiques agricoles dans le département de l'Alibori est faite à partir de la matrice utilisée par [21] ***(Tableau 2)***.

Tableau 2 : *Matrice d'identification et d'analyse des pratiques agricoles*

Année	Typologie de système cultural/Pratiques agricoles				Observations/ appréciation
	Traditionnelles	Améliorées	Disparues / rares	Apparues	
A_{n+1}					
A_{n+2}					
A_{n+3}					
A_{n+n}					

A_{n+1}= 1 ère année, A_{n+2}= 2 ème année, etc.
Source : [21] modifié par [22]

La matrice d'identification ***(Tableau 2)*** a permis de faire la synthèse et le diagnostic des données relatives aux pratiques agricoles dans le département de l'Alibori. Elle a permis d'analyser et d'apprécier l'évolution observée dans le rang des pratiques agricoles. Il a été question de savoir si les pratiques culturales développées au cours de la première année agricole sont identiques ou non à la 2ème année, 3ème année, 4ème année et nème année. Cette matrice permet de faire ressortir les dissemblances et les ressemblances [22].

2-3-2. Détermination du coefficient de Ruthemberg (R)

Pour mieux apprécier les systèmes culturaux les plus pratiqués dans le département de l'Alibori, le coefficient de Ruthenberg noté R a été calculé suivant la ***Formule*** :

$$R = \frac{(Nc)}{(Ut+Tj)} \times 100 \qquad (2)$$

Avec : Nc : le nombre d'années de mise en terre d'une culture ; Ut : la durée totale d'utilisation de la terre avant la jachère ; Tj : la durée de la jachère.

Les pratiques agricoles observées sur le terrain n'ont pas les mêmes degrés d'usage. Si la valeur de

- R > 66, on parle d'un système de culture permanente ;
- R < 33, on parle d'un système de culture itinérante ;
- 33 < R < 66, on parle d'un système de jachère.

Ce coefficient R permet dans un premier temps d'identifier le type de système cultural dominant dans une localité donnée [23 - 25].

2-3-3. Méthode d'analyse de la vulnérabilité des moyens d'existence aux tendances climatiques

Les données socio-anthropologiques constituées des opinions générales et des perceptions des populations relatives à la durée de la saison culturale et du démarrage des pluies ont été analysées statistiquement par le calcul du taux moyen de réponse. Sa ***Formule*** est :

$$F = \frac{100 \text{ x } \mathbf{S}}{\mathrm{N}} \qquad (3)$$

Avec : F : taux de réponse donnée pour une perception sur les tendances climatiques de l'Alibori, sur les moyens d'existence et sur la dynamique environnementale ; S : nombre de personnes ayant une même réponse; N : nombre total de personnes interviewées.

Ces analyses des données socio-anthropologiques ont été complétées par celles des statistiques pluviométriques qui ont permis de déterminer les dates de démarrage et de fin ainsi que la longueur saison culturale.

2-3-4. Impacts des risques climatiques sur l'agriculture

La matrice des risques climatiques proposée par l'Institut de la Banque Mondiale qui obéit à plusieurs étapes est utilisée. Cette recherche prend trois en compte en se référant aux études antérieures et à la documentation. Il s'agit de :

- L'identification des risques climatiques affectant les moyens d'existence dans le département de l'Alibori que sont l'augmentation de la température, le démarrage tardif des pluies, le raccourcissement des saisons des pluies, la sècheresse agronomique, inondations sporadiques et la prolifération des ravageurs ;
- La détermination des probabilités d'occurrence de ces différents risques ;
- L'identification des variables impactées ;

Les probabilités d'occurrence des différents risques ont été déterminées en s'appuyant sur celles proposées par le GIEC ***(Tableau 3)***.

Tableau 3 : *Différentes couleurs affectées aux probabilités*

Probabilité	Dénomination des probabilités	couleur
Supérieure à 95 %	Extrêmement probable	
Supérieure à 90 %	Très Probable	
Supérieure à 66 %	Probable	
Supérieure à 50 %	Peu probable	

Il découle de l'analyse du ***Tableau 3*** que les probabilités d'occurrence des risques varient de 50 % et 95 %. Un risque est dit "extrêmement probable" si sa probabilité d'occurrence est supérieure à 95 %, "très probable" si la probabilité est supérieure à 90 %, "probable" si elle supérieure à 66 % et "peu probable" si la probabilité est supérieure à 50 %. Les moyens d'existence pour ce travail concernent la production végétale, la production animale et le couvert végétal. Alors, suite aux enquêtes et de façon générale dans la documentation, ces deux variables sont retenues avec l'ajout de la végétation. Ces trois variables sont impactées par les risques climatiques majeurs ***(Tableau 4)***.

Tableau 4 : *Impacts des risques climatiques sur les variables*

Risques climatiques	**Production végétale**	**Production animale**	**Végétation**
Augmentation de la température			
Démarrage tardif de la Saison culturale			
Raccourcissement de la saison culturale			
Sècheresse agronomique			
Inondations sporadiques			
Prolifération des ravageurs			

3. Résultats

3-1. Variabilité pluviométrique interannuelle des sous séries 1951-1969 et 1970-2015

Les sous séries 1951-1969 et 1970-2015 présentent des caractéristiques différentes L'évolution des hauteurs de pluie sur les deux sous séries dans le département de l'Alibori est présentée par la ***Figure 2***.

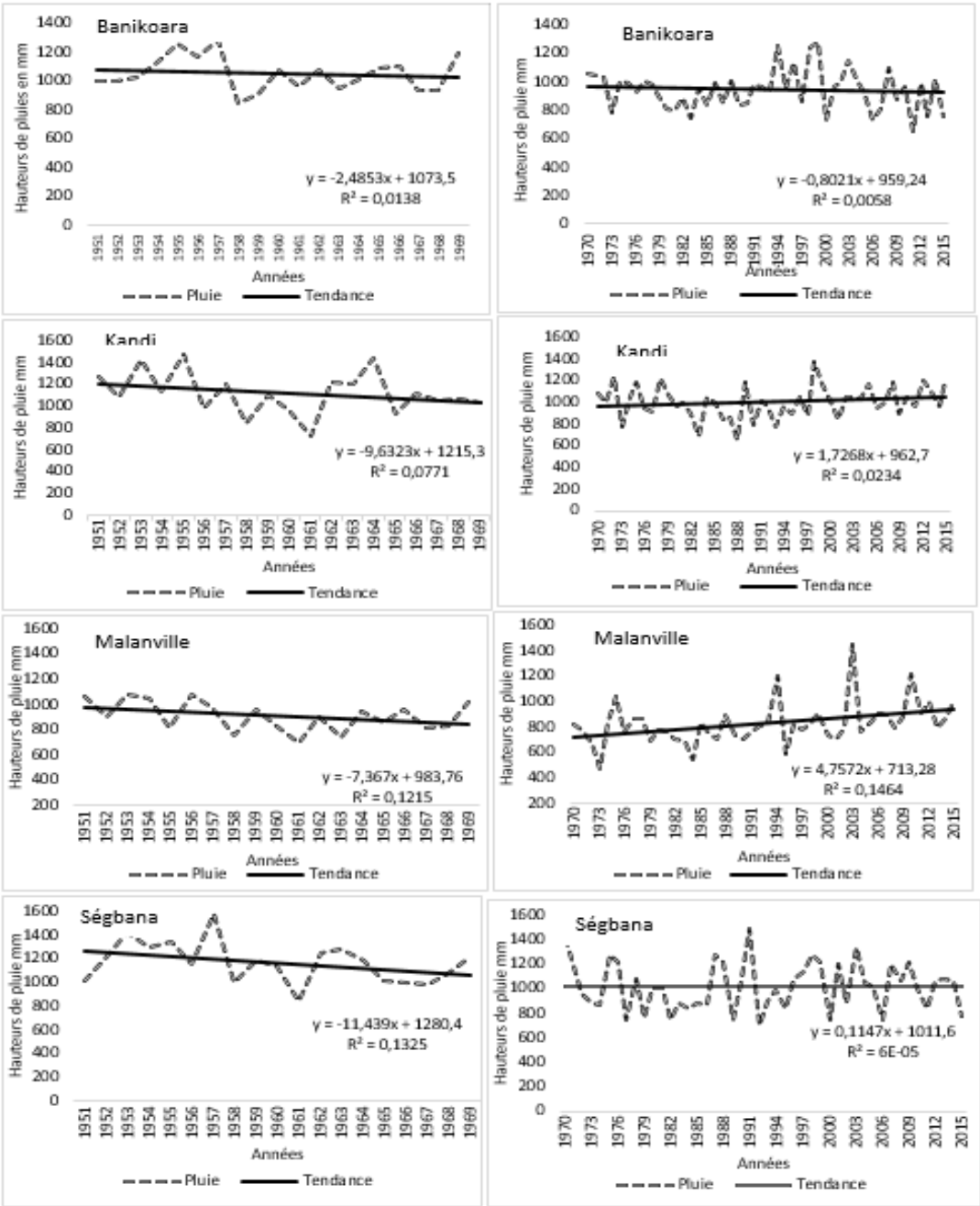

Figure 2 : *Tendance pluviométrique interannuelle dans le département de l'Alibori de 1951 à 1969 et de 1970 à 2015*
Source des données : ASECNA, 2016

De l'examen de la ***Figure 2***, il ressort que les stations de Banikoara, Kandi, Malanville et Ségbana ont respectivement une précipitation moyenne de 1048,66 mm, 1118,98 mm, 910,10 mm et 1166,05 mm au cours de la période 1951-1969. Mais de 1970 à 2015, ces précipitations moyennes sont respectivement passées à 940,39 mm, 1003,28 mm, 823,67 mm et 1014,32 mm. Il est ainsi noté une tendance à la baisse des précipitations au cours de la première période tandis que, la deuxième a une tendance à la hausse. Toutefois, en considérant les moyennes, on note que la deuxième période a été moins pluvieuse que la première.

3-2. Années d'extrêmes pluviométriques dans le département de l'Alibori

La ***Figure 3*** présente les représentations graphiques des rapports à la normale des précipitations des périodes 1951-1969 et 1970-2015.

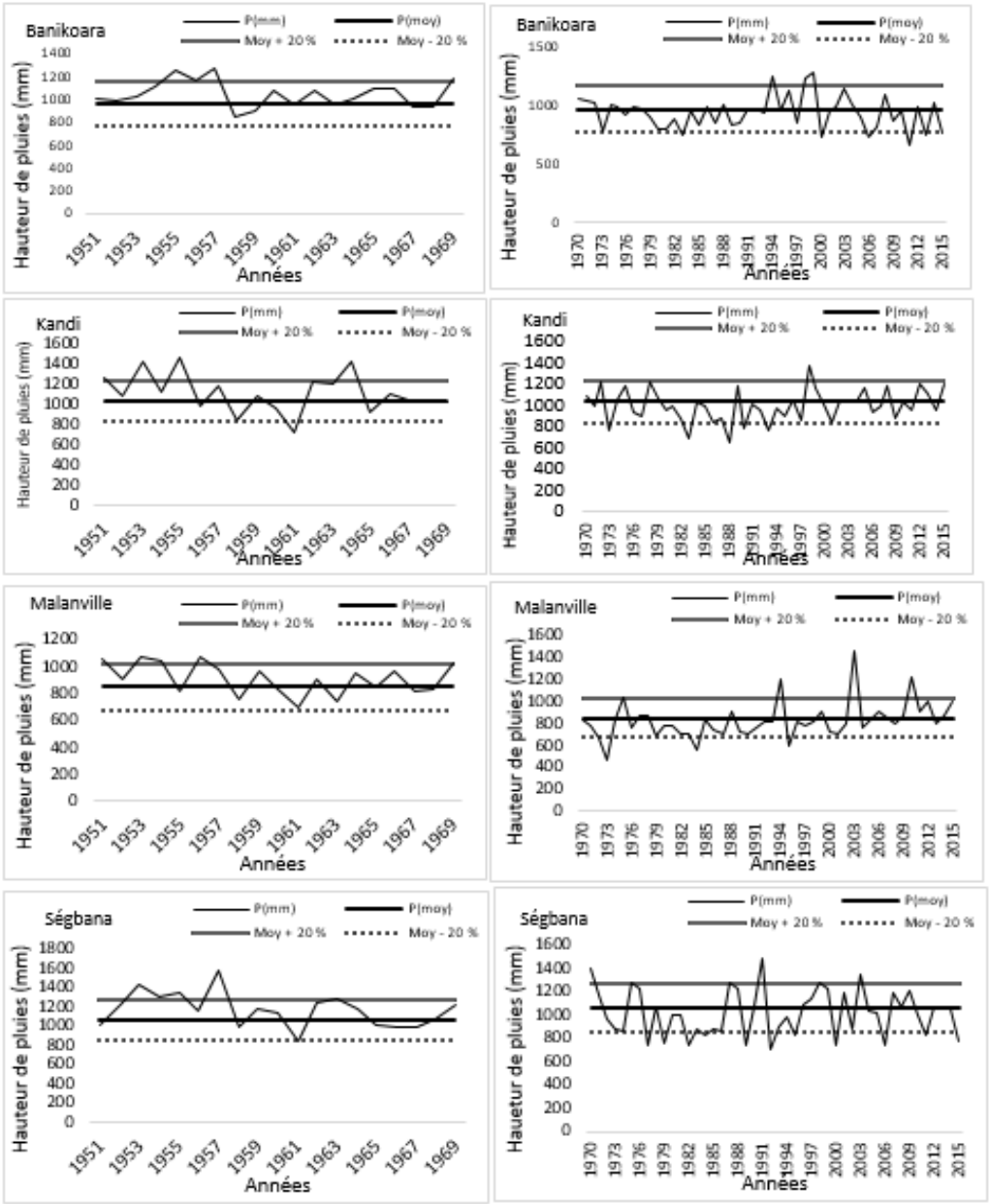

Figure 3 : *Rapports à la normale des précipitations de 1951-1969 et 1970-2015*

De l'examen des graphes de la ***Figure 3***, il ressort que les années extrêmement pluvieuses ont été moins fréquentes au cours de la deuxième période (1970-2015) que la première période (1951-1969), au niveau de toutes les stations. Au même moment, il est observé une fréquence élevée des années extrêmement sèches au cours de la deuxième période ***(Tableau 5)***.

Tableau 5 : *Evolution des années extrêmes entre 1951-1969 et 1970-2015*

Communes	Années extrêmement humides				Années extrêmement sèches			
	1951-1969		1970-2015		1951-1969		1970-2015	
Banikoara	1955 ; 1956 ; 1957 ; 1969	21,05 %	1996 ; 1999 ; 2003	6,67 %		0 %	1973 ; 1983 ; 2001 ; 2007 ; 2012 ; 2013 ; 2015	15,56 %
Kandi	1951 ; 1953 ; 1954 ; 1955 ; 1962 ; 1963 ; 1964	36,84 %	1972 ; 1978 ; 1998 ; 2012	8,89 %	1961 ; 1965	10,53 %	1973 ; 1982 ; 1983 ; 1986 ; 1987 ; 1988 ; 2001	15,56 %
Malanville	1951 ; 1953 ; 1954 ; 1956 ; 1969	26,32 %	1994 ; 2003 ; 2010 ; 2012	8,89 %		0 %	1973 ; 1984 ; 1987 ; 1989	6,15 %
Ségbana	1952 ; 1953 ; 1954 ; 1955 ; 1957 ; 1962 ; 1963 ; 1969 ; 1970 ; 1975 ; 1976 ; 1987	63,16 %		0 %	1961	5,26 %	1973 ; 1974 ; 1995 ; 1977 ; 1979 ; 1982 ; 2002 ; 1983 ; 1984 ; 1985 ; 1986 ; 1989 ; 1992 ; 1993 ; 2015	33,33 %
Moyenne	**36,84 %**		**6,11 %**		**3,95 %**		**17,65 %**	

L'examen des données du ***Tableau 5*** permet de réaliser qu'au cours de la période 1951-1969, la proportion des années extrêmement pluvieuses est considérable avec une moyenne de 36,84 % contre 6,11 % pour les années extrêmement sèches. Au cours de la deuxième période, les données ont pratiquement changé avec une chute des années extrêmement pluvieuses au profit de celles extrêmement sèches qui sont passées de 6,11 % (1951-1969) à 17,65 % (1970-2015).

3-3. Tendances thermométriques : Variabilité interannuelle des sous périodes 1951 à 1978 et 1979 à 2015

Les températures dans le département de l'Alibori ont connu une rupture de stationnarité. La comparaison des moyennes des sous séries 1951-1978 et 1979-2015 montre que la deuxième sous série a des températures plus élevées que la première ***(Figure 4)***.

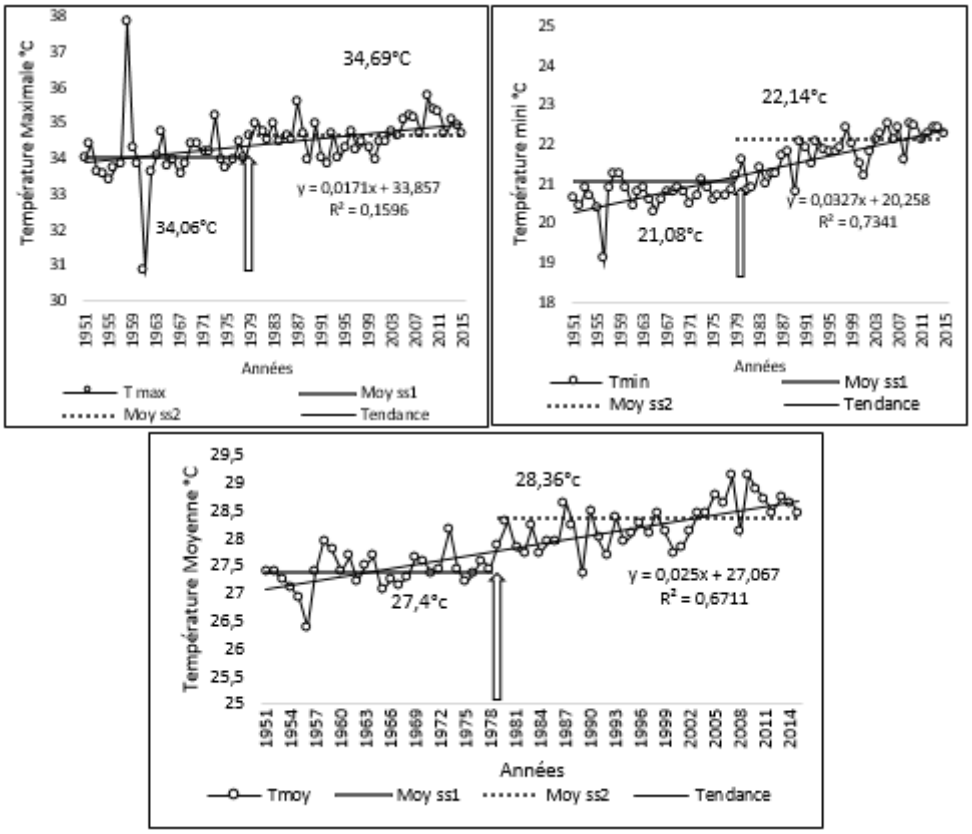

Figure 4 : *Evolution interannuelle des températures maximales, minimales et moyennes de 1951 à 2015*

De l'analyse de la ***Figure 4***, il est constaté une augmentation de la température au niveau de la deuxième sous série. Les températures maximale, minimale et moyenne sont respectivement passées de de 34,06°C, 21,08°C et 27,4°C entre 1951-1978 à respectivement 34,69°C, 22,14°C et 28,36°C entre 1979-2015. Particulièrement, la température minimale augmente plus vite que les autres (augmentation de 1,06°C). La température maximale a augmenté de 0,63°C et celle moyenne de 0,96°C.

3-4 Vulnérabilité des moyens d'existence

La vulnérabilité des moyens d'existence dans le département de l'Alibori est engendrée par les inondations sporadiques, les sécheresses agronomiques de plus en plus longues et fréquentes, à la prolifération des ravageurs des cultures, démarrage tardif des pluies, raccourcissement de la saison culturale et les vents violents.

3-4-1. Augmentation des températures

La déshydratation et le flétrissement des plantes sont dues à l'augmentation des températures. En plus le jaunissement des feuilles, la chute des capsules et le retard de croissance des plantes sont dus à cette situation observée dans le département de l'Alibori. Elles engendrent d'atroce chaleur ralentissant les activités agricoles et cause de véritable dommage aux cultures. Les producteurs sont fragilisés car, les années de mauvaises récoltes accentuent la dégradation de leurs conditions de vie. L'augmentation des températures favorise l'éclosion des ravageurs qui nuisent dangereusement à la croissance des cultures.

3-4-2. Prolifération des ravageurs

En production agricole, la lutte contre les insectes ravageurs est l'une des phases importantes qu'il faille réussir afin d'espérer un bon rendement agricole. Cela suscite inéluctablement l'usage des insecticides pour la maitrise ou la neutralisation de ces ravageurs/destructeurs. Les produits phytosanitaires utilisés pour le contrôle des ravageurs des cultures sont destinés spécifiquement pour la culture du coton. En cas d'attaques des autres cultures, ce sont les insecticides qui sont utilisés pour les traiter avec toutes les conséquences que cela pourrait avoir. Malgré l'existence en qualité et en quantité diverses de produits phytosanitaires, la maitrise des adventices et des ravageurs reste toujours très problématique ***(Photo 1)***.

Photo 1 : *Attaque du cotonnier et du maïs par Helocoverpa amigeria à Banikoara et à Ségbana*
Prise de vue : Orou Séko ; juin 2012

La ***Photo 1*** montre une capsule de coton et un épi de maïs. Il existe des chenilles spécifiques pour chaque phase de croissance des cultures. De la formation des bourgeons jusqu'à la formation des boules en passant par la floraison, apparaissent des ravageurs spécifiques. Le paysan devient impuissant devant l'attaque des ravageurs, le mauvais rendement, l'insécurité alimentaire et les maladies [3]. Il est à noter que dans le secteur d'étude, *Helicoverpa amigeria* reste le ravageur le plus dangereux en fonction des dommages crées par ces insectes.

3-4-3. Sécheresse prolongée

Les années extrêmement déficitaires font 11 % de l'ensemble durant la série 1951-2015. Elles font 6,11 % au cours de la période 1951-1969. Elles connaissent une forte occurrence ces trente dernières années et passent à 17,65 % au cours de la période 1970-2015. Cependant, les sécheresses impliquent de nombreux problèmes socio-économiques dont les effets sont souvent difficiles à résorber. Elles ont des répercussions directes sur le développement des cultures et les rendements agricoles selon 97,3 % des interviewés ***(Photo 2)***.

Photo 2 : *Champ de maïs en déficit hydrique dans la Commune de Banikoara*
Prise de vue : Orou Séko ; juin 2016

La ***Photo 2*** illustre un champ de maïs en déficit hydrique dans la Commune de Banikoara. Le maïs comme tous les autres plants souffrent lorsque les préfendums pluviométriques et thermométriques ne sont pas dans les normes utiles souhaitées. Les séquences sèches très longues créent des déficits hydriques aux plantes. Cette situation engendre un retard de croissance, agit directement sur les rendements et contribue à la dégradation continue des conditions de vie des populations. La fréquence et l'ampleur de plus en plus grande des séquences sèches de longue durée ont des répercussions sur les activités culturales et causent le tarissement rapide des cours d'eau ***(Photo 3)***.

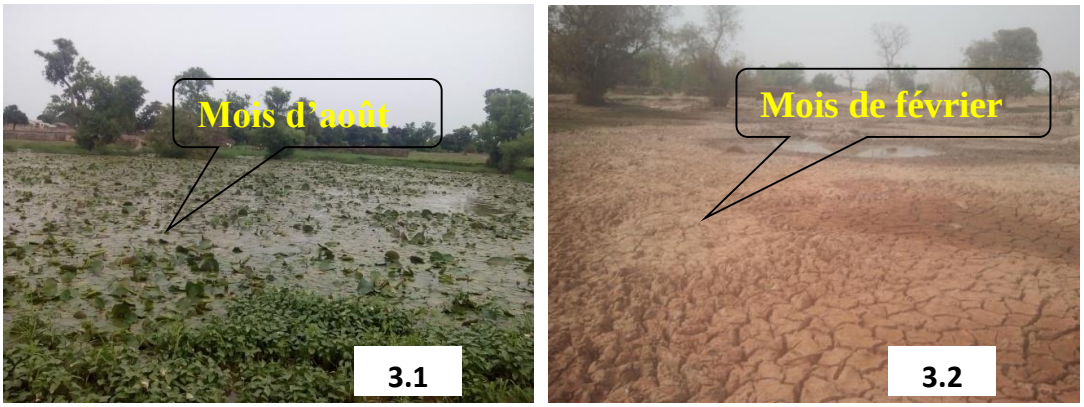

Photo 3 : *Niveau de l'eau dans le marigot à caïman à Goumori*
Prise de vue : Orou Séko, août 2016 ; février 2017

Les ***photos 3.1*** et ***3.2*** montrent le marigot à caïman de l'arrondissement de Goumori (Commune de Banikoara) pris en deux périodes différentes. La ***photo 3.1*** prise en saison pluvieuse montre la disponibilité de l'eau pour l'alimentation des animaux avec également possibilité de pratique des activités de pêche. Celle en ***3.2*** prise au cours de la saison sèche montre ce marigot complètement aride sans aucune chance d'abreuver les animaux et ne donne aucune chance de pratique d'activités.

3-4-4. Démarrage tardif des pluies et raccourcissement de la saison

L'analyse faite des données socio-anthropologiques et des statistiques pluviométriques montre que les pluies connaissent de plus en plus des démarrages tardifs et des fins précoces causant un raccourcissement de la longueur de la saison culturale. Pour 70 % des interviewés, les saisons culturales sont de plus en plus

caractérisées les faux départs pluviométriques et l'installation tardive de la saison pluvieuse. La satisfaction des besoins hydriques des spéculations à cycle long devient très problématique. De plus, le démarrage tardif des pluies diminue la capacité des producteurs à emblaver les superficies prévues au cours de ladite saison. Le raccourcissement de la saison pluvieuse se manifeste non seulement par le démarrage tardif des pluies mais également par l'interruption précoce et inattendue des précipitations. L'arrêt précoce des pluies cause parfois l'absence totale de récolte, inquiète et fragilise plus les agriculteurs. Selon soixante-douze pour cent des agriculteurs, cet arrêt est devenu fréquent au cours de ces dernières décennies et induisant leur émigration vers d'autres Communes et pays.

3-4-5. Inondations sporadiques des champs

L'occurrence des années extrêmement humides n'est pas de nature à favoriser le bon déroulement des activités agricoles. L'analyse des statistiques pluviométriques montre que de 1951 à 2015, 20 % des années sont extrêmement humides. Ces modifications du cycle normal des précipitations créent d'énormes dégâts des cultures. Particulièrement, les inondations affectent les ressources humaines, les infrastructures, les moyens de subsistance et les activités génératrices de revenus ***(Photo 4)***.

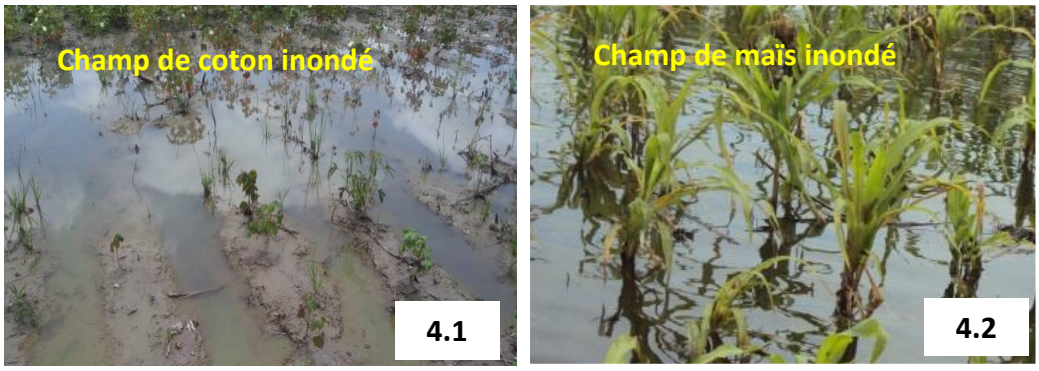

Photo 4 : *Champs inondés à Malanville dans l'arrondissement de Guéné*
Prise de vue : Orou Séko, Septembre 2016

La ***Photo 4*** montre les plus importantes spéculations cultivées dans le secteur. Ces cultures sont touchées par les inondations sporadiques qui parfois viennent avec une sévérité sans précédent. Pour sa croissance, le cotonnier a par exemple besoin d'une température variant entre 25° et 35°C et d'une précipitation variant entre 700-1300 mm. Les pluies abondantes et violentes de la campagne 2007-2008 ont sérieusement affectées la production agricole et ont augmenté les charges de production selon 45 % des producteurs.

3-4-6. Violence des vents

Chaque année, des pertes de récolte sont enregistrées suite à la propagation des vents violents et incontrôlés. La violence du vent se fait donc observée en début de saison de pluie et créant d'énormes dégâts des cultures et aux habitations dans le département de l'Alibori.

3-5 Risques climatiques et variables affectées

Les manifestations des risques climatiques identifiés dans le département de l'Alibori se présentent diversement sur la production végétale, animale et sur la végétation sont présentées dans le ***Tableau 6***.

Tableau 6 : *Impacts des risques des tendances climatique et démographique sur les variables*

Risques climatiques	Moyens d'existence		
	Production végétale	**Production animale**	**Végétation**
Augmentation de la température	Chute des capsules des cultures, flétrissure des plants, baisse des rendements	Forte occurrence de certaines maladies, fréquence de la trypanosome bovine	Stress hydrique et thermique accru des plantes, augmentation de l'évapotranspiration
Prolifération des ravageurs	Destruction des cultures, augmentation des coûts de production	Concurrence et destruction du fourrage destiné à l'alimentation des animaux	Destruction du couvert végétal
Sècheresse agronomique	Chute des capsules des cultures, flétrissure des plants, baisse des rendements	Tarissement des points d'eau, manque de fourrage	stress hydrique des plantes accru, accroissement des feux de brousse, mortalité du couvert végétal
Démarrage tardif de la saison	Retard des activités culturales,	Baisse accrue de l'humidité du sol	Baisse des rendements
Raccourcissement de la saison	Disponibilité en eau réduite	Baisse accrue de l'humidité du sol	Baisse des rendements
Inondations sporadiques	Destruction et pourrissement des cultures, baisse drastique des rendements	Occupation par l'eau des espaces de pâturage, développement de la fièvre aphteuse	Déracinement des arbres et/ou arbustes, pourrissement des essences végétales
Vents violents	Destruction des feuilles, fleurs et capsule des cultures	Contamination des troupeaux par les maladies épidémiques	Déracinement des arbres (chablis),

Légende

	Extrêmement probable
	Très probable
	Probable

L'identification et la classification des risques climatiques présentés par le tableau a permis de tirer des conclusions quant à leurs impacts sur les moyens d'existence. L'augmentation des températures, les inondations sporadiques, la prolifération des ravageurs, la sécheresse, la rupture des pluies, le retard du démarrage des pluies constituent les risques climatiques fréquents causant d'énormes pertes aux producteurs.

3-6. Vulnérabilité socioéconomique des moyens d'existence

En dehors des faiblesses d'ordre techniques qui rendent complexe la production agricole dans le département de l'Alibori, les variabilités climatiques viennent exacerbées la vulnérabilité des moyens d'existence et dégradent la situation socio-économique des producteurs ***(Figure 5)***.

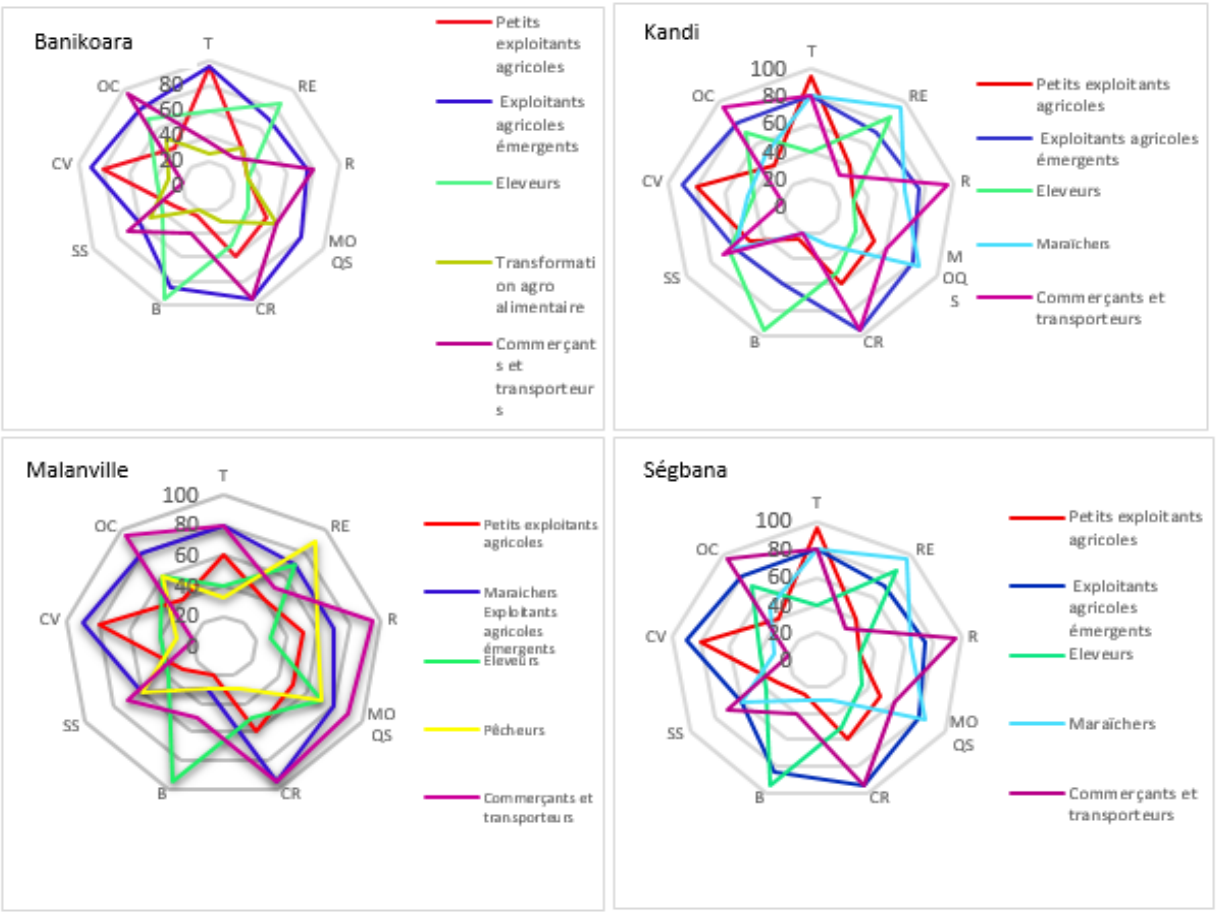

Figure 5 : *Diagramme de vulnérabilité socio-économique des moyens d'existence dans le département de l'Alibori*

Légende : T = Terres ; RE = Ressources en eau ; R = Routes ; MOQS = Main d'œuvre qualifiée ou saisonnière ;CR = Cultures de rente ; B = Bétail ; SS = Services sociaux ; CV = Cultures vivrières ; OC = Organisations communautaires

De l'observation de la ***Figure 5***, il ressort que dans la Commune de Malanville les pêcheurs sont sujets à la vulnérabilité socio-économique. A Ségbana et à Kandi, les maraîchers sont vulnérables à l'accès à la terre, aux ressources en eau, à la main d'œuvre qualifiée et spécialisée et aussi à l'accès aux services sociaux. A Banikoara, c'est surtout l'accès aux terres agricoles et routes qui de sérieux problèmes aux exploitants agricoles émergents. Dans tout le secteur, les éleveurs sont quant à eux vulnérables à l'accès aux ressources eau. Le niveau de vulnérabilité des moyens d'existence varie d'une Commune à une autre ***(Tableau 7)***.

Tableau 7 : *Classement des groupes sociaux, suivant l'ordre décroissant de vulnérabilité*

	Banikoara	Kandi	Malanville	Ségbana
Les groupes sociaux économiquement vulnérables	1. Exploitants agricoles émergents 2. Petits exploitants agricoles 3. Eleveurs 4. Commerçants et transporteurs	1. Exploitants agricoles émergents 2. Maraîchers 3. Petits exploitants agricoles 4. Eleveurs	1. Petits exploitants agricoles 2. Pêcheurs 3. Eleveurs 4. Maraîchers et exploitants agricoles émergents	1. Exploitants agricoles émergents 2. Maraîchers 3. Petits exploitants agricoles 4. Eleveurs

Le ***Tableau*** fait apparaître que les groupes sociaux les plus sujets à la vulnérabilité socio-économique selon Communes. Ce sont les exploitants agricoles émergents, exploitants agricoles, les éleveurs et les maraîchers. Excepté Malanville, les petits exploitants agricoles des autres Communes sont vulnérables à l'accès à la terre. Dans l'ensemble, les exploitants agricoles émergents sont non seulement vulnérables à l'accès à la terre, mais aussi aux ressources financières. Les éleveurs quant à eux sont dans toutes les Communes vulnérables à l'accès aux voies de communication et aux ressources en eau.

4. Discussion

La problématique examinée dans cette recherche est axée sur la vulnérabilité agricole face à l'évolution climatique. L'interprétation des statistiques climatologiques traitées et analysées révèlent que le secteur de recherche est caractérisé par une variabilité climatique qui affecte négativement la production végétale, animale et halieutique. C'est pourquoi [14] estiment que l'évolution climatique dans le département de l'Alibori est caractérisée par des variabilités climatiques qui affectent dangereusement la production agricole avec comme conséquence la baisse des rendements et la dégradation des conditions existentielles des populations. Ces résultats confirment ceux de [26] et [2] qui après un examen de la littérature existante, constatent que les changements climatiques affectent négativement les petits exploitants agricoles en Afrique de l'Ouest puisque leurs moyens d'existence sont basés sur l'agriculture pluviale qui est directement liée aux facteurs climatiques et représente le pilier de l'économie nationale dans les pays de cette sous-région. En comparant les périodes pluviométriques 1951-1969 et 1970-2015, il est observé dans le département de l'Alibori une baisse des précipitations de 115,54 mm. Ce constat corrobore ceux de [27] et [17]. Dans ce même sens, [28] sont allée plus en détail et ont constaté après une analyse comparative dans les trois zones climatiques du Bénin, une augmentation significative de la température moyenne de plus de 1°C, une diminution perceptible de la pluviométrie de -5,5 mm/an en moyenne et du nombre moyen annuel de jours de pluie entre 1960 et 2008. Aussi, les résultats obtenus par [29] ne sont pas à l'antipode de ceux obtenus dans cette recherche. Ces derniers pensent par-dessus tout que, 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. Nombre des conséquences des changements climatiques sont déjà visibles au niveau des secteurs les plus vitaux tels que l'agriculture et l'élevage [2, 30]. En outre, la grande vulnérabilité de la production agricole dans le secteur s'explique par le raccourcissement de la saison des pluies dû aux démarrages tardifs et fins précoces des saisons culturales. Cette vision est amplement partagée par [17] qui constate qu'en cas de raccourcissement de la saison pluviale, la satisfaction

des besoins hydriques des spéculations à cycle long n'est pas respectée. De plus, pour [14], Les séquences sèches qui sporadiquement interviennent parfois après les semis occasionnent le pourrissement des graines et crées un fossé d'écartement entre les lignes et entre les poquets. Dans le même sens, [31] 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. Cette situation aura pour conséquence immédiate l'aggravation de la vulnérabilité agricole et l'accentuation de la dégradation des conditions existentielles des populations. Outre la baisse des précipitations, le raccourcissement des saisons de pluies et les séquences sèches de longue durée, le secteur est touché par d'autres risques climatiques non moins importants dont l'augmentation de la température. Dans ce sens, plusieurs études réalisées ont montré que la température ambiante globale de la surface de la Terre a augmenté de 0,74°C comparée à celle du siècle dernier [3, 7, 32] et que l'Afrique subsaharienne est une zone à risque en ce qui concerne le réchauffement climatique [33] puisqu'une augmentation d'environ 2,1°C de la température à la surface ambiante de l'air est prévue à l'horizon 2050 [34]. Dans les résultats de recherche de sa thèse de doctorat, [17] est parvenu aux mêmes conclusions en constatant que la déshydratation et le flétrissement des plantes, le jaunissement des feuilles, la chute des capsules et le retard de croissance des plantes sont dus non seulement aux séquences sèches très longues, mais aussi et surtout à l'augmentation des températures. Une augmentation de 0,96°C des températures moyennes entre 1951-1978 et 1979-2015. Cette situation d'instabilité pluviométrique et thermométrique accroît la vulnérabilité de l'agriculture qui est la principale activité dans le département. De façon générale, la production agricole est affectée par les risques plausibles identifiés notamment : l'augmentation de la température, la prolifération des ravageurs, le démarrage tardif des pluies, le raccourcissement de la saison culturale, les sécheresses et les inondations sporadiques.

5. Conclusion

L'agriculture dans le Nord Bénin et surtout dans le département de l'Alibori constitue le principal moyen de subsistance des populations. La question de la vulnérabilité de l'agriculture est une préoccupation importante qui réunit de plus en plus les chercheurs et les institutions de développement. Les variabilités climatiques dans le secteur de recherche touchent négativement l'agriculture dans sa généralité. Il y est noté au cours de la période 1951-2015, 20 % des années extrêmement humides et 11 % des années extrêmement sèches. Toutefois, la comparaison des périodes 1951-1969 et 1970-2015 montre une tendance à la baisse des années extrêmement humides et une apparition de plus en plus fréquente des années extrêmement sèches. La vulnérabilité des moyens d'existence est selon les agriculteurs due aux inondations sporadiques, aux sécheresses agronomiques de plus en plus longues et fréquentes, à la prolifération des ravageurs, au démarrage tardif des pluies, au raccourcissement de la saison culturale et aux vents violents. Particulièrement, la hausse de la température moyenne (plus 0,96°C) observée favorise l'éclosion des ravageurs, contraint les producteurs à utiliser abusivement les produits phytosanitaires ; une pratique qui augmente la charge de production. Toutes les perturbations climatiques observées dans le département de l'Alibori occasionnent de grand bouleversement des activités agricoles avec des pertes de récoltes et la dégradation des conditions de vie des populations. Par ailleurs, les stratégies nouvelles développées par les producteurs témoignent de leur connaissance de la vulnérabilité à l'évolution climatique dans le département de l'Alibori.

Références

[1] - S. E. NICHOLSON, *ISRN Meteorology,* (2013) 1 - 32

[2] - L. NIANG, O. C. RUPPEL & M. A. ABDRABO, V. R. BARROS, C. B. FIELD, D. J. DOKKEN, *Cambridge University Press*, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, (2014) 1199 - 1265

[3] - O. TEKA, G. L. HOUESSOU, M. OUMOROU, J. VOGT & B. SINSIN, *International Journal of Climate Change and Strategies Management*. 5 (2), (2013) 166-180

[4] - L. M. BRAMAN, M. K. VAN AALST & S. I. MASON, *Disaste.s*, 37 (2013) 144 - 164

[5] - O. M. KOLAWOLÉ, K. T. AYAYI, A. B. OLAYEMI, A. L. AKOH, *International archives of medicine*, 4 (10) (2011) 4 - 10

[6] - J. COOK, D. NUCCITELLI, S. A. GREEN, M. RICHARDSON, B. WINKLER, *Biological conservation,* 97 (2013) 207 - 213

[7] - IPCC, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, (2013) 1585 p.

[8] - D. B. LOBELL & M. B. BURKE, *Agricultural and Forest Meteorology,* 150 (2010) 1443 - 1452

[9] - R. N. YEGBEMEY, G. BIAOU, J. A. YABI & S. H. E. KOKOYE, In International Perspectives on Climate Change, DOI: 10.1007/978-3-319-04489-7 (2014) 16 p.

[10] - D. J. KODJA, "Le système climatique planétaire dans lequel s'inscrit l'Afrique de l'Ouest et le Bénin en particulier, subit des modifications à grande échelle qui restent amplifiées par les facteurs naturels et anthropiques tant régionaux, que locaux", mémoire de DEA, UAC/FLASH/DGAT, (2013), 108 p.

[11] - P. SAGNA, P. A. B. CHABI, C. DIOP, I. YABI, F. AFOUDA et T. SANE, in Mélanges en hommages aux Professeurs C. S. HOUSSOU, C. J. HOUNDAGBA et O. THOMAS, Vol 1, (2016) 404 - 417

[12] - E. OGOUWALE, "Changements climatiques dans le Bénin méridional et central : indicateurs, scénarios et prospective de la sécurité alimentaire", Thèse de doctorat unique, LECREDE/ FLASH/ EDP/ UAC, (2006) 302 p.

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

[14] - S. S. M. OROU SEKO et E. OGOUWALE, Actes du colloque en hommage aux professeurs Bonaventure Maurice MENGHO et Marie-Joseph SAMBA KIMBATA, *Baluki, Tome I, (3ème année), n°5, Vol. III, ISSN ID (2620748)*, Université Marien NGOUABI, Brazaville, Congo, (LAGEA), (2019)/237 - 253

[15] - S. S. M. OROU SEKO, T. TABOU et E. OGOUWALE, *Revue de Géographie de l'Université de Ouagadougou,* N°08, Volume 1, (2019) 43 - 63

[16] - A. M. KOUASSI, K. F. KOUAME, K. E. AHOUSSI, OULARE S. et J. BIEMI, *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, Vol.20, (2012) 124 - 146

[17] - S. S. M. OROU SEKO, "Implications agroenvironnementales des tendances climatique et démographique dans le Département de l'Alibori au Bénin", Thèse de doctorat unique, LECREDE/FASHS/EDP/UAC, (2019), 229 p.

[18] - M-J. DUGUE, www.avsf.org (2012) 50 p.

[19] - M. S. Issa, "Changements climatiques et agrosystèmes dans le moyen Bénin : Impacts et stratégies d'adaptation", Thèse de doctorat unique de géographie, EDP/FLASH/UAC, (2012), 278 p.

[20] - - D. SCHWARTZ, 4ème édition. *Editions médicales Flammarion*, Paris, (1995), 314 p.

[21] - OCDE, France, rue André Pascal, 75775 PARIS CEDEX 16 - N° 80712, (2000) 149 p.

[22] - G. WOKOU, "Croissance démographique, évolution climatique et mutations agricoles et environnementales dans le bassin versant du Zou au Bénin", Thèse de doctorat unique, EDP/FLASH/UAC, (2014), 252 p.

[23] - H. RUTHENBERG, *Oxford University press*, 3rd edition, (1980), 235 p.

[24] - B. TENTE et B. SINSIN, *Vég. Burkina-Faso*, (2002) 31 - 42
[25] - B. FANGNON "Qualité des sols, systèmes de production agricole et impacts environnementaux et socioéconomique dans le département du Couffo au sud du Bénin", Thèse de doctorat unique, EDP/FLASH/UAC, (2012), 303 p.
[26] - A. JALLOH, G. C. NELSON & T. S. THOMAS, International Food Policy Research Institute, IFPRI Research Monograph Washington, DC 20006-1002, USA, (2013) pp. 323 - 352
[27] - B. A. SARE, S. H. TOTIN VODOUNON, I. YABI, C. S. HOUSSOU, B. SINSIN, Colloque en hommage au Professeur MICHEL BOKO, Vol.1, (2016) 384 - 392
[28] - C. P. GNANGLE, R. GLELE KAKAÏ, A. E. ASSOGBADJO, S. VODOUNNON, J. A. YABI, N. SOKPON, *Climatologie*, 8(2011) 27 - 40
[29] - M. A. TIDJANI et P. B. I. AKPONIKPE, in *African Crop Science Journal*, Vol.20, Issue Supplements2, ISSN 1021-9730(2012) 425 - 441
[30] - M. BELLO, S. E. SALAU & O. E. GALADIMA, Knowledge, *Sustainable Agriculture Research*, 2 (2013) 107-117
[31] - K. SALVI, S. KARMAN & S. GHOSH, 4 th International Conference on Environmental and Computer Science, *IACSIT Press*, (2011), 7 - 11
[32] - J. H. KOTIR, *Environment, Development and Sustainability*, 13 (2011) 587 - 605
[33] - C. MÜLLER & R. D. ROBERTSON, *Agricultural Economies*, 45 (2014) 37 - 50
[34] - J. E. CAIRNS, J. HELLIN & K. SONDER, *Food Security*, 5 (2013) 345 - 360