International Journal of Strategic Management and Economic Studies (IJSMES)
ISSN: 2791-299X

Changement climatique et production agricole au Bénin

Kocou valentin Gaston HOUNKPE[1], Augustin Foster CHABOSSOU [2],

[1] **Doctorant à l'université d'Abomey-Calavi**

[2] **Enseignant Professeur à l'université d'Abomey-Calavi**

Résumé : Le changement climatique est réel et constitue menace sérieuse pour l'humanité tout entière dont les populations sont victimes, car elles dépendent essentiellement de l'agriculture pour leur subsistance. Cette étude a pour objectif d'analyser l'impact du changement climatique sur la production agricole au Bénin. En recourant à un modèle ARDL (AutoRegressive Distributed Lag/ARDL), les résultats empiriques révèlent qu'à long terme, la température est négativement corrélée à la production agricole tandis que la pluviométrie est positivement corrélée à la production agricole. Il apparaît dès lors essentiel de renforcer les politiques visant à promouvoir les stratégies d'adaptation, notamment en améliorant l'accès des agriculteurs aux outils et aux ressources nécessaires pour faire face aux effets du changement climatique.

Mots-clés: Changement climatique ; production agricole ; ARDL ; Bénin

Digital Object Identifier (DOI): https://doi.org/**10.5281/zenodo.15575092**

Published in: Volume 4 Issue 3

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

1. Introduction

Le changement climatique constitue l'un des facteurs qui peuvent aggraver la production agricole ces dernières décennies (Nonvidé et Akpa, 2023 ; Soglo et al., 2019 ; Leclère et al., 2014 ; Parry et al., 2004). En effet, il se manifeste par des phénomènes météorologiques extrêmes tels que les cyclones, les inondations et les sécheresses, qui ont des effets dévastateurs sur les cultures, les infrastructures et les moyens de subsistance des populations (GIEC, 2021, 2014, 2007). Ces événements peuvent entraîner des pertes de récoltes, des dommages aux infrastructures alimentaires et des déplacements de population, ce qui aggrave la sous-alimentation (Ali et al., 2017 ; Leclère et al., 2014 ; Parry et al., 2004; Nordhaus, 1993). La pauvreté apparaît beaucoup plus comme un phénomène rural au Bénin, dans un

contexte économique principalement caractérisé par la prépondérance du secteur agricole (EMICoV, 2015). Le secteur agricole béninois dispose d'atouts importants pour l'émergence et le développement d'entreprises performantes, ainsi que d'un fort potentiel pour contribuer à la croissance économique du pays. Ce secteur productif est marqué par la prédominance des exploitations agricoles familiales et par une forte vulnérabilité face à la variabilité climatique. Les revenus et la productivité y demeurent faibles, et la main-d'oeuvre n'est que partiellement valorisée, ce qui rend les produits agricoles peu compétitifs. Par ailleurs, la majorité des exploitants agricoles utilisent peu d'intrants améliorés et ont recours à des pratiques d'exploitation minière qui accentuent la dégradation des ressources naturelles.

La question de l'offre agricole a été de tout temps une préoccupation des économistes. En remontant dans le temps, plus précisément au 18e siècle, les différents courants de pensée mettaient déjà au centre de leurs analyses la terre comme « la principale source de la valeur ».

Au cours du temps, plusieurs approches ont été proposées dans la littérature afin d'expliquer la variabilité de la production agricole. On peut relever, pour l'essentiel, l'approche fonction de production, l'approche ricardienne des rendements de culture ou l'approche structurelle.
S'agissant de l'approche fonction de production, met en évidence le lien entre la production (ou le rendement) de la culture et son environnement biophysique. Elle permet de mesurer la réponse des cultures face aux mutations climatiques de leur environnement et sur leurs besoins en intrants (luminosité, pesticides, herbicides, engrais, etc.). Toutefois, elle présente certaines limites car elle a tendance à surestimer les dommages du changement climatique.
De plus, l'approche ricardienne des rendements agricoles tire son nom de la théorie de la rente foncière, selon laquelle cette reflète la productivité nette des terres agricoles. Ainsi, la valeur des terres agricoles conduit à la valeur actualisée des productivités nette future (Mendelsohn et al., 1994). Elle repose sur l'hypothèse d'efficience de marché et prend en compte les mesures d'adaptation des agriculteurs face au climat, car la valeur des terres agricoles reflète la valeur actualisée des revenus futurs issus de l'exploitation la plus productive de la terre.
Cette approche met en lumière l'effet du climat sur la valeur des terres et le rendement agricole. En d'autres termes, cette théorie permet d'analyser l'effet des modifications climatiques sur la rente foncière qui est théoriquement un élément d'appréciation de la valeur ajoutée dégagée par l'activité agricole, Mendelsohn et al, (1994). Elle présente l'avantage d'intégrer implicitement les mesures d'adaptations aux conditions climatiques locales. Car, un producteur dit rationnel doit être proactif dans la gestion de sa terre, minimisant ses pertes en s'adaptant face aux impacts négatifs et maximisant ses profits en capitalisant sur les effets positifs des changements climatiques sur ses activités.
En effet, l'approche ricardienne vient corriger le biais lié à l'approche par la fonction de production, en évaluant l'impact direct du climat sur les revenus agricoles en tenant compte des adaptations potentielles aux changements climatiques (substitutions indirectes des intrants, introduction des nouvelles cultures, introduction de nouvelles activités, etc.).
Par contre, l'approche structurelle permet de simuler la réponse des cultures grâce aux modèles interdisciplinaires tout en se basant sur les effets estimés pour simuler les changements dans la production. Cette approche méthodologique présente des avantages, dans la mesure où elle fournit des informations détaillées sur les réponses physiques, biologiques et économiques des cultures ainsi que les ajustements possibles.
Dans le prolongement de ces travaux, des analyses théoriques en termes de pays ou groupes de pays ont été effectuées. On peut mentionner, par exemple, les travaux de Cline (2007), Egbendewe et al., (2017), Mendelsohn et Kurukurusariya (2007). Ces auteurs s'intéressent au cas de l'Afrique et admettent sans équivoque que le changement climatique affecte

négativement l'agriculture à cause des fortes augmentations des températures et des pluies ou encore à cause de la rareté des pluies à certains endroits, ce qui décime des récoltes entières. A côté de ceux-ci, des auteurs comme Rosenzweig et Parry (1994), Rosenzweig et Iglesias (1994), Mendelshon et al. (1994) axé essentiellement leurs travaux sur les pays occidentaux et ils ont abouti aux résultats selon lesquels les effets du changement climatique sur la production agricole sont faibles dans ces pays en raison des politiques de résilience mises en place.

Plusieurs études ont montré la relation existante entre le changement climatique et la production agricole.

Ouedraogo (2012) a utilisé l'approche transversale ricardienne pour mesurer la relation entre le climat et les revenus nets des cultures au Burkina Faso. Cette étude a examiné l'impact de plusieurs variables, notamment le climat, le sol, les indicateurs hydrologiques et socio-économiques sur le revenu net des cultures. Les auteurs ont constaté qu'une augmentation de température de 1°C entraîne une baisse des revenus de 19,9 dollars US/ha. Si les précipitations augmentent de 1 mm/mois, le revenu net augmentera de 2,7 dollars/ha. En outre, ils montrent qu'une augmentation de 5°C de la température correspond à des agriculteurs qui perdent 93% de leurs revenus agricoles nets. Les agriculteurs perdraient également tout leur revenu net des cultures si les précipitations diminuent de 14%. Molua et Lambi (2006) utilisent une approche transversale ricardienne pour mesurer la relation entre le climat et le revenu agricole net au Caméroun. Les résultats montrent que l'augmentation de 5°C de la température entraînerait la baisse des revenus nets de 1,7 milliard de dollars et une baisse de 14% des précipitations entraînerait une diminution des revenus nets de 3,8 milliards de dollars.

Kumar et al., (2013) ainsi que Sanghi et al. (1998) utilisent l'approche fondée sur les revenus nets. Ils ont utilisé des observations groupées de 1966 à 1986 pour l'Inde. Ils ont constaté que l'effet de la température (augmentation) est négatif. Le l'impact de la précipitation (augmentation) est positif. Ils ont estimé une diminution de 8,7% revenus nets en considérant un scénario climatique uniforme de + 2°C et + 7% en moyenne de changement de précipitation. Dans le même scénario, Sanghi et al. (1998) estiment une plus grande diminution des revenus nets des agriculteurs (12,3%). Kurukulasuriya et Mendelsohn (2008) et Nhemachena et al. (2014) utilisent tous deux des données d'enquête sur les fermes pour estimer l'impact du changement climatique sur les revenus nets par hectare en utilisant deux scénarios climatiques uniformes prédisant un climat plus chaud et plus sec. Les deux études concluent que le réchauffement climatique est préjudiciable pour les zones de terres sèches. Nhemachena et al. (2014) estiment que les recettes nettes du Zimbabwe diminueront de 31% et de 36% par rapport à la moyenne de l'échantillon lorsque la température augmentera respectivement de 2,5°C et 5°C. Le séchage climatique est moins préjudiciable : les recettes nettes devraient baisser respectivement de 27% et 28% dans les deux scénarios prévoyant une baisse de 7% et de 14% des précipitations.

Mikemina (2013) a utilisé l'approche ricardienne pour mesurer l'effet de changement climatique sur la performance de l'agriculture au Togo, en appliquant des séries chronologiques la période 1971-2004. Il a constaté qu'il existe une relation non linéaire entre valeur ajoutée agricole et précipitations enregistrées pendant la période de culture. Ces résultats confirment les résultats d'Ouedraogo (2012) au Burkina Faso et à Kabubo-Mariara et Kabara (2015) qui ont suggéré une relation non linéaire entre la température et les revenus, d'une part, et entre les pluies et les revenus, d'autre part. Les résultats obtenus montrent que le climat a un effet non linéaire sur le revenu agricole net. En saison des pluies, l'impact marginal de la température sur les revenus montre que si la température augmente de 1°C, les

recettes agricoles nettes pourraient baisser de 340,33 dollars US/ha. D'un autre côté, si les précipitations augmentent de 10 mm, le revenu net pourrait augmenter de 35,5 dollars US/ha. Un réchauffement de 2°C entraînera une diminution de 62,02% du revenu net en 2050.

L'insécurité climatique qui pèse sur l'agriculture n'est pas seulement le fait de la faiblesse des précipitations et/ou de la brièveté de la saison pluvieuse. Elle est surtout le résultat de l'irrégularité inter et intra annuelle des pluies (Ibrahim et al. 2014). Selon le GIEC (2007), l'agriculture de nombreuses régions du monde est durement touchée par le changement climatique. Le changement climatique a entraîné l'accroissement de mauvaises récoltes dues à des chaleurs extrêmes, des problèmes de planification en raison de prévisions moins fiables, l'érosion des sols, l'augmentation du stress hydrique et de graves inondations (GIEC, 2007). Les variations saisonnières des précipitations et de la température ont modifié les saisons, les plantations et les calendriers de récolte. En outre, la disponibilité de l'eau pour l'irrigation est moins prévisible parce que les précipitations sont plus variables (GIEC, 2007). De ce fait, il s'agit de tendances lourdes pour les économies assez fragiles des pays comme le Bénin, essentiellement fondées sur l'agriculture et qui est fortement sensible au climat et à ses variations.

Le changement climatique constitue une menace pour l'agriculture et, par conséquent, pour la sécurité alimentaire. En effet, l'agriculture qui constitue le pilier de l'économie béninoise et surtout le principal moyen de subsistance des populations vivant en milieu rural, demeure essentiellement pluviale. Ce pays est situé dans des zones où, il suffirait d'une faible réduction des précipitations pour engendrer d'importantes diminutions de la disponibilité globale en eau. Plus de 95 % de l'agriculture béninoise étant sous pluie, la production agricole sera fortement compromise par la variabilité accrue des précipitations conjuguée à la hausse des températures (BOAD, 2010). Aussi dans les zones côtières, où se situe le Bénin, les activités sont handicapées par les inondations côtières, l'érosion marine et la salinisation des terres (BOAD, 2010). De ce fait, les conditions météorologiques défavorables ont des répercussions importantes au niveau national. Un choc météorologique néfaste affectant la production agricole et peut créer une situation de pénurie alimentaire.

Le changement climatique affecte la sécurité alimentaire dans tous les pays par le biais de la production agricole. Elle touche à la sécurité alimentaire en quatre dimensions à savoir la disponibilité alimentaire, l'accessibilité de la nourriture, l'utilisation des produits alimentaire et la stabilité du système alimentaire. Il a également un impact sur la santé humaine, les moyens de subsistance et de production alimentaire et les canaux de distribution (FAO, 2008). Le changement climatique pose alors un réel défi à la productivité agricole et à la sécurité alimentaire.

Nafziger et Auvinen (2003) montrent qu'une faible production agricole est précurseur de l'insécurité alimentaire. Ils ont montré que la baisse de production agricole peut en effet avoir des répercussions importantes sur la disponibilité du capital physique, social et économique. La baisse de la productivité rurale contribue non seulement à l'augmentation des discordes parmi les populations rurales très pauvres, mais stimule également l'exode rural, l'augmentation du chômage, le sous-emploi, et le mécontentement politique urbaine, qui contribuent aux urgences humanitaires (Nafziger et Auvinen 2003). Pour Sen (1999), dans les économies fortement dépendantes de l'agriculture, la pénurie alimentaire conduirait à de forte augmentation des prix des denrées alimentaires, ce qui pourrait diminuer le pouvoir d'achat des ouvriers agricoles, qui constituent une proportion importante de la population globale. De plus, dans les zones rurales, les ménages peuvent avoir des difficultés à accéder physiquement aux marchés à cause de la dégradation des voies.

Face à tout ceci, nous avons décidé d'étudier : « *le changement climatique et la production agricole au Bénin* ». L'importance de cette étude est qu'elle nous permet d'identifier l'effet

du changement climatique sur la production agricole au Bénin en utilisant le modèle autorégressif à retards échelonnés (ARDL). Cette étude apporte de nouvelles connaissances à la littérature existante concernant les facteurs déterminants influençant la production agricole. Le reste du document est structuré comme suit. La section suivante de l'article décrit la méthodologie ensuite les résultats empiriques, et la dernière section conclut l'étude en fournissant des discussions tout en suggérant des pistes de recherche future.

2. Méthodologie

2.1 Spécification du modèle

Dans le même ordre d'idées, le changement climatique est devenu très important en tant que déterminant potentiel de la production agricole. Il est admis que des températures et des précipitations excessives détruisent les conditions propices aux cultures, entraînant une réduction de la production agricole. Mais cet effet inverse pourrait disparaître lorsque les agriculteurs adapteront leurs cultures aux conditions climatiques modifiées. Cela pourrait même conduire à une augmentation de la production finale (Dinar et al., 1998 ; Ouédraogo, 2012 ; Cline, 1996).
Pour analyser les effets du changement climatique sur la production agricole, il est important de garantir la relation à long terme entre les variables. De nombreux tests sont disponibles dans la littérature économique pour estimer la relation à long terme entre diverses variables économiques. Ainsi, la modélisation ARDL « AutoRegressive Distributed Lag/ARDL », est une combinaison entre les modèles autorégressifs AR (les modèles où parmi les variables explicatives on trouve les valeurs passées de la variable à expliquer) et les modèles à retard échelonnées ou ditributed lag DL (les modèles qui ont pour variables explicatives : Xt et ses valeurs passées). Elle a la forme suivante :

$$Y_t = f\left(X_t, Y_{t-p}, Y_{t-q}\right) \quad (1)$$

Ou encore :

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 Y_{t-1} + \cdots + \beta_k Y_{t-p} + \alpha_0 X_t + \alpha_1 X_{t-1} + \alpha_2 X_{t-2} + \cdots + \alpha_q X_{t-q} + \varepsilon_t \quad (2)$$

Où $Y_t, X_t \; et \; \varepsilon_t$ sont respectivement la variable endogène, la variable exogène est le terme d'erreur.
Supposons maintenant que les séries sont intégrées à des ordres différents et il existe également la possibilité de cointégration entre certaines variables. En d'autres termes, les choses ne sont tout simplement pas aussi claires que dans les trois situations mentionnées ci-dessus. C'est là que le modèle ARDL entre en jeu. Cette modélisation ARDL nous permet de tester la cointégration et estimer les relations de court terme et de long terme lorsque les séries ne sont pas intégrées de même ordre.

Compte tenu de tous ces avantages de la technique ARDL, elle a été retenue pour cette étude, et son équation à estimable s'énonce comme suit :

$$\Delta \mathrm{PRAG}_t = \gamma_0 + \sum_{i=1}^{q_1} \gamma_{1,i}\, \Delta \mathrm{PRAG}_{t-i} + \sum_{i=0}^{q_2} \gamma_{2,i}\, \Delta \mathrm{CC}_{t-i} + \sum_{i=0}^{q_4} \gamma_{3,i}\, \Delta \mathrm{FBCF}_{t-i} + \sum_{i=0}^{q_5} \gamma_{4,i}\, \Delta \mathrm{TBSP}_{t-i} + \sum_{i=0}^{q_7} \gamma_{5,i}\, \Delta \mathrm{COSF}_{t-i} + \gamma_{10} \mathrm{PRAG}_{t-1} + \gamma_{11} \mathrm{CC}_{t-1} + \gamma_{12} \mathrm{FBCF}_{t-1} + \gamma_{13} \mathrm{TBSP}_{t-1} + \gamma_{14} \mathrm{COSF}_{t-1} + \varepsilon_t \quad \textbf{(3)}$$

où Δ est le premier opérateur de différence, q_i sont des longueurs de décalage optimales, $\gamma_1$pour γ_5 représentent la dynamique à court terme du modèle. Enfin, γ_{10} à γ_{14} il s'agit des élasticités à long terme de la production agricole par rapport à différentes variables.

Il faut que le modèle ARDL ne prend pas en compte le carré des variables température et pluviométrique à cause du problème de multicollinéarité.
Pour tester l'existence ou non de la cointégration entre séries, la littérature économétrique fournit plusieurs tests ou approches dont le test d'Engel et Granger, ceux de Johansen et Johansen et Juselius. Le test de cointégration d'Engle et Granger aide à vérifier la cointégration qu'entre deux séries intégrées d'ordre (1), il est donc adapté au cas bivarié et s'avère ainsi moins efficace pour des cas multivariés. Le test de cointégration de Johansen permet de vérifier plutôt la cointégration sur plus de deux séries, il a été conçu pour des cas multivariés. Toutefois, bien que le test de Johansen fondé sur une modélisation vectorielle autorégressive à correction d'erreur (VECM) constitue un remède aux limites du test de Engle et Granger pour le cas multivarié, il exige aussi que toutes les séries ou variables soient intégrées de même ordre. Cependant, en pratique, les séries ne sont pas toujours intégrées de même ordre, dans ce cas, on peut recourir au test de cointégration de Pesaran et al., 2001, appelé « test de cointégration aux bornes » ou « bounds test de cointégration », développé au départ par Pesaran et al., 1999. Ce recours au test de cointégration de Pesaran pour la vérification de l'existence d'une ou plusieurs relations de cointégration entre les variables dans un modèle ARDL est équivalent au recours à l'approche « ARDL approach to cointegrating ».

2.2 Sources données, signes des variables et technique d'estimation

Cette étude est menée sur la base des données fournies principalement par Faostat (2023) et la Banque mondiale (WDI, 2023). Elle couvre une période de 1991 à 2021 sur le Bénin. Les variables utilisées dans cette étude sont présentées avec leurs signes attendus, dans le tableau n°1.

Tableau n° 1 : Variables, définitions et signes attendus :

Variables	Définition	Signes attendus	Unités de mesures	Sources
PRAG	Valeur de la production agricole	+	Kilogramme par hectare	BM
PLUV	Pluviométrie	+/-	Minimètre	FAOSTAT
TEMP.	Température	-/+	Degré Celsius	FAOSTAT
FBCF	Formation brute de capital fixe	+	Pourcentage des acquisitions moins cessions d'actifs fixe réalisées par les producteurs	BM
TBSP	Scolarisation brute à l'école primaire	+	Pourcentage de la scolarisation primaire	BM
COSF	Engrais consommation	+/-	Kilogramme par hectare de terres arables	BM

Source : Adaptation de l'auteur

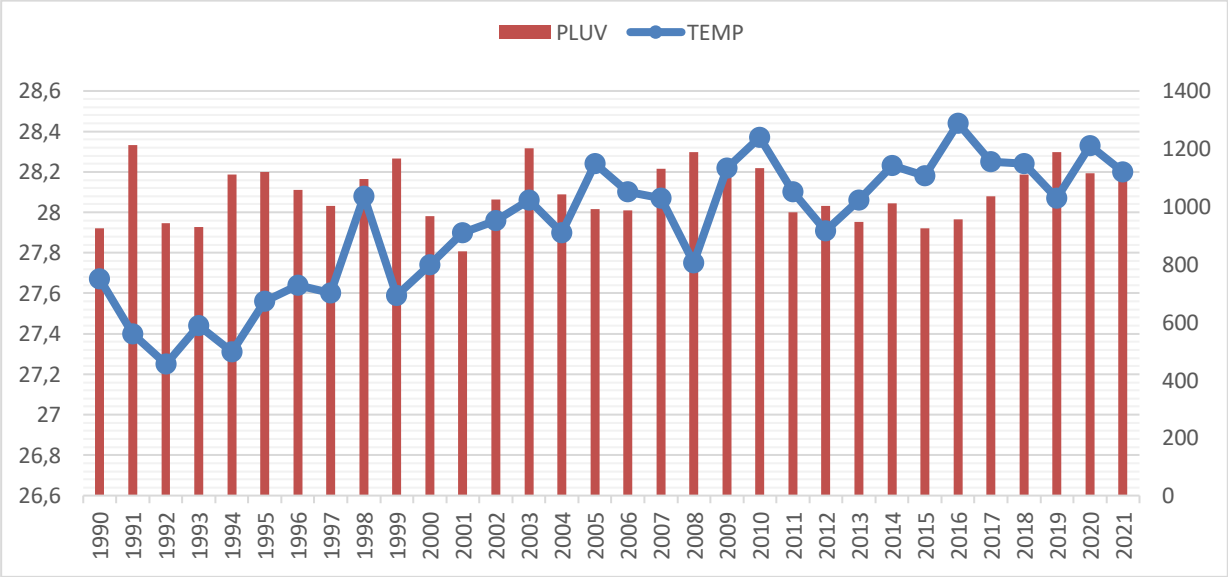
Dans cette sous-section, nous examinons les caractéristiques des séries chronologiques des variables à modéliser, en testant la stationnarité et la cointégration des variables dans toutes les équations considérées. En faite, avant d'appliquer la technique d'estimation ARDL il faut d'abord tester l'ordre d'intégration de toutes les variables du modèle, car ARDL n'est pas applicable si une ou plusieurs variables du modèle est (sont) intégrées d'ordre 2 ou supérieur.
Pour valider notre modèle, différents tests ont été utilisés : le bounds test de Pesaran et al, (2001) ; celui de Durbin-Waston ; le test d'autocorrélation de Breusch-Godfrey et le test d'homoscédasticité de White.

3. Résultats

3.1. Evolution de la température et de la pluviométrie

Le Bénin connaît deux types de climat qui sont : (i) le climat soudanais avec deux saisons pluvieux et deux saisons sèches que l'on retrouve au sud ; (ii) le climat subéquatorial avec une saison des pluies et une saison sèche que l'on rencontre dans le Nord. La figure 1 présente l'évolution des températures et de la pluviométrie au fil du temps au Bénin, et montre une corrélation apparente entre les variables température et pluviométrie. Cela signifie qu'au cours de la période d'étude 1990-2021, la température ainsi que la pluviométrie ont connu une évolution croissante ; ainsi reflétant les zones de chaleur et d'humidité du pays. On note sur la figure 1 une grande variabilité interannuelle de la pluviométrie moyenne, les valeurs les plus élevées ont été enregistrés en 1991 (1 213,15 mm), 2003 (1 202,65 mm) et 2019 (1188,93 mm), tandis que les années les moins pluvieuses étaient 2001 (844,91 mm), 1990 (924,07 mm) et 2015 (924,14 mm). En moyenne, le Bénin a reçu 1054,13 mm de pluie sur la période d'étude. Par ailleurs, la température moyenne quant à elle a enregistré les valeurs les plus élevées en 2016 (28,44°C), en 2010 (28,37°C) et en 2020 (28,33°C). Les périodes les moins chauds sont : en 1992 (27,5°C), en 1994 (27,31°C) et en 1991 (27,4°C). Au Bénin la température moyenne est estimée à 27,9°C. Alors que le Bénin connait ses températures les moins élevées vers le début des années 90, Ses températures les plus élevées sont enregistrées encore après les années 2010 selon la période de notre étude.

Figure n°1 : Evolution de la température et de la pluviométrie



Source : Réalisé par l'auteur à partir des données de l'étude

3.2. Résultats de la statistique descriptive

Le tableau n°2 présente le nombre d'observation, la moyenne, le minimum et le maximum des valeurs des variables. En effet au Bénin la valeur maximale de la variable température est de 28,44°C tandis que sa valeur minimale est de 27,25°C et sa valeur moyenne est environ 27,9°C. Celle de la pluviométrie est respectivement de 1213,15mm, de 844,91mm et de 1054,13 ms.

Tableau n° 2 : Présentation des moyennes, des écart-types, des minimums et des maximums des variables.

Variables	Observations	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
PRAG	31	5,791577	0,7014083	4,68365	6,726128
TEMP	31	27,94161	0,3292324	27,25	28,44
PLUV	31	1054,13	96,03203	844,91	1213,15
FBCF	31	9,079775	0,393299	8,3569	9,701773
TBSP	31	102,7186	22,36733	61,4146	132,4668
COSF	31	2,407056	0,0425172	2,338994	2,450928

Source : Réalisé par l'auteur à partir des données

4. Discussion

4.1.Tests de racine unitaire et de Cointégration

Rappelons que nous sommes en série temporelle et pour identifier l'ordre d'intégration de nos variables, nous avons utilisé les tests de Dickey Fuller augmenté (ADF) et celui de Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS). En effet les deux tests donnent des résultats qui sont consignés dans le tableau n°3

Tableau 3 : Résultats du test de racine unitaire

Variables	t-statistique	Ordre d'intégration
Dickey Fuller augmenté (ADF)		
Production agricole	-5,763***	I(1)
Température moyenne	-8,645***	I(1)
Pluviométrie moyenne	-4,140***	I(0)
Formation brute du capital fixe	-7,935***	I(1)
Niveau d'instruction primaire	-3,256**	I(1)
Consommation des fertilisants	-4,172***	I(1)
Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS)		
Production agricole	0,114*	I(2)

Température moyenne	0,213***	I(1)
Pluviométrie moyenne	0,0716*	I(0)
Formation brute du capital fixe	0,193***	I(2)
Niveau d'instruction primaire	0,22***	I(2)
Consommation des fertilisants	0,193***	I(2)
****, ** et * indiquant respectivement la significativité à 1%; 5% et 10%.*		

Source : Réalisé par l'auteur

Les résultats de ses deux tests sont identiques et nous montrent que les variables ne sont pas intégrées au même ordre. Par conséquent nous rejetons l'hypothèse Ho. Les régressions sont alors confirmées en utilisant des tests de limites ARDL pour estimer la relation à long terme.

La statistique de trace montre qu'à $r = 0$ jusqu' à $r = 3$, la valeur trace est supérieure à la valeur statistique de 5 %, ce qui permet donc de rejeter l'hypothèse nulle de l'absence d'équations de cointégration. Mais à $r = 4$, la valeur statistique trace de 28,12 est inférieure à sa valeur critique de 29,68 à 5 %. Ce qui signifie qu'il n'y a pas de cointégration au rang 4, puisque nous ne parvenons pas à rejeter l'hypothèse nulle d'absence de cointégration. Mais lorsqu'on considère le seuil de 1%, la cointégration apparaît pour le rang 0 et 1. A partir du rang $r = 2$, on peut observer une disparition de cointégration. Cela nous oblige à conclure à une présence de cointégration dans notre série, et le rang optimal est le rang 2. Cependant, le test de Johansen confirme qu'il existe des relations de cointégration entre la production agricole, le changement climatique et la sécurité alimentaire entre autres, jusqu'à l'ordre 1.

Tableau n° 4 : Résultats du test de cointégration

Sonne maximum (r)	Valeur propre	Trace-Statistique	Valeur critique (5 %)	Valeur critique (1 %)
0	-	198,1897	124,24	133,57
1	0,92952	121,2713	94,15	103,18
2	0,79332	75,5507*(1)	68,52	76,07
3	0,59773	49,1423	47,21	54,46
4	0,51566	28,1180*(5)	29,68	35,65
Tendance : constante *Nombre d'observations = 29* *Retards = 2*				

Source : Estimations de l'auteur

Une fois la cointégration établie, nous avons obtenu les coefficients de long terme du modèle. Le bounds test de Pesaran et al. (2001) nous montre que la statistique de Fisher est supérieure aux valeurs critiques (voir annexe). Le tableau n°5 contient les coefficients estimés du modèle ARDL.

5. Estimations

Tableau n° 5 : Estimation du modèle ARDL

Variables	Variable dépendante : Production agricole (prag)	
	Coefficients	Valeur p
Force de rappel	-0,2965***	0,001
Modèle de court terme		
Température		
D1	7,3200**	0,015
LD	6,6908***	0,007
L2D	3,6273**	0,010
Pluviométrie		
D1	-0,3825**	0,010
LD	-0,2072**	0,037
Taux brute de scolarisation primaire		
D1	-0,7251**	0,009
LD	-0,9159***	0,005
Consommation des fertilisants		
D1	2,2281	0,263
LD	3,8993*	0,078
L2D	4,2865**	0,047
Cons	0,7253**	0,012
Modèle de long terme		
Température	-6,9582**	0,044
Pluviométrie	0,4388**	0,036
Formation brute de capital fixe	1,3006	0,140
Taux brute de scolarisation primaire	0,6729***	0,007
Consommation des fertilisants	-3,5898*	0,065
Nombre d'observation	27	
R au carré	0,9318	
R au carré ajustée	0,8029	
Root MSE	0,0243	

Source : Estimations de l'auteur

Au regarde des résultats du tableau n°5, il ressort de l'analyse que la plupart des déterminants de la production agricole ont montré les signes attendus tandis que d'autres ont été révélés

contrairement à la littérature courante. La moyenne du terme d'erreur est significative au seuil de 5%.

A court terme, lorsque la température moyenne au Bénin augmente d'une unité, la production agricole augmente de 0,7. De même les décalages de la température ont un impact positif sur la production à court terme. L'effet positif de la température à court terme sur la production agricole peut être expliqué de plusieurs manières. (i) Accélération de la croissance des cultures : Les températures plus élevées peuvent accélérer le processus de croissance des cultures, en particulier pendant les périodes cruciales telles que la germination des graines et le développement des plantes. Cela peut entraîner une augmentation rapide de la biomasse végétale et favoriser une meilleure production. (ii) Extension de la saison de croissance : Des températures plus chaudes peuvent prolonger la saison de croissance, permettant aux cultures de se développer sur une période plus longue. Cela donne aux agriculteurs plus de temps pour planter, cultiver et récolter leurs cultures, ce qui peut augmenter le rendement global. (iii) Amélioration de la santé des cultures : Dans certaines conditions, des températures plus chaudes peuvent réduire la prévalence de maladies fongiques et d'organismes nuisibles qui prospèrent dans des environnements plus frais et humides. Cela peut contribuer à maintenir la santé des cultures et à préserver les rendements. (iv) Augmentation de la photosynthèse : Les températures plus élevées stimulent souvent la photosynthèse, le processus par lequel les plantes convertissent la lumière du soleil en énergie. Cela peut entraîner une augmentation de la production de biomasse végétale, ce qui se traduit par des rendements plus élevés.

Cependant, il est important de noter que ces effets peuvent varier en fonction des types de cultures, des régions géographiques et des conditions spécifiques du sol et du climat. De plus, à long terme, les effets du changement climatique peuvent entraîner des conséquences négatives sur la production agricole, telles que l'augmentation des températures moyennes, l'instabilité des précipitations et l'augmentation de la fréquence des phénomènes météorologiques extrêmes, ce qui pourrait contrecarrer les avantages à court terme de températures plus chaudes.

Lorsque la pluviométrie moyenne diminue d'une unité, la production agricole diminue de 0,4. Les décalages de pluviométrie ont un impact négatif sur la production agricole au Bénin à court terme. L'effet négatif de la pluviométrie sur la production agricole à court terme peut être expliqué de plusieurs façons. (a) Inondations et excès d'eau : Des précipitations abondantes et continues peuvent entraîner des inondations et un excès d'eau dans les champs, ce qui peut endommager les cultures en noyant les racines, en favorisant le développement de maladies fongiques et en entraînant des pertes de sol et de nutriments. (b) Retard des travaux agricoles : Des pluies persistantes peuvent rendre les champs trop humides pour les opérations agricoles telles que le labour, la plantation et la récolte. Cela peut entraîner des retards dans les travaux agricoles essentiels, ce qui réduit le temps disponible pour les activités saisonnières et peut compromettre les rendements. (c) Érosion du sol : Les fortes pluies peuvent entraîner une érosion accrue du sol, surtout dans les régions où les terres agricoles sont exposées et mal protégées. L'érosion du sol peut emporter les nutriments essentiels, compromettre la structure du sol et réduire sa capacité à soutenir la croissance des cultures. (d) Complications pour les semis et la germination : Les fortes pluies peuvent perturber le processus de semis en emportant les graines ou en les enterrant trop profondément dans le sol. De plus, un sol saturé peut compromettre la germination des graines, réduisant ainsi le taux de réussite des cultures. (e) Propagation des maladies des plantes : Les conditions humides favorisées par des précipitations excessives peuvent favoriser la propagation des maladies des plantes, telles que les champignons et les bactéries, qui se développent dans des environnements humides. Cela peut entraîner des pertes de récoltes importantes si les cultures ne sont pas correctement traitées.

A long terme, une augmentation d'une unité de la température moyenne entraîne une diminution de la production agricole 7 unités. L'effet négatif de la température à long terme sur la production agricole peut être expliqué par plusieurs facteurs : (i) Baisse de la fertilité des sols : Les températures plus élevées peuvent accélérer le processus de décomposition de la matière organique dans le sol, ce qui entraîne une diminution de la fertilité. Des sols moins fertiles peuvent avoir un impact négatif sur la croissance des cultures et la santé des plantes. (ii) Stress hydrique accru : Les températures plus élevées augmentent l'évaporation de l'eau du sol et peuvent entraîner une augmentation du stress hydrique pour les cultures. Cela peut réduire la disponibilité de l'eau pour les plantes, compromettre leur croissance et diminuer les rendements agricoles. (iii) Augmentation de la fréquence des phénomènes météorologiques extrêmes : Le changement climatique lié à l'augmentation des températures peut entraîner une augmentation de la fréquence et de l'intensité des phénomènes météorologiques extrêmes tels que les sécheresses, les inondations et les tempêtes. Ces événements peuvent causer des dommages importants aux cultures et réduire les rendements agricoles. (iv) Propagation des maladies et des ravageurs : Les températures plus élevées peuvent favoriser la propagation des maladies des plantes et des ravageurs, qui peuvent causer des dommages importants aux cultures. Par exemple, des températures plus chaudes peuvent permettre à certains parasites de se reproduire plus rapidement et d'envahir les cultures plus efficacement. (v) Changements dans les schémas de précipitations : Le changement climatique peut entraîner des modifications des schémas de précipitations, avec des régions connaissant des périodes de sécheresse plus longues ou des précipitations plus intenses. Ces changements peuvent perturber les calendriers de plantation et de récolte, compromettre la croissance des cultures et réduire les rendements.

Lorsqu'on augmente d'une unité la pluviométrie moyenne, la production agricole augmente de 0,4 unités. L'effet positif à long terme de la pluviométrie sur la production agricole peut être expliqué de plusieurs façons : (a) Recharge des réserves d'eau souterraine : Les précipitations régulières contribuent à la recharge des réserves d'eau souterraine, ce qui maintient un niveau adéquat d'humidité dans le sol. Une humidité suffisante favorise la croissance des racines et permet aux plantes d'absorber les nutriments nécessaires à leur développement. (b) Maintien de la fertilité du sol : Les précipitations apportent des nutriments aux sols sous forme d'eau de pluie, qui contient des éléments minéraux essentiels tels que l'azote, le phosphore et le potassium. Cela contribue à maintenir la fertilité du sol et à fournir aux plantes les éléments nutritifs nécessaires à leur croissance. (c) Amélioration de la disponibilité de l'eau pour l'irrigation : Les précipitations régulières peuvent remplir les réservoirs d'eau et les cours d'eau, ce qui permet de disposer d'une source d'eau pour l'irrigation des cultures pendant les périodes de sécheresse ou pendant les périodes où les précipitations sont moins abondantes. (d) Augmentation de la diversité des cultures : Les zones recevant des précipitations suffisantes peuvent soutenir une plus grande diversité de cultures, ce qui peut contribuer à la sécurité alimentaire en offrant une plus grande variété d'aliments et en réduisant la dépendance à l'égard d'une seule culture. (e) Protection contre la désertification : Les précipitations régulières peuvent aider à prévenir la désertification en maintenant la végétation et en empêchant l'érosion du sol. Cela permet de préserver la productivité des terres agricoles sur le long terme.

Ces résultats corroborent aux travaux de Nonvidé et Akpa., (2023) qui ont montré qu'une augmentation de la température affecte négativement la production agricole au Bénin ; Wu et al. (2021) et de Silva et al. (2019) respectivement en Chine et au Brésil, et ce fait la relation est en forme de **U** inversé (l'hypothèse de Kuznets (1955)), ce qui indique qu'il existe un seuil auquel une augmentation de la température diminue mais contrairement à celles d'Ali et

al. (2017) qui ont montré au Pakistan que les températures élevées sont favorables à la production de riz et de canne à sucre ; Ouédraogo (2012) au Burkina et Dandonougbo (2014) au Togo. De même, Abbas et Dastgeer (2021) ont découvert au Pakistan que la température moyenne présente une relation négative significative avec le rendement du riz pendant une phase végétative dans les régions de Gujranwala et Rawalpindi. Cependant, de Medeiros Silva et al. (2019) ont constaté que l'augmentation de la température réduit la production de canne à sucre de 5,68 %.

Tableau n° 6 : Tests de validations

Tests	Hypothèse nulle	Chi 2	Prob	Conclusions
Breusch-Godfrey	L'absence d'autocorrélation	0,002	0,9630	Les résidus sont non corrélés
White	L'homoscédasticité	27,00	0,4093	L'absence d'hétéroscédasticité
R^2	0,9318		R^2 ajustée	0,8029

Source : Auteurs (Estimations stata)

Lorsque le R^2 est supérieur à 90%, cela suggère que le modèle de régression est très efficace pour prédire ou expliquer la variable dépendante. En d'autres termes, les variables indépendantes utilisées dans le modèle ont une forte capacité à expliquer les variations de la variable dépendante. Cela peut être considéré comme un indicateur de la pertinence et de la robustesse du modèle dans la prédiction ou l'explication des données.

International Journal of Strategic Management and Economic studies (IJSMES)

6. Conclusion

Le Bénin est particulièrement vulnérable aux effets du changement climatique, notamment en ce qui concerne la sécurité alimentaire. Cette vulnérabilité s'explique non seulement par l'augmentation des températures et la réduction des périodes de précipitations, mais également par la diminution des terres arables due à l'urbanisation et à la croissance démographique. À cela s'ajoutent la prédominance d'une agriculture traditionnelle peu mécanisée et la persistance de la pauvreté en milieu rural, qui limitent la capacité d'adaptation des exploitants. Afin de valider ces constats théoriques, une analyse économétrique a été menée dans le but d'évaluer empiriquement les effets du changement climatique sur la

sécurité alimentaire au Bénin. À cette fin, un modèle ARDL (AutoRegressive Distributed Lag) a été utilisé pour le premier objectif, tandis qu'un modèle à variables instrumentales (IV) a été mobilisé pour analyser les deux autres dimensions de l'étude. Les données utilisées couvrent la période de 1991 à 2021.Les résultats obtenus montrent qu'à court terme, la température exerce un effet positif et significatif sur la production agricole. Cela suggère qu'une certaine élévation de température peut favoriser la croissance végétale dans un contexte donné. En revanche, les variations de la pluviométrie ont un impact négatif sur la production agricole à court terme, traduisant la sensibilité du secteur à l'irrégularité des précipitations. À long terme, les résultats indiquent que la température a un effet négatif et significatif sur la production agricole, tandis que la pluviométrie présente un effet positif et significatif. Ces résultats confirment le rôle déterminant des précipitations pour la durabilité de la production agricole au Bénin dans un contexte de changement climatique.
Enfin, l'analyse met en évidence une relation positive entre la production agricole et la sécurité alimentaire. Elle souligne également que le changement climatique affecte la sécurité alimentaire de manière directe, mais aussi indirectement à travers ses effets sur la production agricole. Ces résultats appellent à des politiques d'adaptation ciblées, intégrant les dimensions agro climatiques, économiques et sociales pour renforcer la résilience du secteur agricole et garantir la sécurité alimentaire au Bénin.

Bibliographie

[1] Abbas, S et G Dastgeer (2021). « *Analyser les impacts de la variabilité climatique sur le rendement du riz Kharif au Pendjab, au Pakistane* ». Forum des ressources naturelles, 45(4), 329-349, https://doi. org/10.1111/1477-8947.1223.

[2] Ali et al, (2017). Le changement climatique et son impact sur le rendement des principales cultures vivrières : données probantes du Pakistan. Aliments, 6(6), 1–19, https://doi.org/10.3390/ foods6060039

[3] Cline W. (1996), « The Impact of Global Warming on Agriculture: Comment. », American Economic Review, Vol.86, pp. 1309-12.

[4] Dandonougbo Y. (2014), « *Analyse économique des effets de la variation des températures et précipitations sur la production céréalière au Togo* », Science de l'environnement, changement climatique

[5] GIEC (2021). Rapport d'évaluation « *l'évolution du climat* »

[6] GIEC (2014). Changement climatique 2014 Partie A : Aspects mondiaux et sectoriels. Dans Changement climatique 2014 : impacts, adaptation et vulnérabilité. Partie A : Aspects mondiaux et sectoriels. Contribution du Groupe de travail II au cinquième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. articles2://publication/uuid/B8BF5043-C873-4AFD-97F9-A630782E590D.

[7] Nonvide, A. et A. F. Akpa. (2023). « *Effects of climate change on food crop production in benin* . » *14*(4). https://doi.org/10.1142/S2010007823500203

[8] Nordhaus, W. D. (1993). Optimal Greenhouse-Gas Reductions and Tax Policy in the "DICE" Model. The American Economic Review, 83(2), 313–317.

[9] Pesaran M.H Shin Y et Smith R.J. (2001), « *Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships* », in Journal of Applied Econometrics, Vol.16, n°3, pp. 289- 326.

[10] Sarah E. (2008), « *Alimentation et agriculture* », Revue scientifique IATP changement climat pour l'alimentation et l'agriculture.

[11] Silva, WK, GP de Freitas, LM Coelho Junior, PAL de Almeida Pinto et RAbrahão (2019). « *Effets du changement climatique sur la production de canne à*

sucre dans l'État de Paraíba (Brésil) : Une approche par données de panel (1990-2015) ». Changement climatique, 154(1-2), 195-209, https:// doi.org/10.1007/s10584-019-02424-7

[12] Soglo, YY et GMA Nonvide (2019). « *Perceptions du changement climatique et stratégies de réponse au Bénin : le cas des producteurs de maïs*. » Changement climatique, 155, 245-256: org/10.1007/s10584-019-02452-3.

[13] Wu, JZ, J Zhang, ZM Ge, LW Xing, SQ Han, C Shen et FT Kong (2021). « *Impact du changement climatique sur le rendement du maïs en Chine de 1979 à 2016* ». Journal of Integrative Agriculture, 20(1), 289-299. https://doi.org/10.1016/ S2095-3119(20)63244-0.