



REPUBLIQUE DU BENIN



MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE (MESRS)

UNIVERSITE D'ABOMEY-CALAVI (UAC)

FACULTE DES SCIENCES ECONOMIQUES ET DE GESTION (FASEG)

Mémoire réalisé en vue d'obtention des crédits associés au diplôme de LICENCE
PROFESSIONNELLE

OPTION : ÉCONOMIE

FILLIÈRE : Economie et Gestion des
Exploitations Agricoles (EGEA)

THEME

**CHANGEMENT CLIMATIQUE ET LA
PRODUCTION DES CEREALES AU
BENIN**

Réalisé par :

AZONHOUMON V. Marius

&

ODJO F. Dérick

Sous la supervision de :

Membre du Jury

Maitre mémoire

Présidente : Prof. Rose FIAMOHE

Prof. Rose FIAMOHE

Membres : 1-Dr Fawaz AMINOU

Enseignant chercheur à la FASEG

2-Dr Marius GUEZO

Année académique 2019-2020

IDENTIFICATION DU JURY

AVERTISSEMENT

**LA FACULTE DES SCIENCES
ECONOMIQUES ET DE
GESTION N'ENTEND DONNER
NI APPROBATION NI
IMPROBATION AUX
OPINIONS EMISES DANS CE
MEMOIRE. CES OPINIONS
DOIVENT ETRE
CONSIDEREES COMME
PROPRES A LEURS AUTEURS.**

DEDICACE 1

A:

- Mon feu père AZONHOUMON Etienne.
- Ma chère mère FADONOUGBO.

Marius V. AZONHOUMON

DEDICACE 2

A:

- Ma chère mère ASSIKIDANAN Odette ;
- Mon cher père ODJO Armand

Dérick F. ODJO

REMERCIEMENTS

Nous adressons nos sincères et chaleureux remerciements :

Au Professeur **Dénis ACCLASSATO**, Doyen de la Faculté des Sciences Economiques et de Gestion (FASEG),

- ✓ Au Professeur **Rose FIAMOHE** notre encadreur de mémoire pour avoir accepté, diriger et apprécier la qualité scientifique de ce mémoire ;
- ✓ Au Docteur **Fawaz AMINOU** pour ses apports et suggestions pour l'amélioration de la qualité scientifique de ce mémoire ;
- ✓ Au Docteur **Marius GUEZO** pour ses apports et suggestions pour l'amélioration de la qualité scientifique de ce mémoire ;
- ✓ Au Professeur **Charlemagne Babatoundé IGUE**, ex Doyen de la FASEG pour ses précieux conseils à la réalisation de la présente œuvre ;
- ✓ Aux différents enseignants de la FASEG qui nous ont gratifiés de solides connaissances théoriques et pratiques indispensables à la recherche scientifique ;
- ✓ A toutes les familles AKPEKOU, ASSIKIDANAN, CODJIA, LAKOUSSAN, ODJO, SOUNOU et TANGNI pour les différents conseils et apports ;
- ✓ A nos frères et sœurs pour leurs sacrifices et leurs preuves de fraternité à mes côtés.
- ✓ A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour l'accomplissement de ce présent travail ;

Nos profondes gratitudes vont à l'endroit de tous ceux qui ont apportés leurs assistances intellectuelles ; matérielle et financière à la réalisation de ce travail, nous leur transmettons nos sincères remerciements.

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

ADF	: Augmented Dickey-Fuller
BM	: Banque Mondiale
CCNUCC	: Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique
CNUED	: Convention des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement Durable
DMB	: Direction Métrologique Benin
ECM	: Error Correction Model
FAO	: Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
GES	: Gaz à Effet de Serre
GIEC	: Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat
IFPRI	: International Food Policy Research Institut of Adaptation
IPCC	: Intergovernment Panel on Climate Change
MCE	: Modèle à Correction d'Erreur
MEHU	: Ministère de l'Environnement de l'Habitat et de L'Urbanisme
MEPN	: Ministère de l'Environnement et de la protection de la nature
PIB	: Produit Intérieur Brut
PANA	: Programme d'Action Nationale pour l'Adaptation
PNUD	: Programme des Nations Unies pour le Développement
VECM	: Modèle Vectoriel à Correction d'Erreur

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Signes attendus des variables explicatives et leur signification	23
Tableau 2 : Procédure de validation	26
Tableau 3 : Description des variables.....	32
Tableau 4 : Test de stationnarité en niveau.	34
Tableau 5: Détermination du nombre de retard.....	35
Tableau 6: Les résultats du test de la trace	36
Tableau 7: Estimation du modèle VEC à long terme	36
Tableau 8 : Estimation du modèle VEC à court terme	37
Tableau 9 : Test de normalité-.....	38
Tableau 10: Test d'heteroscedasticité	39
Tableau 11: test LM d'indépendance sérielle.....	39
Tableau 12: Test de causalité de Grang-er	40
Tableau 13: Décomposition de la variance de la production des céréales	42
Tableau14 : Décomposition de la variance de la pluviométrie	43
Tableau 15 : Décomposition de la variance de la température.....	43
Tableau16 : Décomposition de la variance de la population totale.....	44
Tableau17 : Décomposition de la variance de superficie totale	44
Tableau 18 : Validation des hypothèses de recherche.....	45

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Evolution de la production de céréale de 1980 à 2018	28
Figure 2 : Evolution de la pluviométrie de 1980 à 2018.	29
Figure 3 : Evolution de la température annuelle de 1980 à 2018.....	30
Figure 4 : Evolution de la population totale de 1980 à 2018.....	31
Figure 5 : Evolution de la superficie de 1980 à 2018.....	31

RESUME

La croissance incontrôlée des émissions de gaz à effet de serre est en train de réchauffer la planète, avec pour conséquences la fonte des glaciers, l'augmentation de la température, la multiplication de phénomènes météorologiques extrêmes, et le décalage des saisons. Le présent mémoire a pour but d'analyser l'effet des changements climatiques sur la production des céréales au Bénin. Pour y parvenir nous avons utilisé un modèle à correction d'erreur permettant d'analyser la relation à court et à long terme de l'effet des changements climatiques sur la production des céréales. Les données de notre étude sont extraites respectivement de la Direction Météorologique Bénin (DMB), de l'organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et de la Banque Mondiale sur la période 1980-2018. Il ressort de nos analyses que la pluviométrie affecte négativement la production des céréales tandis que la température affecte positivement la production des céréales. Ces différents résultats ont été utilisés pour dégager des implications, en termes de mesure de développement, dans une perspective d'amélioration des performances des exploitations agricoles.

Mots-clés : changement climatique, sécurité alimentaire.

ABSTRACT

Uncontrolled growth in greenhouse gas emissions is warming the planet, resulting in melting glaciers, rising temperatures, more extreme weather events, and shifting seasons. This thesis has enabled us to analyze the effect of climate change on cereal production in Benin. To achieve this we used an error correction model to analyze the short and long term relationship of the effect of climate change on grain production. The data for our study are taken respectively from the Benin Meteorological Directorate (DMB), the United Nations Food and Agriculture Organization (FAO) and the World Bank over the period 1980-2018. Our analyzes show that rainfall negatively affects cereal production while temperature positively affects cereal production. These different results have been used to derive implications, in terms of development measures, from a perspective of improving the performance of agriculture.

Keywords: climate change, food security.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : CADRE THEORIQUE ET METHODOLOGIE DE L'ETUDE	4
1.1. Cadre théorique de l'étude	5
1.2. Cadre méthodologique de recherche	18
CHAPITRE II : PRESENTATION, ANALYSE DES RESULTATS ET SUGGESTIONS	27
2.1. Analyse descriptive des variables	28
2.2. Présentation des résultats d'estimations	34
CONCLUSION	47

INTRODUCTION

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET LA PRODUCTION DES CEREALES AU BENIN

Les changements climatiques constituent un grand défi du siècle, qui nécessite une réponse à l'échelle mondiale. Chaque nation doit en faire un sujet de préoccupation et développer des stratégies (au niveau local et national) qui lui sont propres pour faire face aux mutations induites par les changements climatiques.

L'Afrique, continent le plus vulnérable, du fait des guerres, de la famine et de la pauvreté devra prendre des mesures pour faire face aux effets néfastes des changements climatiques afin de s'assurer une sécurité alimentaire (Ogouwalé, 2006). Tout d'abord parce qu'il existe des lacunes importantes sur les manières de faire face aux impacts et aux effets économiques et sociaux de ces changements ; ensuite parce que les économies de ces pays dépendent fortement de secteurs et ressources très sensibles aux changements climatiques, par exemple l'agriculture, les ressources côtières, les infrastructures, les ressources en eau et en énergie.

Au Bénin, selon Issa (1995) et Ogouwalé (2004) cité par Ogouwalé (2006), un stress thermique supplémentaire et des sols plus secs risquent de réduire les rendements dans les différentes régions agro écologiques. En outre, la multiplication et l'expansion nuisibles des cultures en raison des changements climatiques viendront aggraver le risque de pertes post récolte. Les risques alimentaires seront énormes et les populations les plus vulnérables seront les paysans, les démunis ruraux et urbains, etc. (IPCC, 2001; FAO, 2002 ; Ogouwalé, 2004). En effet, les impacts du Changement Climatique se font de plus en plus sentir sur l'agriculture des pays en développement. La plupart de ces impacts sont attribués à l'augmentation de la température et à la baisse de la production des céréales. Cependant l'agriculture a montré, à travers l'histoire, une grande capacité d'adaptation aux conditions changeantes avec ou sans une réponse consciente par les agriculteurs (Iglesias et al, 2007). Ces modifications ont dépassé les limites autonomes d'adaptation, ce qui nécessite des politiques de soutien pour permettre aux agriculteurs de faire face à ces changements (Ogouwalés, 2007). Or l'économie béninoise est basée sur l'agriculture et plus de 70 % de la population s'adonnent aux activités agricoles (MEPN, 2008). Il urge alors de comprendre et d'analyser les perceptions des producteurs des changements climatiques vécus et les stratégies d'adaptation développées pour faire face aux effets

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET LA PRODUCTION DES CEREALES AU BENIN

néfastes des risques climatiques, aux fins de mieux les accompagner dans l'adaptation aux changements climatiques.

C'est la préoccupation du présent travail qui s'articulera autour de deux chapitres. Le premier chapitre intitulé « cadre théorique et méthodologique » aborde la problématique du changement climatique, passe en revue de la littérature, s'intéresse aux principaux modèles utilisés dans l'évaluation des impacts du changement climatique sur la production des céréales puis ensuite expose la méthodologie utilisée dans le cadre de ce travail. Dans le deuxième et dernier chapitre qui a pour titre « présentation, analyse des résultats et recommandations » nous présentons les différents résultats des estimations, les interprétations ainsi que les propositions de politiques. Enfin nous achevons ce travail par une conclusion générale.

**CHAPITRE I : CADRE
THEORIQUE ET
METHODOLOGIE DE L'ETUDE**

Ce chapitre subdivisé en deux sections a pour but de faire l'exposé réel du problème posé par cette recherche et de présenter respectivement les objectifs, hypothèses, la revue littéraire et la méthodologie utilisée.

1.1. Cadre théorique de l'étude

Cette section comprend deux sous-sections. La première est consacrée à la problématisation et l'intérêt de l'étude et la seconde aux objectifs et hypothèses de recherches.

1.1.1. Problématique de l'étude

Les dernières décennies ont été marquées par une évolution rapide des climats (IPCC, 1990 ; Olaniran, 1991 ; Nicholson, 1998) cité par Ogouwalé (2006). Cette évolution du climat a conduit à des variabilités et changements climatiques ressentis à l'échelle mondiale. La variabilité climatique est la caractéristique inhérente au climat qui se manifeste par des changements et déviations dans le temps (GIEC, 2007). Les changements climatiques par contre, sont des modifications attribuées directement ou indirectement à une activité humaine et qui altèrent la composition de l'atmosphère globale et viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours des périodes comparables (GIEC, op.cit).

Les changements climatiques constituent une menace pour l'environnement et le développement durable (MEPN, 2008). Selon le quatrième rapport du Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du climat (GIEC), les communautés pauvres seront les plus vulnérables du fait de leurs capacités d'adaptation limitées et de leur grande dépendance des ressources à forte sensibilité climatique (MEPN, op.cit). Dans un continent déjà chaud, un réchauffement supplémentaire associé à des fluctuations exagérées de la pluviométrie n'avantagera probablement pas les régions intertropicales alors que par coïncidence ou non, ces régions semblent être habitées par les plus pauvres du monde (Reilley et al. 1994).

Le Bénin, pays de l'Afrique de l'Ouest est donc aussi confronté à ce défi de siècle que constituent les changements climatiques. Les secteurs les plus affectés par ces

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET LA PRODUCTION DES CEREALES AU BENIN

changements climatiques sont ceux des ressources en eaux, de l'énergie, des zones côtières, de la santé, de l'agriculture et de la foresterie (MEPN, 2008). Au Bénin, l'agriculture constitue l'activité principale près de 70% de la population active s'adonne aux activités agricoles et contribue à la formation du Produit Intérieur Brut (PIB) à hauteur de 36% (MEPN, op.cit). Mais il est à remarquer que l'environnement devient de plus en plus dégradant et la terre ne répond plus favorablement aux efforts consentis par les paysans. Les travaux de Boko (1988), Afouda (1990) et Houndénou (1999) ont montré que la baisse de la pluviométrie associée au réchauffement thermique, ont induit une dégradation du milieu écologique et sont soldés par des impacts négatifs sur la production des céréales. Les risques climatiques majeurs identifiés lors de l'évaluation concertée de la vulnérabilité aux changements climatiques et aux phénomènes extrêmes par le Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature (MEPN) sont la sécheresse, les inondations, les pluies tardives et précoces (MEPN ,2006). Les impacts directs des changements climatiques sur l'agriculture portent sur les comportements des cultures, les modifications pédagogiques et les baisses de rendements (MEPN, 2008). Aussi le MEPN (2008) a-t-il montré lors de l'élaboration du Programme d'Action National d'Adaptation aux changements climatiques (PANA) qu'au niveau des cultures s'observent des phénomènes de raccourcissement des cycles végétatifs et de floraison précoce, dus à l'élévation de la température.

La diversité des perceptions des changements climatiques s'avère bien plus importante. Elle est souvent peu rapportée et vérifiée par les climatologues. Au regard des données de la littérature (FAO ,2002), peu d'études détaillées à l'échelle nationale ont été réalisées sur la question des perceptions des populations sur changements climatiques vécus en rapport avec les stratégies d'adaptation. Le Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat (GIEC) suggère aux Etats, des stratégies de développement agricole durable en prévoyant des dispositifs d'atténuation et de prévention, faisant appel à la planification, à la diffusion d'alertes précoces (IPCC, 2001).

La production des céréales occupe une place importante dans l'économie béninoise et elle est largement influencée par les conditions climatiques. C'est ce qui

justifie le choix de mener la réflexion autour de la question de recherche « **Quel est l'effet des changements climatiques sur la production des céréales au BENIN ?** ».

De la question principale, découle des questions spécifiques à savoir :

- Quelle est l'incidence de la pluviométrie sur la production des céréales au Bénin?
- Quelle est l'influence de la température sur la production des céréales au Benin ?

1.1.1.1. Intérêt de l'étude

Le secteur agricole occupe une part importante dans la production nationale au Bénin. La grande sensibilité de ce secteur face au changement climatique, engendre énormément d'inquiétude sur la satisfaction des besoins de la population. En effet, plusieurs sont les auteurs ayant abordé notre thématique sous divers angles en particulier sur certaines variétés de céréales mais nous avons décidé de spécifier notre étude, sur la production des céréales en générales. De ce fait, il urge de comprendre en quoi la sensibilité du climat va affecter le système de production des céréales au Bénin.

1.1.1.2. Objectifs et Hypothèses

A. Objectifs

L'objectif général de notre étude est d'analyser l'effet du changement climatique sur la production des céréales au Bénin.

Il s'agira spécifiquement :

- d'évaluer l'incidence de la pluviométrie sur la production des céréales au Bénin.
- Déterminer l'influence de la température sur la production des céréales.

Pour atteindre ces objectifs, nous avons émis les hypothèses suivantes :

B. Hypothèses de recherches

- Une forte pluviométrie affecte négativement la production des céréales au Benin.
- La température influence négativement la production des céréales au Bénin.

1.1.2. Revue de littérature

L'une des questions fondamentales que posent les changements climatiques est celle de la température à pouvoir influencer la production des céréales au Benin.

Pour cela, cette section aborde trois paragraphes, dont premièrement la clarification conceptuelle, la revue théorique et la revue empirique pour finir.

1.1.2.1. Clarification conceptuelle

A. Le climat

Le climat est le temps météorologique moyen qu'il fait en un lieu ou sur une région. Il est donc caractérisé par l'ensemble des paramètres météorologiques qui permettent de décrire le «temps qu'il fait» : température, humidité, pression atmosphérique, précipitations (quantité et type), vent, la pluviométrie (quantité d'eau), en sont les principaux. Chacun de ces paramètres est à son tour caractérisé par ses valeurs statistiques : moyenne, fréquence, écart type, etc... (Wikipédia). On essaye ensuite de trouver des zones au sein desquelles ces différents paramètres sont voisins, cela permet de définir un climat : océanique, continental, méditerranéen, tropical sec, équatorial, montagne tempéré etc.

Dans ces conditions lorsque l'on parle de modification du climat on parle de l'évolution de l'ensemble de ces paramètres, la température moyenne n'étant que l'un d'entre eux. On sait par exemple que dans les régions tropicales et équatoriales, parler de la température moyenne en un point, n'a pas beaucoup de sens, du point de vue de la caractérisation du climat, si l'on ne l'accompagne pas de données sur le régime pluviométrique. De la même façon la quantité de précipitations sur Marseille et sur Paris sont à peu près identiques, par contre le climat de ces deux villes est très différent, si l'on tient compte de la distribution dans le temps des dites précipitations. Dans ces conditions il est bien évident que lorsqu'un climatologue parle de réchauffement de la planète c'est qu'il donne un des paramètres et il sous-entend que les autres paramètres vont aussi se modifier.

En particulier les variations l'occurrence des phénomènes extrêmes : vagues de chaleur, de froid, de précipitations, cyclones et tempêtes tropicales etc., font partie des paramètres aux quels le climatologue s'intéresse. Pour illustrer ce propos, il faut rappeler que le GIEC, est le Groupe Intergouvernemental d' Expert sur l'Évolution du Climat et non sur le réchauffement de la planète (Jean Labrousse - Mai 2005 - Mis à jour octobre 2006).

B. Changement climatique

Au sens plus étroit le climat désigne généralement le « temps moyen » ; il s'agit précisément d'une description statistique en fonction de la moyenne et de la variabilité de grandeurs pertinentes sur des périodes variant de quelques mois à des milliers, voire à des millions d'années (la période classique, définie par l'Organisation Météorologique Mondiale, est de 30 ans). Ces grandeurs sont le plus souvent des variables de surface telles que la température les précipitations et le vent (HOUSSOU-GOE, 2008). Dans un sens plus large le climat est la description statistique de l'état du système climatique. Un changement climatique correspond à une variation statistiquement significative de l'état moyen du climat ou de sa variabilité, persistant pendant une période prolongée (de la décennie aux millions d'année). De manière simple, il faut entendre par changement climatique la différence entre deux états comparables du climat. Ces changements peuvent être dus à des processus intrinsèques à la terre, à des influences extérieures, ou plus récemment aux activités humaines.

Le changement climatique anthropique est le fait des émissions des gaz à effet de serre engendrées par les activités humaines modifiant la composition de l'atmosphère de la planète (« Notre-planète.info »). A cette évolution viennent s'ajouter les variations naturelles du climat. Dans les travaux du GIEC le terme « changement climatique » fait référence à tout changement climatique dans le temps qu'il soit dû à la variabilité naturelle ou aux activités humaines. Au contraire dans la convention cadre des nations unies sur le changement climatique (CCNUCC) le terme désigne uniquement les changements dus aux activités humaines. La Convention-cadre utilise le terme « variabilité climatique » pour désigner tout changement d'origine naturelle.

- **Précipitations** : apport d'eau parvenant au sol sous forme liquide (pluie ou rosée) en provenance direct ou indirect de la condensation de la vapeur d'eau atmosphérique.
- **Température** : degré de chaleur ou de froid qui se manifeste dans un lieu.

C. Causes du changement climatique

Les changements climatiques sont perçus aujourd'hui comme l'une des menaces les plus graves qui pèsent sur la durabilité de l'environnement mondial pour le 21^{ème} siècle (MEHU, 2003). Ces changements sont principalement dus à une concentration de plus en plus élevée des gaz à effet de serre (CO_2 , CH_4 , N_2O , HFC, PFC et SF_6) dans l'atmosphère, ce qui induit un réchauffement global. Les scientifiques ont démontré que les activités humaines générées depuis la révolution industrielle, notamment l'utilisation des combustibles fossiles et le changement d'affectation des terres sont à l'origine d'une concentration atmosphérique accrue des gaz à effet de serre, qui emprisonnent plus de chaleur dans l'atmosphère et déséquilibrent le bilan énergétique du système Terre-atmosphère (FAO, 2007). Spore (2008) dans sa publication du mois d'Août apporte plus d'information sur ces gaz à effet de serre (GES). En effet le principal GES est le dioxyde de carbone ou CO_2 , qui représente plus de 70% des GES d'origine humaine. Six milliards de tonnes proviennent de la combustion des énergies fossiles, essentiellement le pétrole, dans l'industrie et le transport. Les pays occidentaux en sont les plus gros émetteurs, les USA en tête. Mais ils sont en passe d'être rattrapés par les pays émergents : la Chine et l'Inde. S'y ajoute, 1,6 milliard de tonnes provenant de la déforestation dans les pays du sud. Une forêt qui brûle libère du carbone alors que, quand les arbres poussent ils en stockent. De même, le labour libère le carbone stocké dans le sol. Le pire, selon les recherches les plus récentes, est que plus la planète ne se réchauffe, moins les plantes absorbent le CO_2 , et plus la température terrestre augmente. C'est dans la production de méthane (CH_4), le second GES le plus important, que les activités agricoles jouent le plus grand rôle, même s'il est difficile de quantifier ces rejets avec précision. Les bovins qui ruminent et rejettent des gaz dans l'atmosphère émettent près de 100 millions de tonnes de méthane par an. Bien que petit, les termites produisent chaque année entre 15 et 35

millions de tonnes de méthane. Ils arrivent à ce résultat surprenant en faisant fermenter les matériaux végétaux de la forêt tropicale dans leurs intestins à l'aide des bactéries qui y sont présentes.

Cependant, le plus grand danger pour la planète est la fonte du permafrost. Ces sols des zones arctiques, en se dégelant, pourraient rejeter dans l'atmosphère des milliards de tonnes de méthane et de CO₂. Enfin, le protoxyde d'azote ou oxyde nitreux (N₂O, 16% des émissions de GES) résulte de l'agriculture intensive (notamment de l'utilisation d'engrais), de la déforestation et de procédés chimiques comme les aérosols.

D. Risque climatique

En agro climatologie, le risque se caractérise par la fréquence d'apparition d'un évènement climatique ou biologique qui peut être préjudiciable au développement (Houndénou, 1999). Dans ce cas le risque peut être la sécheresse climatique, les cyclones, les coups de vents, les excès ou déficit de température, l'attaque des cultures par des ravageurs. Le risque climatique peut être défini comme la probabilité d'avoir des pluies insuffisantes qui induisent la perte de tout ou une partie de la récolte (Eldin, 1989).

E. Adaptation au changement climatique

En faisant l'hypothèse que les changements climatiques vont apporter avec eux des modifications majeures dans l'équilibre climatique qui d'une manière ou d'une autre vont affecter la production des céréales, il est tout à fait logique de penser que l'agriculteur se dotera d'outils et de stratégies d'adaptation qui vont lui permettre de réduire le risque d'impact négatif du climat. Smit, Mc Nabb et Smither (1996) cité par da Silva L. en sondant un groupe représentatif d'agriculteurs en Ontario sur une période de six ans s'aperçoivent que la plupart des agriculteurs sont conscients de l'influence du climat sur leur activité mais que peu d'entre eux entreprennent des stratégies d'adaptation en réponse au climat.

André et Bryant, 2001 ; Skinner et al, 2001 (cité par da Silva L.) en utilisant des sondages ou des groupes de discussion en sont venu à la conclusion que la réaction des

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET LA PRODUCTION DES CEREALES AU BENIN

agriculteurs face au stress imposé par le climat sur les activités agricoles ne fait partie que d'un plus grand processus de décision découlant d'une stratégie globale de gestion de risque. Ainsi rationnellement l'agriculteur qui tente de maximiser ses profits d'exploitation face à un changement du climat évalue la gamme complète des stratégies d'adaptation qui s'offrent à lui et choisit la ou les options qui maximisent son bien-être. Par exemple il lui est possible de modifier l'utilisation de fertilisants et de pesticides, de diversifier ses cultures et son entreprise, de modifier la gestion de sa terre et de l'eau, de devancer les moments de plantation, d'adopter de nouvelle technologie, d'introduire l'irrigation dans ses champs ou carrément de changer de culture. Ces résultats entrent en ligne avec d'autres qui révèlent que :

- Au Bangladesh, les agricultrices construisent des jardins flottants : des radeaux de jacinthe sur lesquels il est possible de cultiver des légumes dans les régions inondables ;
- Au Sri Lanka, les fermiers expérimentent avec des variétés de riz capable de résister à l'intrusion saline et à la réduction de la quantité d'eau.

Dans l'optique de minimiser l'effet des changements climatiques, plusieurs tentatives ont été mise en œuvre afin de réduire l'émission des gaz à effet de serre et développer les activités et pratiques visant à réduire notre vulnérabilité aux impacts possibles. La convention cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC) et le protocole de Kyoto exigent que les parties tiennent également compte de l'adaptation aux changements climatiques. Le protocole de Kyoto par exemple stipule que les parties doivent « faciliter une adaptation appropriée à ces changements ». Selon PNUD 2007, les populations des pays les plus pauvres devront faire face aux conséquences d'un climat en évolution. Même si les gouvernements du nord ont les moyens financiers, technologiques et humains de répondre aux risques auxquels sont confrontés leurs citoyens, les options des pays en voie de développement sont beaucoup plus restreintes. Dans les pays les plus pauvres, l'adaptation est largement une question d'effort, d'autonomie et d'initiative personnelle. Des millions de personnes disposant à peine de ressources suffisantes pour alimenter, vêtir et abriter leurs familles sont contraintes d'affecter des fonds et leur travail à des mesures d'adaptation. Dans le secteur

de l'agriculture l'adaptation requiert l'utilisation de bonne pratique agricole, forestière et en matière de pêche, pour faire face à des conditions environnementales changeantes et plus rudes.

Le concept d'adaptation peut donc être compris comme l'ajustement des systèmes humains face à un nouvel environnement ou un environnement changeant. L'adaptation aux changements climatiques indique l'ajustement des systèmes naturels ou humains en réponse à des stimuli climatiques présents ou futur ou à leurs effets, afin d'atténuer leurs effets néfastes ou d'exploiter les opportunités bénéfiques (GIEC, 2001). Cette adaptation se résume à un ensemble de réajustements opérés ou auto-opérés à l'intérieur des systèmes naturels et humains, en réponse curative ou préventive aux stimuli climatiques actuels ou futurs ou à leurs effets en vue d'atténuer leurs nuisances ou d'en tirer opportunément profit (Issa, 1995).

F. Pluviométrie

La pluviométrie est l'évaluation quantitative des précipitations, de leur nature (pluie, neige, grésil, brouillard) et distribution. Elle est calculée par diverses techniques¹. Plusieurs instruments sont utilisés à cette fin, dont le pluviomètre/pluviographe est le plus connu. L'unité de mesure varie selon que le type de précipitations est solide ou liquide, mais elle est ramenée en millimètre d'équivalence en eau par mètre carré de surface à fin de comparaisons. Toute précipitation de moins de 0,1 mm est qualifiée de « trace »².

La pluviométrie, avec la répartition de la température terrestre, conditionne les climats terrestres, la nature et le fonctionnement des écosystèmes ainsi que leur productivité primaire. Elle est l'un des facteurs conditionnant le développement des sociétés humaines et donc un enjeu géopolitique.

1.1.2.2. Revue théorique

Les études portant sur l'effet du changement climatique sur la production des céréales se sont multipliées aux cours des dernières décennies en utilisant plusieurs approches pour évaluer cet effet du changement climatique sur la production des céréales. Elles se différencient principalement de par leur méthodologie qui s'oriente vers agronomie et de l'autre vers l'économie.

A. Approche fonction de production

Cette approche s'oriente strictement du côté de l'agronomie et utilise les modèles de stimulations biophysiques des plantes pour mesurer les effets directs des changements climatiques sur les cultures et leur besoin en intrants. L'utilité de cette approche est qu'elle permet de savoir avec précision le mécanisme de croissance des différentes cultures considérées en observant individuellement leurs comportements face à toute autre variation susceptible d'influencer leur évolution. Ainsi ces dites expérimentations reproduisent les conditions qui ne sont pas encore produites dans la nature telle que la fertilisation en CO₂. De ce fait, il n'est pas pris en compte, les effets de modifications indirectes de l'environnement dans lequel les cultures poussent. Bien que l'approche fonction de production retrace les conséquences des changements climatiques sur la production des céréales, elle omet un aspect important de la problématique qui porte sur, les stratégies d'adaptation des producteurs faces aux changements climatiques. Alors, elle pose des hypothèses sur le comportement des producteurs face aux changements climatiques (Sergerson et Divon, 1999), qui ont tendance à surestimer les dommages des changements climatiques (Mendelson, Nordhaus et Shaw, 1994 ; 1996 ; 1999).

B. Approche Ricardienne

Cette approche développée par Medelson, Nordhaus et shaw(1994) dans ces travaux qui porte sur l'implication économique des changements climatiques pour mesurer la valeur du climat dans l'agriculture américaine, tente à fournir une réponse aux insuffisances de l'approche fonction de production. Cette approche est essentiellement basée sur hypothèse de l'existence d'une relation entre les évènements climatiques et la productivité. Elle s'est appliquée dans un cadre de concurrence parfaite dans laquelle Ricardo a fait observer que la valeur de la terre refléterait la valeur de la terre. En d'autres termes, la méthode ricardienne a été appliquée pour mesure la contribution des conditions environnementales dans le revenu agricole car la valeur des terres agricoles reflètes la valeur actualisée des revenus issus de l'exploitation la plus productive de la terre et tient compte implicitement des adaptations efficaces opérées par les producteurs face aux changement climatiques (Banque mondiale,2003),dans la mesure ou l'utilisation des

revenus net agricole reflète les avantages et les couts de stratégie d'adaptation(Cline1996 ;Reins borough,2003), et se base sur une réalité climatique actuelle qui n'est pas forcément représentative des conditions climatologiques dans le future(Weber et Hauer,2003). Mais, hypothèse de réaction spontanée des agriculteurs face aux changements climatiques est fausse en raison de l'inertie causées par les programmes gouvernementaux et les assurances agricoles (Smit et Mc Léman, 2006 ; Smit, McNabb et Smitchers, 1996).

En conséquence, lorsque l'approche fonction de production a tangence à surestimer les dommages causés par les changements climatiques, approche ricardienne quant à elle à tendance aux sous évaluer.

C. Approche de Nerlove

L'approche de Nerlove (1958) montre que les décisions de production se font sur base des prix attendus. Ainsi, l'estimation de l'offre doit tenir compte de ce décalage temporel. L'idée proposée par Nerlove intègre la dynamique de l'offre, des superficies et des prix dans les travaux de Nerlove(1958), le prix anticipe est supposé égal à la somme pondéré des prix passés, les coefficients de pondération étant géométriquement décroissant lorsque l'on remonte dans le temps (anticipation adaptative. Nerlove, 1958), montre qu'il n'est pas possible d'estimer les élasticités de court terme de l'offre ou la demande mais les élasticités de long terme peuvent être mesurées « directement à partir d'un modèle dynamique d'équation simultanée. Il propose un en cadre permettant d'estimer la réaction des producteurs, notamment les anticipations de prix et les ajustements de la production ou des surfaces cultivées.

1.1.2.3. Revue empirique

Plusieurs études ont été menées afin de savoir le degré de sensibilité de variabilité des paramètres (température, précipitation) climatiques sur le rendement agricole et le revenu agricole. Ainsi, nombreux sont les acteurs ayant abordé le phénomène climatique, ont développé plusieurs modelés et ont abouti a de divers résultats.

C'est ainsi que les différents travaux de Ogouwalé (2006), Vissin (2007) et Koumassi (2014) ont montré que le climat béninois, caractérisé par une variabilité

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET LA PRODUCTION DES CEREALES AU BENIN

pluviométrique, une réduction de la durée de la saison agricole et une hausse des températures minimales est soumise à une grande variabilité des paramètres climatiques qui se manifestent par une mauvaise répartition dans le temps et dans l'espace des précipitations et par une hausse des températures (Lankao, 2010 ; McCarthy et al, 2010). Les changements auraient comme conséquences la baisse des rendements agricoles et une augmentation des risques d'insécurité alimentaire et nutritionnelle (Newman, 2016).

Pour, A.Nefzi et F.Buzidi (1998), dans leurs travaux intitulés « Evaluation de l'impact économique du changement climatique sur l'agriculture au Maghreb » réalisé en 1998, reposant sur une base de données relative aux 5 pays du Maghreb qui couvre une période de 1974 à 2005 et utilisant l'analyse ricardienne de la valeur ajoutée agricole, estime qu'une augmentation de la température et/ou de précipitation a des effets négatifs sur la valeur ajoutée agricole.

De même les auteurs Ochieng, Kirimi, Mathenge, (2016) afin d'étudier l'effet des variations et des changements climatiques sur la production agricole, ont utilisé une approche ricardienne qui implique la régression des valeurs des terres contre les variabilités et autres variables de contrôle. Cette approche suppose que les terres fonctionnent proprement mais l'existence des maladies et l'insécurité dans certaines régions fait que son application est moins remarquable.

D'autre part, les différentes recherches menées par Lobelle et al, (2011), montre spécifiquement qu'une augmentation des pluviométries et des températures saisonnières a un impact négatif sur le rendement agricole et celle des pluviométries sur le rendement des céréales ; en intégrant dans le modèle de régression linéaire mixte température, pluviométrie, tendance climatique et région.

Alors, Kurukulasuriya et Mendelshon (2007) : examine l'impact du changement climatique sur les terres cultivées en Afrique, en utilisant une analyse transversale Ricardienne et se basant sur des données concernant des fermes et issus d'une étude regroupant 11 pays et plus de 9500 fermiers. Ils régressent le revenu annuel net sur les variables climat et autres. L'étude confirme que le climat actuel affecte les revenus nets des fermes dans toute l'Afrique. Lorsqu'on applique ces résultats au climat futur éventuel

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET LA PRODUCTION DES CEREALES AU BENIN

on s'aperçoit que les fermes situées sur les terres sèches sont particulièrement sensibles au climat. Même à partir de 2020, le changement pourrait influencer de manière extrêmement négative sur les zones actuellement chaudes et arides. A partir de 2100, les revenus nets des cultures sur des terres sèches pourraient augmenter de 51% si le réchauffement est doux et humide, mais baisserait de 43% si les futurs climats s'avèrent chauds et secs. Les revenus nets des cultures provenant des fermes actuelles irriguées ont de fortes chances d'être moins affectés.

Ensuite, M. Ouédraogo (2008) utilisant l'approche Ricardienne et la théorie de la rente foncière conclut que les scénarios de diminution des précipitations et/ou d'augmentation de température seront très dommageables à l'agriculture au Burkina du fait des conditions climatiques.

De plus, Ginet (2009) ; utilise le modèle VAR structurel pour juger de la vulnérabilité des secteurs réels de 4 pays méditerranéens (Algérie, France, Tunisie, Turquie) aux phénomènes climatiques extrêmes. L'analyse révèle que l'ensemble des pays de l'échantillon connaît d'ores et déjà des pertes économiques importantes qui ne vont cesser de s'accroître du fait de la tendance future du changement climatique (réchauffement climatique).

Enfin, L'International Food Policy Research Institut of Adaptation (IFPRI), a publié un bilan pessimiste dans son dernier rapport intitulé « climate change impact on agriculture and costs of adaptation ».en se basant sur le scénario A2 du 4^e rapport d'évaluation du GIEC, IFPRI a mobilisé l'évaluation de rendements agricoles sous l'effet du changement climatique. Les résultats obtenus indiquent que les pays en développement seront probablement les plus impactés et pourraient voir leur rendement chuté de 20 à 35%.

1.2. Cadre méthodologique de recherche

Cette partie traite les différentes démarches scientifiques procédées dans l'atteinte des objectifs poursuivis par notre recherche. Ainsi, la méthodologie adoptée comprend successivement : la présentation du modèle utilisé, l'analyse descriptive de nos variables, l'analyse économétrique, la présentation des outils de recherches et la méthode d'analyse.

1.2.1. Présentation du modèle et données utilisées

Pour les séries temporelles, plusieurs problèmes soulevés ont fait couler beaucoup d'encre, entre autres le problème de « stationnarité » avec les régressions fallacieuses (Granger et Newbold (1974)) basées sur des données non stationnaires (R^2 fort pour un Durbin-Watson faible). Pour pallier cela, des auteurs comme Dickey et Fuller (1979, 1981) vont recommander des tests de stationnarité avant toute étude sur les séries temporelles. En cas de non stationnarité (du type déterministe/TS ou aléatoire/DS), les auteurs (notamment Dickey et Fuller (1979, 1981), Fuller (1976, 1996), Phillip P.C.B. (1987)) ont suggéré des méthodes de stationnarisation, la différence première pour des séries non stationnaires de type DS (Differencing Stationnary) ou l'écart à la tendance pour des séries non stationnaires de type TS (Trend Stationnary). Une autre vague de chercheurs (Engle et Granger (1987), Granger (1981, 1983, 1986, etc.) vont soulever que procéder par la différence première pour stationnariser une série (court terme) fait perdre des informations en niveau (long terme) pourtant indispensables dans l'explication de la dynamique de ladite série. C'est dire que la stationnarisation par la différence 1ère fait perdre à la série ses propriétés de long terme, le modèle ne captant ainsi que la dynamique de court terme. Cette vague de chercheurs vont suggérer d'intégrer, dans le modèle stationnaire de court terme, la dynamique de long terme ; le modèle ainsi obtenu est appelé « modèle à correction d'erreur ». L'estimation d'un modèle à correction d'erreur suppose l'existence d'une relation d'équilibre à long terme (cointégration) entre les variables sous-étude (Maddala et Kim (1998), Mills (1999), Chan (2002)). Pour s'en rendre compte, le test de cointégration d'Engle et Granger (1987) est proposé et ne va porter que sur des cas bivariés. Ce test va concerner deux séries intégrées de même ordre et va plutôt se montrer moins efficace sur plus de deux séries. Ainsi, le test de

cointégration de Johansen (1988, 1991, 1996b) va être proposé pour des cas multi variés (plus de deux séries), et exigera aussi que toutes les séries sous-étude soient intégrées de même ordre (une série est intégrée d'ordre « d » si elle devient stationnaire après « d » différentiations). Lorsque des séries sont non stationnaires et co-intégrées, il convient d'estimer leurs relations au travers d'un modèle à correction d'erreur (ECM, « Error Correction Model »). Engle et Granger (1987) ont démontré que toutes les séries cointégrées peuvent être représentées par un ECM (théorème de la représentation de Granger). Pour déterminer l'effet des changements climatiques sur la production des céréales au Bénin nous avons utilisé un modèle de croissance néoclassique basé sur la fonction de production globale de l'ensemble de l'économie qui se présente comme suit :

$$Y = (K, L) \quad (1)$$

Où : Y est le niveau de production économique mesuré par le produit intérieur brut (PIB). K désigne le stock de capital physique et L la force de travail.

La forme fonctionnelle de type Cobb-Douglas de l'équation (1) se présente comme suit

$$Y = AK^{\alpha}L^{\beta} \quad (2)$$

Où A est un paramètre d'échelle et les coefficients α et β correspondent aux élasticités de la production aux différents facteurs de productions avec $0 < \alpha < 1$; $0 < \beta < 1$, K le stock de capital et L la main d'œuvre.

La méthode couramment utilisée dans l'analyse de la production agricole est celle basée sur les données temporelles.

Dans le but d'atteindre l'objectif général de notre étude ainsi que les objectifs spécifiques et hypothèses sous-jacentes, l'analyse sera empiriquement menée. Les hypothèses formulées seront chacune élucidée par un modèle économétrique aux fins d'analyse plus indiquée.

- **Modèle**

Pour modéliser l'effet du changement climatique sur la production des céréales l'étude adopte la fonction de croissance suivante :

$$PROC_t = f(PLUV, TEM, POPOT, SUP)$$

Nous allons présenter la méthode la plus répandue d'estimation d'un ECM

- **Étape 1** : estimation par les VEC de la relation de long terme :

$$LPROC_t = \beta_0 + \beta_1 LPLUV_t + \beta_2 LTEM_t + \beta_3 LSUP_t + \beta_4 LPOPT_t + \varepsilon_t$$

- **Étape 2** : estimation par les VEC de la relation du modèle dynamique (court terme):

$$LPROC_t = \beta_0 + \beta_1 LPLUV_t + \beta_2 LTEM_t + \beta_3 LSUP_t + \beta_4 LPOPT_t + \varepsilon_t$$

En effet, le mécanisme de correction d'erreur (rattrapage qui permet de tendre vers la relation de long terme) irait alors en sens contraire et s'éloignerait de la cible de long terme. La procédure en deux étapes conduit à une estimation convergente des coefficients du modèle et les écarts types des coefficients peuvent s'interpréter de manière classique.

1.2.1.1 Définition des variables

LPROC : Désigne le logarithme de la production des céréales (exprime en tonnes métriques). Elle permet d'évaluer les quantités des différentes céréales (riz, sorgho, maïs, mil) choisies pour notre estimation au cours d'une année de campagne.

LPLUV : Représente le logarithme de la pluviométrie (mesure en millimètre) ; cette variable permet de savoir l'évolution de la production en fonction de la pluviométrie.

LTEM : Désigne le logarithme de la température exprime en degré Celsius (°C)

LSUP : Désigne le logarithme de la superficie embrevée exprimée en hectares (ha). Le choix de la superficie comme variable explicative est naturelle premier facteur de production.

LPOPT : Désigne logarithme de la population totale

β_0 : la constante du modèle

ε_t : le terme d'erreur aléatoire

$\beta_0, \beta_1, \beta_2$ et β_3 sont des paramètres à estimer

Les variables sont mises sous forme logarithme pour pouvoir réduire l'ordre de grandeur des variables d'une part et de pouvoir interpréter les coefficients en terme.

1.2.1.2. Analyse Econométrique

L'analyse économétrique se fera à travers l'estimation du modèle à correction d'erreur (VECM) retenu dans le cadre de cette étude. L'application de ce modèle fait intervenir un certain nombre de variables ainsi que des données.

1.2.1.3. Variable de l'étude

Les variables ci-dessous feront l'objet de notre étude :

- Production des céréales
- Température annuelle
- Pluviométrie
- Superficie emblavée
- Population totale

A. La Variable expliquée

➤ Production des céréales

Une céréale est une plante cultivée principalement pour ses grains, c'est-à-dire ses fruits (caryopses), utilisés en alimentation humaine et animale, souvent moulus sous forme de farine raffinée ou plus ou moins complète, mais aussi en grains entiers (ces plantes sont aussi parfois consommées par les animaux herbivores sous forme de fourrage). Le terme « céréale » désigne aussi spécifiquement les grains de ces plantes. Les principales céréales sont le maïs, le blé, le riz, l'orge, et l'avoine.

B. Variables explicatives

➤ Pluviométrie annuelle

La pluviométrie est l'évaluation quantitative des précipitations, de leur nature (pluie, neige, grésil, brouillard) et distribution. Elle est calculée par diverses techniques. Plusieurs instruments sont utilisés à cette fin, dont le pluviomètre/pluviographe est le plus connu. L'unité de mesure varie selon que le type de précipitations est solide ou liquide,

mais elle est ramenée en millimètre d'équivalence en eau par mètre carré de surface à fin de comparaisons. Toute précipitation de moins de 0,1 mm est qualifiée de trace. La pluviométrie, avec la répartition de la température terrestre, conditionne les climats terrestres, la nature et le fonctionnement des écosystèmes ainsi que leur productivité primaire. Elle est l'un des facteurs conditionnant le développement des sociétés humaines et donc un enjeu géopolitique.

➤ **Température**

La température est une grandeur physique mesurée à l'aide d'un thermomètre et étudiée en thermométrie. Dans la vie courante, elle est reliée aux sensations de froid et de chaud, provenant du transfert thermique entre le corps humain et son environnement. En physique, elle se définit de plusieurs manières : comme fonction croissante du degré d'agitation thermique des particules (en théorie cinétique des gaz), par l'équilibre des transferts thermiques entre plusieurs systèmes ou à partir de l'entropie (en thermodynamique et en physique statistique). La température est une variable importante dans d'autres disciplines : météorologie et climatologie, médecine, et chimie.

➤ **Superficie embrevée**

La superficie agricole embrevée est l'espace réservée pour la production des cultures au cours d'une période donnée. Notons que plus la parcelle réservée pour la culture augmente, plus la quantité récoltée augmente, toute chose étant égale par ailleurs. Ce qui influence positivement la production des céréales. Cela confirme en fait que la superficie emblavée constitue l'un des principaux facteurs de production des cultures.

➤ **Population totale**

La définition de population englobe tous les résidents indépendamment de leur statut légal ou de leur citoyenneté, à l'exception des réfugiés qui ne sont pas établis en permanence dans leur pays d'adoption. Ceux-ci sont généralement considérés comme faisant partie de leur pays d'origine.

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET LA PRODUCTION DES CEREALES AU BENIN

1.2.1.4. Données et sources

Les données utilisées sont des données secondaires en séries chronologiques couvrant la période de 1980-2018. Les principales sources sont la FAO (pour les données de la production des céréales et la superficie emblavée), les données de la température et de la pluviométrie au niveau de la Direction Météorologique Bénin (DMB) et celles de la population totale sur le site de la Banque mondiale (BM).

Tableau 1 : Signes attendus des variables explicatives et leur signification

Variables explicatives	Signes attendus	Justification
Pluviométrie par an	-	Une augmentation de la quantité de la pluie va diminuer la production des céréales au Benin.
Température par an	-	Une augmentation de la température va baisser la production des céréales
Population totale par an	+	Une augmentation de la population totale va augmenter la production des céréales
Superficie emblavée par an	+	Une augmentation de la superficie emblavée va augmenter la production des céréales

Sources : Réalisé par les auteurs

1.2.2. Procédure d'estimation

L'estimation de notre modèle se fera par un modèle à correction d'erreur (MCE) sur le logiciel EVIEWS version 9, (puis qu'avec la méthode des moindres carrés ordinaires toutes nos variables ne sont pas stationnaires en niveau). Les tableaux, les signes se feront à l'aide du logiciel Excel version 2013. Il s'agira d'établir l'ordre

d'intégration et donc de voir combien de fois une variable, peut être stationnaire, doit être différencié.

1.2.2.1. Les différents tests classiques

Plusieurs tests vont être effectués notamment celui de la stationnarité et de Co-intégration.

A. Etude de la stationnarité

Le test de Dickey-Fuller Augmenté

Le test de stationnarité permet de rechercher la présence ou non de racine unitaire. Les hypothèses se présentent comme suit :

H_0 : présence de racine unitaire ; contre l'hypothèse alternative

H_1 : absence de racine unitaire

Règle de décision

Si p-value est inférieur au seuil de 5%, on rejette H_0 , alors la série est stationnaire en niveau, Par contre, si p-value est supérieur au seuil de 5%, on ne rejette pas H_0 , alors la série n'est pas stationnaire, Dans ce cas, il faut faire le test de Dickey-Fuller Augmenter en différence première, La règle de décision est la même. Toutefois, quand la même série n'est pas stationnaire en différence première, on passe au test de Dickey-Fuller Augmenter en différence seconde.

B. Etude de la Co-intégration

Les hypothèses de bases de test de Co-intégration sont :

H_0 : pas de Co-intégration

H_1 : existence de Co-intégration

Règle de décision

La présence d'étoile sur la statistique de la trace montre qu'il existe au moins une relation de Co-intégration dans les séries. Ce qui confirme qu'on peut utiliser le Modèle à Correction d'Erreur (MCE).

C. Test sur les résidus

Ici il s'agira de faire les tests de normalités des erreurs, d'autocorrélation des erreurs et d'hétéroscédasticité des erreurs sur le modèle VECM.

➤ Test de normalité de Jarque Bera

Il est important de vérifier dans un travail de recherche, la normalité des erreurs surtout pour le calcul des intervalles de confiance et aussi pour effectuer les tests de Student sur les paramètres. Le test de Jarque Bera (1984) fondé sur la notion de Skewness (asymétrie) et de Kurtois (aplatissement), permet de vérifier la normalité d'une distribution statistique. L'alternative d'hypothèses qui se présente à l'issue du test est la suivante :

H_0 : La distribution des erreurs ne sont pas normalement distribuées

H_1 : La distribution des erreurs sont normalement distribuées.

La règle de décision

Si la probabilité $JB > 0,05$ (5%), on rejette H_0 , les erreurs sont normalement distribuées.

➤ Test d'homoscédasticité de White

Le Test d'homoscédasticité est important dans la mesure où il permet de détecter et de corriger l'hétéroscédasticité des erreurs. Plusieurs tests existent pour la détection de l'hétéroscédasticité mais nous retenons celui de White. Le test de White est fondé sur une relation significative entre le carré du résidu et une ou plusieurs variables explicatives en niveau et au carré au sein d'une équation de régression.

Le modèle est homoscédastique si probabilité est supérieure à 5%. Dans le cas où la probabilité est inférieure ou égale à 5% le modèle est hétéroscédastiques.

➤ Test d'autocorrélation

Ce test est fondé sur le test de Fisher, de nullité des coefficients (F-statistics) ou du multiplicateur de Lagrange ($n \times R^2$) permet de tester une autocorrélation d'un ordre

supérieur à 1. L'idée générale de ce test réside dans la recherche d'une relation significative entre le résidu et ce même résidu décalé au seuil de 5%.

C. Test de causalité de Granger

La causalité de Granger (1969) est une approche de la causalité qui renvoie non pas au caractère théorique de la causalité (cause-effet) mais au caractère prédictif de l'éventuelle cause sur l'effet.

1.2.2.2. Décomposition de la Variance

La décomposition de la variance de l'erreur de prévision a pour objectif de calculer pour chacune des innovations, sa contribution à la variance de l'erreur. Par une technique mathématique, on peut écrire la variance de l'erreur de prévision à un horizon h en fonction de la variance de l'erreur attribuée à chacune des variables ; il suffit ensuite de rapporter chacune de ces variances à la variance totale pour obtenir son poids relatif en pourcentage.

1.2.2.3. Vérification des Hypothèses de l'Etude

Il s'agit, ici, d'énoncer les conditions qui serviront à confirmer ou à infirmer les hypothèses de notre étude. Notons que la validation de nos hypothèses se fera sur la base des résultats de nos régressions, et des tests de validations des modèles estimés. Le tableau suivant résume la procédure de validation.

Tableau 2 : Procédure de validation

Hypothèses	Conditions de validations
Hypothese1 : Une forte pluviométrie affecte négativement la production des céréales au Benin	La valeur du coefficient β_1 doit être inférieure à zéro mais significative.
Hypothese2 : La température influence négativement la production des céréales au Bénin.	La valeur du coefficient β_2 doit être inférieure à zéro mais significative.

Source : Réalisé par les auteurs

**CHAPITRE II : PRESENTATION,
ANALYSE DES RESULTATS ET
SUGGESTIONS**

Ce chapitre serait consacré à la mise en œuvre de notre spécification et à l'interprétation des résultats de l'estimation d'une part et, d'autre part à la validation des hypothèses de recherche.

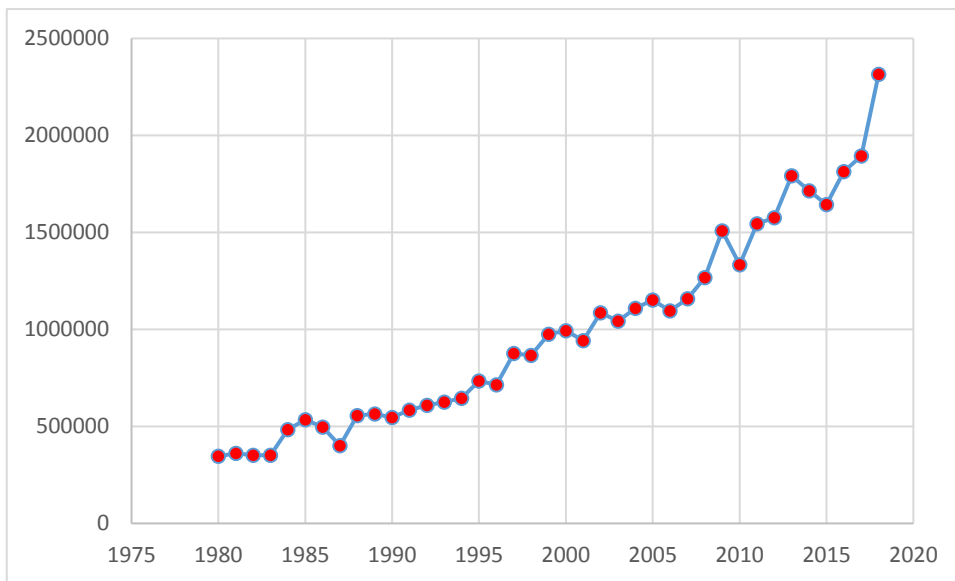
2.1. Analyse descriptive des variables

Idée de cette section est d'effectuer une analyse de l'effet des changements climatique sur la production des céréales au Bénin. Pour cela, nous présenterons les figures montrant l'évolution des variables de 1980 à 2018 retenues dans le cadre de ce travail.

2.1.1. Analyse graphique des variables

Il s'agit dans ce paragraphe de voir évolution graphique des variables dans la période de 1980 et 2018.

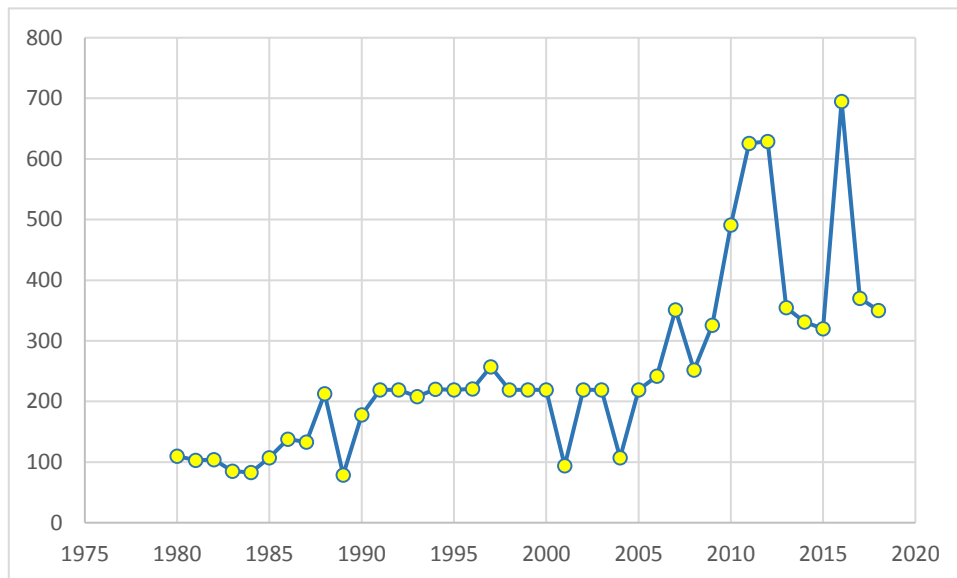
Figure 1 : Evolution de la production de céréale de 1980 à 2018



Source : Réalisé par les acteurs, données de la FAO, 2020

La production totale des céréales au Bénin est évaluée de façon continue de 1980 jusqu'en 2018. Il faut noter respectivement qu'entre 1986 à 1987; 2009 à 2010 elle a chuté légèrement. La quantité maximale totale de céréale est de 2315556 tonnes et la quantité minimale produite est 400650 tonnes.

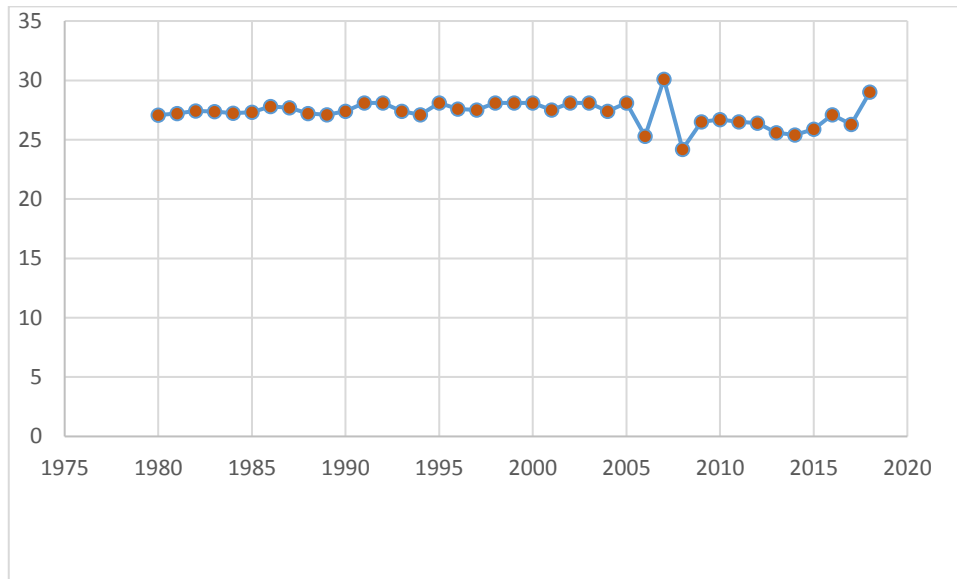
Figure 2 : Evolution de la pluviométrie de 1980 à 2018.



Source : Réalisé par les auteurs, DNB, 2020

La pluviométrie connaît plusieurs variations. Elle est presque instable sur toute la période et son minimum date depuis 1989. Elle est de 79 mm en 1989 et reste presque constante avec peu de variation jusqu'en 2001. Les variations observées à partir de 2002 jusqu'en 2016 sont très considérables. Elle connaît tant de chute que d'augmentation surtout lors des 8 dernières années de la période considérée dans notre étude. Le niveau maximal de la pluviométrie est de 695,000 mm en 2016.

Figure 3 : Evolution de la température annuelle de 1980 à 2018

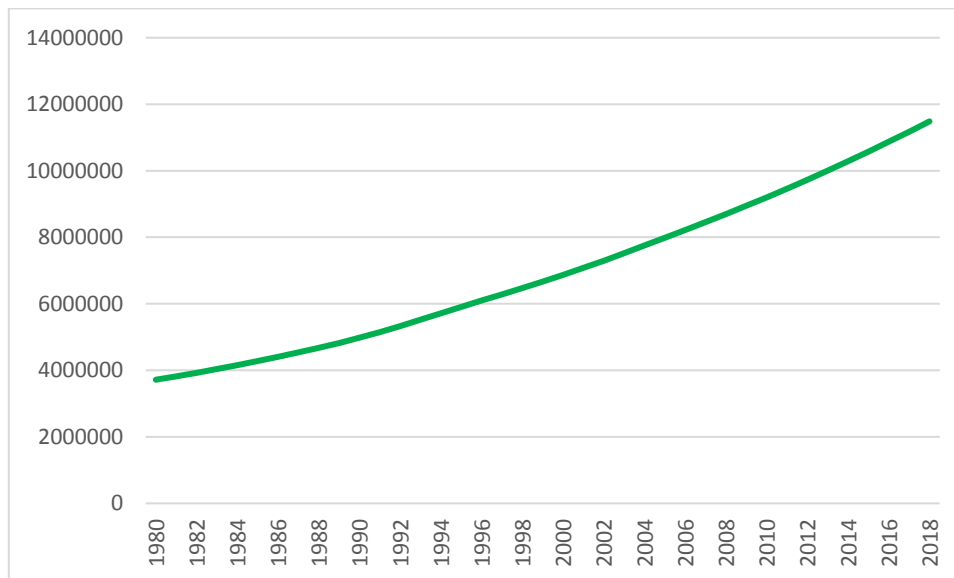


Source : Réalisé par les auteurs, données DMB, 2020

La température annuelle évolue graphiquement de façon quasi constante jusqu'à 2005, il connaît ensuite certaines variations où elle atteint son maximum en 2006. Elle connaît également une chute et en 2008 elle est à son niveau plus bas et après elle reprend une évolution sans connaître à nouveau ni de chute, ni de hausse considérables. La température maximale annuelle est de 30,1°C et son minimum est 24,2°C.

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET LA PRODUCTION DES CEREALES AU BENIN

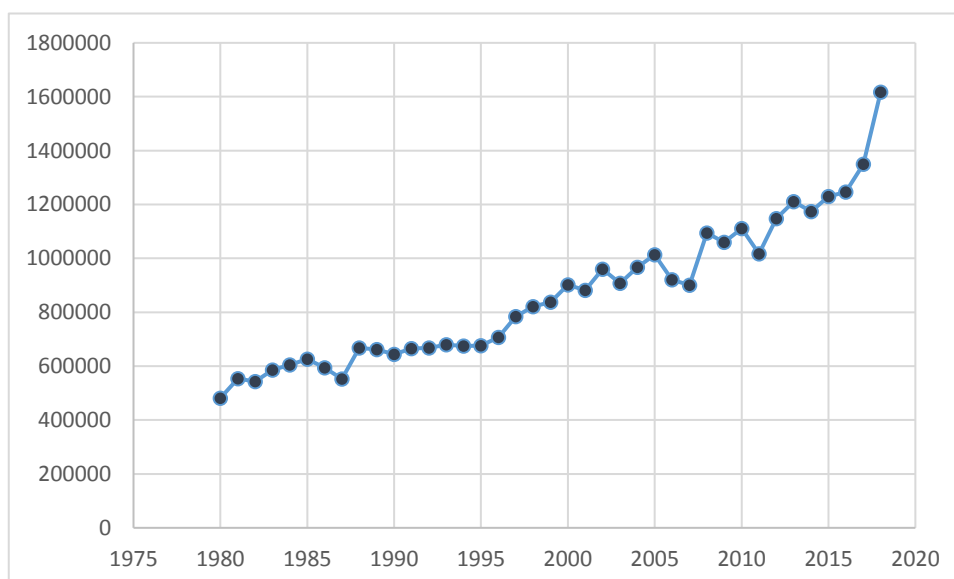
Figure 4 : Evolution de la population totale de 1980 à 2018



Source : Réalisé par les auteurs, données BM, 2020

La population totale au Bénin est en pleine croissance de 1980 à 2018. Elle est évaluée de façon continue sur toute la période. En 1980 la population totale est de 3 717 165 habitants, elle augmente continuellement jusqu'en 2018 où elle est de 11 485 048 habitants.

Figure 5 : Evolution de la superficie de 1980 à 2018



Source : Réalisé par les auteurs, données, FAO, 2020

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET LA PRODUCTION DES CEREALES AU BENIN

L'exploitation de la superficie emblavée évolue de façon continue de 1980 jusqu'en année 2018. Retenons qu'elle diminue respectivement aux cours des années 1986 à 1987 ; 2005 à 2007 et 2010 à 2011. La superficie maximale emblavée est de 1616613 ha et la superficie minimale est 481650 ha.

2.1.2. Statistique descriptive

Ici nous présenterons et analyserons les différentes statistiques des variables.

Tableau 3 : Description des variables

	PROC	PLUV	TEM	POPT	SUP
Mean	989986.7	249.9744	27.26359	6976352	865072.8
Median	942790.0	219.0000	27.40000	6664098	838189.0
Maximum	2315556	695.0000	30.10000	11485048	1616613
Minimum	345952	79.00000	24.20000	3717165	481650.0
Stad. Dev.	513779.0	150.5391	1.061403	2352298	264948.1
Skewness	0.649918	1.401634	-0.419978	0.328996	0.699192
Kurtosis	2.534728	4.699066	4.403057	1.888156	2.937581
Jacque-Bera	3.097338	17.46085	4.345402	2.712370	3.183987
Probability	0.212531	0.000162	0.113870	0.257642	0.203519
Sum	38609481	9749.000	1063.280	2.72 E+08	33737839
Sum sq. Dev.	1.00 E+ 13	861157.0	42.80990	2.10 E+14	2.67 E+12
Oservation	39	39	39	39	39

Source : Réalisé par les auteurs, sous Eviews 9

A travers l'analyse descriptive des variables, nous remarquons que chaque variable comporte trente-neuf observations. La variable « POPT » possède le plus grand écart type donc il se volatilise plus, se fructifie plus vite que tous les autres variables. La

probabilité de Jarque-Bera est supérieure à tous les niveaux, nous pouvons donc dire que les séries de notre étude suivent une loi normale.

2.2. Présentation des résultats d'estimations

2.2.1. Test de stationnarité

Dans l'analyse des séries temporelles, l'étude de stationnarité s'impose comme préalable à toute estimation économétrique. Le tableau ci-dessous présente les résultats issus de ce test.

Tableau 4 : Test de stationnarité en niveau.

Variables	Stationnaire en niveau			Stationnaire en différence première			Ordre d'intégration
	ADF			ADF			
	Valeur	Valeur	Probabilité	Valeur	Valeur	Probabilité	
	Statistique	critique		Statistique	critique		
PROC	-0.333485	-2.943427	0.9101	-8.186618***	-2.943427	0.0000	I(1)
PLUV	-2.433059	-2.941145	0.1398	-6.500418***	-2.945842	0.00001	I(1)
TEM	-2.475440	-2.943427	0.1295	-7.428689***	2.945842	0.0000	I(1)
POPT	-3.209259	-3.568379	0.1017	-3.627439**	-3.580623	0.0454	I(1)
SUP	-0.128656	-2.941145	0.9389	-7.814489***	-2.943427	0.0000	I(1)

Note : * significatif au seuil de 10% ; ** significatif au seuil de 5% et *** significatif au seuil de 1%

Source : Réalisé par les auteurs, données de la FAO, BM, DMB (2020)

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET LA PRODUCTION DES CEREALES AU BENIN

A travers les résultats sur les tests de racine unitaire ADF on remarque que toutes les séries sont non stationnaires en niveau et stationnaires en différences premières. On peut donc chercher d'éventuelles relations de cointégration qu'on étudiera dans la suite de notre étude.

2.2.2. Formalisation du Modèle VECM

L'intérêt fondamental de la méthode vectorielle autorégressive ou vectorielle à correction d'erreurs est qu'elle nous permet de faire l'étude de la causalité à court ou à long terme de Granger entre les variables. Aussi, elle nous permet de voir dans quelle proportion les variables s'autodéterminent par une décomposition de la variance. Le calcul des fonctions impulsionnelles d'un modèle VECM revient à analyser comment la variation à la date t de l'innovation d'une variable d'intérêt va affecter l'ensemble des variables pour les périodes $t, t+1, t+2, \dots$

2.2.2.1. Première étape du nombre de retard

Nous allons utiliser les critères d'Akaike (AIC), Schwarz(SC), Hannan-Quinn information criterion (HQ), sequential modified LR test statistic (LR), Final prediction error(FPE). De l'analyse du tableau suivant, nous remarquons que nous pouvons prendre deux retards pour la suite de notre étude.

Tableau 5: Détermination du nombre de retard

VAR Lag Order Selection Criteria

Endogenous variables: LNPROC

Exogenous variables: C LNPLUV LNTEM

LNPOPT LNSUP

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
1	48.74516	NA*	0.005865*	-2.302377*	-2.086905*	-2.225714*
2	48.97990	0.395358	0.006113	-2.262100	-2.003534	-2.170104

* indicates lag order selected by the criterion

LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)

FPE: Final prediction error

AIC: Akaike information criterion

SC: Schwarz information criterion

Source : Réalisé par les auteurs sur Eviews 9, 2020

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET LA PRODUCTION DES CEREALES AU BENIN

2.2.2.2 Deuxième étape : test de cointégration de Johansen (test de la trace)

Tableau 6: Les résultats du test de la trace

Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)				
Hypothesized	Trace	0.05		
No. of CE(s)	Eigenvalue	Statistic	Critical Value	Prob.**
None *	0.922741	151.9556	79.34145	0.0000
At most 1 *	0.670510	59.77446	55.24578	0.0189
At most 2	0.335182	19.80691	35.01090	0.7189
At most 3	0.116044	5.110198	18.39771	0.9292
At most 4	0.018430	0.669658	3.841466	0.4132

Source : Réalisé par les auteurs, 2020.

Les résultats du tableau nous montrent qu'il existe une relation de cointégration entre les variables car la valeur Max-Eigen statistique (0.67) est bien inférieure à la valeur critique (55.24).

Tableau 7: Estimation du modèle VEC à long terme

Variables	Coefficients	t-statistiques	Probabilités
PROC	1.0000000		
PLUV	-0.163861	-4.39428	0.03729**
TEM	4.715377	9.23997	0.51032
POPT	-4.546487	-371477	1.22389
SUP	-4.981659	-14.8346	0.33581
C	106.2885	-	-

Note : * significatif au seuil de 10%, **au seuil de 5% et *** au seuil de 1%.

Source : Réalisé par les auteurs, 2020

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET LA PRODUCTION DES CEREALES AU BENIN

A long terme, il ressort du tableau l'équation suivant :

$$\text{LNPROC} = 106.2885 - 0.16\text{LN(PLUV)} + 4.71\text{LN(TEM)} - 4.54\text{LN(POPT)} - 4.98\text{LN(SUP)}$$

D'après l'équation précédente, à long terme, on remarque que la production des céréales dépend positivement de la variation retardée d'une année de la température et négativement par les variations retardées d'une année de la pluviométrie, de la population totale et de la superficie emblavée. Seule la pluviométrie est significative au seuil de 5%. Ce qui signifie qu'une augmentation de la pluviométrie de 1% entraîne une baisse de la production des céréales de 0.16%. On conclut donc que cette baisse de la production pourrait être expliquée par les stationnements des cours d'eaux empêchant l'exploitation d'une grande superficie afin de pouvoir augmenter la production des céréales.

Tableau 8 : Estimation du modèle VEC à court terme

A court terme, il ressort de notre estimation le tableau n et l'équation suivant :

Cointegrating Eq:	LPROC
CointEq1	-0.094343
t-statistics	[-0.51105]
Prob	(0.18461)
D (LNPROC (-1))	-0.379593
t-statistics	[-1.46542]
Prob	(0.25903)
D (LNPLUV (-1))	-0.083625
t-statistics	[-1.45300]
Prob	(0.05755)*
D (LNTEM (-1))	0.536630
t-statistics	[0.63425]
Prob	(0.84609)
D (LNPOPT (-1))	-35.59218
t-statistics	[-1.05597]
Prob	(0.37057)
D (LNSUP (-1))	0.038794
t-statistics	[0.05824]
Prob	(0.66615)
C	0.154787
Prob	(0.38928)

Note : * significatif au seuil de 10%, **significatif au seuil de 5% et ***au seuil de 1%

Source : Réalisé par les auteurs, donnés, 2020

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET LA PRODUCTION DES CEREALES AU BENIN

$$\text{LNPROC} = 0.15 - 0.08\text{LN(PLUV)} + 0.53\text{LN(TEM)} - 35.59\text{LN(POPT)} - 0.03\text{LN(SUP)}$$

D'après l'équation précédente, à court terme, on remarque que la production des céréales dépend négativement de la variation retardée d'une année de la population totale, de la pluviométrie, de la superficie emblavée et dépend positivement de la température.

En effet, aucune des variables de notre étude n'est significative au seuil de 5% ni 1%. Seul la pluviométrie est significatif au seuil de 10%. On conclut donc qu'à court terme Seul la pluviométrie un peu explique la production des céréales.

2.2.2.3. Tests sur les résidus et décomposition de la variance

Afin de tester la robustesse économétrique du modèle, nous allons procéder au différent test d'indépendance sérielle du multiplicateur de Lagrange et d'homoscédasticité de White.

Tableau 9 : Test de normalité-

Component	Jarque-Bera	Df	Prob.
1	4.693991	2	0.0957
2	2.035764	2	0.3614
3	2.243247	2	0.3258
4	0.104266	2	0.9492
5	1.716481	2	0.4239
Joint	10.79375	10	0.3738

Source : Réalisé par les auteurs, donnés, 2020

L'hypothèse de normalité des termes d'erreurs précise la distribution statistique des estimateurs. L'observation du tableau suivant du test de normalité de JB, nous montre que les résidus ne sont pas des bruits blancs gaussiens car les statistiques de Jarque-Bera sont

tous inférieurs à 5,99. De plus, la probabilité de JB est supérieure à 0,05. On accepte donc l'hypothèse de normalité des résidus.

2.2.2.4. Test d'hétéroscédasticité des résidus (test de white)

Le test de white permet de savoir si les erreurs sont homoscédastiques ou non. L'hétéroscédasticité qualifie les données (ou séries) qui n'ont pas une variance constante. Or, les séries doivent être homoscédastiques pour présenter les meilleurs estimateurs. Pour faire le test d'hétéroscédasticité, on utilise généralement deux tests : les tests de Breusch-Pagan (B-P) et de White. Mais, c'est le test de White qui est utilisé dans notre modèle. L'idée générale de ce test est de vérifier si le carré des résidus peut être expliqué par les variables du modèle et aussi de repérer une mauvaise spécification du modèle. Dans notre cas, l'hypothèse d'homoscédasticité est acceptée.

Tableau 10: Test d'heteroscedasticité

Chi-sq	Df	Prob.
360.7484	360	0.4790

Source : Réalisé par les auteurs, donnés, 2020

Tableau 11: test LM d'indépendance sérielle

Lags	LM-Stat	Prob
1	32.08488	0.1556
2	31.43914	0.1749

Source : Réalisé par les auteurs, données, 2020

Les différents tests économétriques effectués montrent que notre modèle est bien spécifié, qu'il y a absence d'autocorrélation et homoscédasticité des erreurs et que le modèle est structurellement et conjoncturellement stable donc la robustesse

économétrique du modèle est satisfaisante. Le pouvoir explicatif de chaque équation est élevé, on peut donc passer à l'interprétation économique.

Tableau 12: Test de causalité de Granger

Il ressort du test de causalité au sens de Granger ce qui suit :

Il ressort du test de causalité au sens de Granger ce qui suit :

-Il existe une relation unidirectionnelle entre la production totale des céréales et la pluviométrie, autrement dit, la production totale des céréales cause au sens de granger la pluviométrie au seuil de 5% pour la période étudiée. Ce qui signifie qu'une hausse de la production des céréales est dû à une augmentation de la quantité des pluies.

- Il existe une relation unidirectionnelle entre la population totale et la production totales des céréales au Bénin, autrement dit, la population totale cause au sens de granger la production des céréales au seuil de 5% pour la période étudiée. Ce qui signifie qu'une l'augmentation du nombre de la population totale entraîne une augmentation de la de la production totales des céréales au Bénin.

- Il existe une relation unidirectionnelle entre la population totale et la pluviométrie, autrement dit, la population totale cause au sens de granger la pluviométrie au seuil de 5% pour la période étudiée. Ce qui signifie qu'une hausse de la population totale entraîne une augmentation de la pluviométrie.

- Il existe une relation unidirectionnelle entre la superficie emblavée et population totale, autrement dit, superficie emblavée cause au sens de granger la population totale au seuil de 5% pour la période étudiée. Ce qui signifie qu'une hausse de la totale entraîne une augmentation de la pluviométrie.

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET LA PRODUCTION DES CEREALES AU BENIN

Variables	Causalité au sens de Granger	observations	Fstatistiques	Probabilités
LNPLUV cause LNPROC	NON	37	1.84950	0.1737
LNPROC cause LNTEM	OUI	37	4.21681**	0.0237
LNTEM cause LNPROC	NON	37	1.13421	0.3343
LNPROC cause LNPOPT	NON	37	0.78987	0.4626
LNPOPT cause LNPROC	OUI	37	11.0628**	0.0002
LNPROC cause LNPROPT	NON	37	0.71374	0.4974
LNPROPT cause LNSUP	NON	37	2.06700	0.1431
LNPROC cause LNSUP	NON	37	0.24461	0.7845
LNTEM cause LNPLUV	OUI	37	3.00229*	0.0638
LNPLUV cause LNTEM	NON	37	1.39619	0.2622
LNPOPT cause LNPLUV	OUI	37	3.87212**	0.0312
LNPLUV cause LNPOPT	NON	37	0.01232	0.9878
LNSUP cause LNPLUV	OUI	37	4.46403	0.0195
LNPLUV cause LNSUP	OUI	37	2.80645*	0.0753
LNPOPT cause LNTEM	NON	37	1.41108	0.2448
LNTEM cause LNPOPT	NON	37	0.21901	8.8045
LNSUP cause LNTEM	NON	37	1.95120	0.1586
LNTEM cause LNSUP	NON	37	0.91451	0.4109
LNSUP cause LNPOPT	OUI	37	4.01775**	0.0278
LNPOPT cause LNSUP	OUI	37	6.99136**	0.0030

Note: * significatif au seuil de 10% ** significatif au seuil de 5 % et *** significatif au seuil de 1%

Source : Réalisé par les auteurs ; donnée ; 2020.

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET LA PRODUCTION DES CEREALES AU BENIN

2.2.2.5 Décomposition de la variance.

L'analyse des variances fournit des informations quant à l'importance relative des innovations dans les variations de chacune des variables. Elle nous permet de déterminer dans quelle direction le choc a plus d'effet.

Tableau 13: Décomposition de la variance de la production des céréales

Période	S.E.	LNPROC	LNPLUV	LNTEM	LNPOPT	LNSUP
1	0.100105	100.0000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
2	0.127660	89.53458	7.301196	0.524521	1.911935	0.727765
3	0.135146	88.85991	6.526961	1.873109	2.086399	0.653622
4	0.150920	85.61391	5.277143	4.178911	4.012244	0.917790
5	0.168704	84.63861	5.753765	3.500241	4.982852	1.124537
6	0.184338	82.28400	7.575274	2.931791	5.874146	1.334791
7	0.195166	82.69581	6.864552	2.689822	6.355638	1.394178
8	0.204394	82.56539	6.829020	2.522849	6.699746	1.382991
9	0.215296	82.55415	6.652189	2.276381	7.057607	1.459674
10	0.226297	82.51930	6.652541	2.068080	7.232265	1.527811

Source : Réalise par les auteurs, données, 2020.

D'après ce tableau, on comprend qu'au cours de la première année, le choc qui affecte la production des céréales provient de lui-même, après dix ans on obtient en moyenne une innovation de la production des céréales qui contribue de 82,51% de sa variance de l'erreur de prévision, la pluviométrie contribue en moyenne 6.65% de sa propre variance de l'erreur, la température contribue en moyenne de 2.06% de sa propre variance de l'erreur, 7,23% pour la population totale enfin de 1,52% de la superficie emblavée. On conclut donc que la production des céréales contribue en bonne partie dans la détermination de la variance d'erreur de prévision.

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET LA PRODUCTION DES CEREALES AU BENIN

Tableau14 : Décomposition de la variance de la pluviométrie

Période	S.E.	LNPROC	LNPLUV	LNTEM	LNPOPT	LNSUP
1	0.394719	1.511275	98.48872	0.000000	0.000000	0.000000
2	0.459881	4.389704	86.39020	8.898592	0.070502	0.251006
3	0.499883	4.171347	86.35779	8.616839	0.295764	0.558259
4	0.529545	5.661466	85.51648	7.744887	0.284410	0.792760
5	0.559127	5.170610	86.56584	6.960422	0.578872	0.724262
6	0.614215	4.403567	87.95404	6.164310	0.819900	0.658183
7	0.654128	3.896901	88.33438	6.371869	0.813328	0.583524
8	0.679271	3.687721	88.81751	6.172753	0.771625	0.550388
9	0.705871	3.451688	89.40238	5.899569	0.730630	0.515734
10	0.735762	3.177016	89.92086	5.730664	0.696692	0.474768

Source : Réalisé par les auteurs, données, 2020

D'après le tableau, on comprend après dix ans on obtient en moyenne la pluviométrie qui contribue de 89,92% de sa variation de l'erreur de prévision, 5,73% pour la température, 0,69% pour la population totale, 0,47% pour la superficie emblavée enfin 3,17% pour la production des céréales. On conclut donc que la pluviométrie totale contribue en bonne partie dans la détermination de la variance d'erreur de prévision.

Tableau 15 : Décomposition de la variance de la température

Période	S.E.	LNPROC	LNPLUV	LNTEM	LNPOPT	LNSUP
1	0.038460	0.101490	6.022423	93.87609	0.000000	0.000000
2	0.040258	0.101641	5.537501	88.69482	3.757639	1.908401
3	0.049617	1.461753	7.202656	84.40622	3.788655	3.140716
4	0.052279	1.337640	10.22615	81.59575	3.600421	3.240037
5	0.057050	1.496224	11.39163	80.50850	3.282210	3.321432
6	0.059032	1.427298	11.05156	81.26185	3.094096	3.165196
7	0.060596	1.367321	10.72969	81.06670	3.433862	3.402427
8	0.063260	1.679095	10.05250	80.73734	3.852226	3.678834
9	0.065150	1.653593	9.489823	80.57162	4.356783	3.928182
10	0.067362	1.599458	9.086836	80.42813	4.805822	4.079753

Source : Réalisé par les acteurs, données, 2020

D'après ce tableau, on comprend après dix ans on obtient en moyenne la Température qui contribue de 80.42% de sa variation de l'erreur de prévision, 4,80% de la population totale, 4.07% pour la superficie emblavée 9.08% de la pluviométrie et enfin 1.59% de la production des céréales. On conclut donc que la température contribue en bonne partie dans la détermination de la variance d'erreur de prévision.

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET LA PRODUCTION DES CEREALES AU BENIN

Tableau16 : Décomposition de la variance de la population totale

Période	S.E.	LNPROC	LNPLUV	LNTEM	LNPOPT	LNSUP
1	0.000238	2.126604	5.877004	22.59479	69.40160	0.000000
2	0.000785	0.758670	8.052786	24.17169	66.76795	0.248897
3	0.001691	0.219045	8.940324	23.34962	66.47970	1.011316
4	0.002929	0.086280	10.49539	21.42527	66.01953	1.973541
5	0.004387	0.127891	12.27993	19.25989	65.53041	2.801878
6	0.005941	0.196414	13.66705	17.53127	65.18702	3.418239
7	0.007485	0.242410	14.56996	16.35286	64.98284	3.851933
8	0.008960	0.273569	15.17884	15.56736	64.80857	4.171665
9	0.010323	0.303832	15.64897	14.97821	64.64145	4.427542
10	0.011546	0.332521	16.04756	14.49745	64.48597	4.636500

Source : Réalisé par les acteurs, données, 2020

D'après le tableau, on comprend après dix ans on obtient en moyenne la population totale qui contribue de 64,48% de sa variation de l'erreur de prévision, 14,49% pour la température, 0,33% de la production totale des céréales, 16,04% de la pluviométrie et enfin 4,63 pour la superficie emblavée. On conclut donc que la population totale contribue en bonne partie dans la détermination de la variance d'erreur de prévision.

Tableau17 : Décomposition de la variance de superficie totale

Période	S.E.	LNPROC	LNPLUV	LNTEM	LNPOPT	LNSUP
1	0.053739	50.12830	5.882187	12.85061	15.27283	15.86607
2	0.069975	34.20238	17.05239	30.37882	9.008184	9.358229
3	0.071447	32.84423	16.45107	31.56254	10.07770	9.064461
4	0.073920	32.37840	16.61337	30.44790	12.03760	8.522721
5	0.083086	29.34817	20.62690	24.12394	17.52582	8.375171
6	0.093539	28.76076	19.56482	22.98565	20.26228	8.426479
7	0.099185	27.43331	20.45167	21.60421	22.15510	8.355713
8	0.102542	26.77943	19.73303	21.48754	23.68563	8.314362
9	0.106355	26.64374	19.56540	20.57230	24.90169	8.316874
10	0.110988	26.67079	19.47231	20.09255	25.41691	8.347438

Source : Réalisé par les auteurs, données, 2020

D'après ce tableau, on comprend après dix ans on obtient en moyenne la superficie emblavée qui contribue de 8,34% de sa variation de l'erreur de prévision, 20,09% pour la température, 26,67% de la production totale des céréales, 19,47% de la pluviométrie et

enfin 25,41% de la population totale. On conclut donc que la population totale contribue faiblement dans la détermination de la variance d'erreur de prévision.

2.2.3 Validation Des Hypothèses.

Hypothèse n°1

Elle suppose que «Une forte pluviométrie affecte négativement la production des céréales au Bénin» Ce qui signifie que la variable PLUV doit avoir un coefficient (β_1) non seulement négatif mais aussi significatif. Les résultats d'estimation de notre étude montrent que le coefficient de la variable PLUV est bien négatif et significatif. L'hypothèse1 est donc validée car elle a été vérifiée. Par conséquent nous pouvons affirmer qu'une forte pluviométrie affecte négativement la production des céréales au Bénin. Le tableau ci-dessous résume la validation des hypothèses de notre recherche.

Hypothèse n°2

Elle suppose que «La température influence négativement la production des céréales au Bénin.» .Ce qui signifie que la variable TEM doit avoir de coefficient β_2 non seulement négatif mais aussi doit être significatif. Les résultats d'estimation de notre étude montrent que le coefficient de la variable TEM est positif mais non significatif. L'hypothèse 2 n'est donc confirmée. Alors cette variable n'explique pas bien notre modèle. Par conséquent nous pouvons conclut que la Température influence positivement la production des céréales au Bénin.

Tableau 18 : Validation des hypothèses de recherche

Hypothèse	Résultats	Conclusion
Une forte pluviométrie affecte négativement la production des céréales au Bénin	$\beta_1 < 0$	Validée
La température influence négativement la production des céréales au Bénin	$\beta_2 > 0$	Non Validée

Source : Réalisé par les auteurs

2.2.4. Suggestions

Au terme de cette étude, il ressort que parmi les différentes variables explicatives considérées seule la pluviométrie a répondu à nos préoccupations. De ce fait, notons que la température n'a pas bien expliquée notre modèle bien quelle influence positivement la production des céréales puisqu'elle n'était pas significative au deuil de 5%. Ainsi de façon générale il s'agira de :

- Pratiquer une agriculture climato-intelligente et préserver les forêts : les techniques climato-intelligentes permettent aux agriculteurs d'accroître la productivité de leurs exploitations et leur résilience aux effets du changement climatique, tels que la sécheresse, tout en constituant des pièges à carbone qui réduisent les émissions nettes;
- Mettre en œuvre le système d'irrigation pour favoriser une agriculture de plein temps.
- Développer et renforcer le système de crédit dans les milieux de production des céréales avec des taux d'intérêt spéciaux pouvant permettre à tous surtout aux agriculteurs d'y accéder.
- créer des postes de vente des matériels agricoles (animaux de trait, motoculteurs...), partout où le besoin se fait sentir.

En somme, une politique de lutte contre le changement climatique s'inspirant de ces suggestions permettra au Bénin d'atténuer les effets du changement climatique et d'augmenter la productivité céréalière pour se monter au principe des nations de grande production et durable.



CONCLUSION

Cette étude a permis d'analyser l'effet des changements climatiques sur la production des céréales au Bénin. Elle s'est fixé comme spécifique, d'évaluer l'incidence de la pluviométrie sur production des céréales; part, et d'autre part d'évaluer l'influence de la température sur la production des céréales. Ainsi cela, nous nous sommes basés sur les hypothèses selon lesquelles, une forte pluviométrie affecte négativement la production des céréales et la température affecte négativement la production des céréales. Pour les estimations, nous avons adopté une méthodologie de recherche basée sur un modèle à correction d'erreur (ECM, « Error Correction Model ») proposée par Engle et Granger (1987). Ce modèle, qui fait partie de la classe des modèles dynamiques, permet de capter les effets temporels (délai d'ajustement, anticipations, etc...) dans l'explication d'une variable. Dans le cadre de cette étude, le modèle VECM estimé a aidé à saisir les effets des paramètres climatiques (température et pluviométrie) sur la production des céréales en tenant compte d'autres variables de contrôle indispensables couramment utilisées dans la littérature, dont l'influence améliore les résultats : la superficie et la population totale.

Nous avons procédé au test de racine unitaire Augmented Dickey-Fuller(ADF), on remarque que toutes les séries sont non stationnaires en niveau et stationnaires en différences premières. La procédure de Johansen (1988, 1991) nous a amené à conclure sur l'existence d'une relation de cointégration entre les variables, ce qui nous a permis d'estimer les coefficients de long terme. Afin de tester la robustesse économétrique du modèle, nous avons procédé au différent test d'indépendance sérielle. Notre modèle est ainsi validé sur le plan statistique grâce aux tests de normalité, d'homoscédasticité de white et d'autocorrélation des erreurs dont les résultats montrent qu'elles suivent une loi normale et sont non auto-corrélées. Au terme des modélisations à long terme et à court terme, nous sommes parvenus à des résultats tels que : une forte pluviométrie à un effet négatif et significatif sur la production des céréales (ce qui confirme notre première hypothèse de recherche) d'une part et la température à un effet positivement et non significatif sur la production des céréales (ce qui ne confirme pas notre deuxième hypothèse de recherche).

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET LA PRODUCTION DES CEREALES AU BENIN

Au regard de ces résultats, les autorités politiques de notre pays se doivent la prise en compte des capacités d'adaptation dans la mise en œuvre des décisions de politiques économique pour accroître la productivité agricole ciblée qui conduit au développement.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AFOUDA, F., (1990) : « L'eau et les cultures dans le Bénin central et septentrional : étude de la variabilité des bilans de l'eau dans leurs relations avec le milieu rural de la savane africaine », *Thèse de Doctorat nouveau régime*, Université de Paris IV (Sorbonne), Institut de géographie, 428p.

BOKO, M., (1988) : « Climats et communautés rurales du Bénin : Rythmes climatiques et rythmes de développement », *Thèse de doctorat d'Etat ès Lettres et Sciences Humaines*, CRC, URA 909 du CNRS, Université de Bourgogne, Dijon, 2 volumes, 601p.

DORMAN L. I., (2009): « Observed impact on planet earth: the role of space weather and cosmic ray affects in climate change », IZMIRAN RUSSIAN Academy of science Russia.

DA SILVA, L. (2009) : Impact économique des changements climatiques sur l'agriculture canadienne. *Mémoire de maîtrise*, HEC Montréal.

ERNEST A, CAMBERLIN P. and PERARD J., (2008): « Instability spatio-temporelle des régimes pluviométriques dans le bassin versant du mono-couffo (Afrique de l'Ouest) dse 1961 à 2000 ».

FAO (2002): « Food insecurity: When people must live with hunger and fear starvation. The state of food insecurity in the world 2002 », FAO, Rome, Italy, 214p.

FAO (2007): « L'adaptation aux changements climatiques centrée sur les personnes: intégration des questions de parité », Rome, Italie.

GIEC (2001) : « Bilan 2001 des changements climatiques: Mesures d'atténuation », *Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*, Genève, Suisse.

GIEC (2001) : « Bilan 2001 des changements climatiques : conséquences, adaptation et vulnérabilité » *Résumés du groupe de travail II du GIEC*. 96p.

GIEC (2007) : « Résumé à l'intention des décideurs », In M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P.

HOUNDENOU, C. (1999) : « Variabilité climatique et maïsiculture en milieu tropical humide : l'exemple du Bénin, diagnostic et modélisation », *Thèse de Doctorat de géographie*, UMR 5080, CNRS « climatologie de l'Espace Tropical », Université de Bourgogne, Centre de Recherche de Climatologie, Dijon, 341p.

HOUSSOU- GOE (2008) : « Agriculture durable et changement climatique au Bénin», Stratégie d'adaptation endogène des populations rurales du département de couffo. *Thèse de docuorat*.

PALUTIKOF, P.J. VAN DER LINDEN and C.E. HANSON, (éds.): « Bilan 2007 des changements climatiques: Impacts, adaptation et vulnérabilité », *Contribution du Groupe de travail II au quatrième Rapport d'évaluation. Rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*, Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni.

IPCC (1994) : « Guide méthodologique pour l'étude de la vulnérabilité et adaptation », Island Press. Caveli, California, 300p.

IPCC (1996): « Climate change 1995. The Science of Climate Change », Contribution of Working group I to the second assessment Report of the IPCC. Press. Cavelli, California, 572p.

IPCC (2001) : « Incidences de l'évolution du climat dans les régions, Rapport Spécial sur l'Evaluation de la vulnérabilité en Afrique », *Island Press*, Washington, 53p.

IGLESIAS, A. (2007): «climate change, impact, adptation and vulnerability»,*working group II contribution to the forth assessment reporte of the IPCC*.

ISSA, M. S. (1995) : « Impacts potentiels d'un changement climatique dû au doublement du CO2 atmosphérique sur l'agriculture en République du Bénin », *Mémoire de DESS*, Université Senghor d'Alexandrie, 113p.

MEHU (2003) : « Stratégie nationale de mise en œuvre au Bénin de la Convention Cadre de Nations Unies sur les Changements climatiques », Cotonou, 80p.

MENDELSON R., DINAR A. (2009): « Climate change and agriculture – An economic analysis of global impacts, adaptation and distributional effects », Cheltenham, Edward Elgar.

MEDELSON R., W. NORDHAUS AND SHAW D. (1994): « The impact of global warmingAgricultur », *American Economic Review*, 84 (4): 53-71

MEDELSON R., and DINAR A. (2003): « Climate, water, and Agriculur », Land

MEPN (2008) : « Programme d'Action National d'Adaptation aux changements climatiques du Bénin (PANA- Bénin) », Cotonou. 81p.

NERLOVE, M., (1958): « The dynamic of supply: Estimation of farmers' response to price », Baltimore, *Johns Hopkins University Press*.

NICHOLSON, S. E., Yin, X. & Ba, M. B. (2000) on the feasibility of using a lake water balance model to infer rainfall: an example from Lake Victoria. *Hydrol. Sci. J.* 45(1), 75–95.

NEFZI, F. ET BOUZIDI, F. (1998). Evaluation de l'impact économique des changements climatiques sur l'agriculture.

NORDHAUS W.D., (1991): « to slow or not to slow: the economics of the greenhouse effect », *Economic Journal*, 101: 920-937.

NORDHAUS, W.D. (1993). “Reflections on the Economics of Climate Change”, *Journal of Economic Perspective*, 4 (7), 11-25.

OGOUWALE, E. (2001) : « Vulnérabilité/Adaptation de l'agriculture aux changements climatiques dans le Département des collines », *Mémoire de maîtrise de Géographie*, UAC/FLASH.DGAT, 119p.

OGOUWALE, E. (2004) : « Changements climatiques et sécurité alimentaire dans le Bénin méridional », *Mémoire de DEA*, UAC/EDP/FLASH, 119p.

OGOUWALE, E. (2006) : « Changements climatiques dans le Bénin méridional et central : indicateurs, scénarios et prospective de la sécurité alimentaire », *Thèse de Doctorat unique*, LECRED*E/ FLASH/ EDP/ UAC, 302p.

OLANIRAN, (1991). Evidence of climatic change in Nigeria based on annual series of rainfall of different daily amounts, 1919-1985. *Clim. Change* 19: 319-341.

REILLY, J. ET HOHMANN, N. (1993): «Climate Change and Agriculture», the Role of International Trade». *The American Economic Review*, vol.83, No.2, pp 306-312.

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET LA PRODUCTION DES CEREALES AU BENIN

ANNEXES

Annexe 1 : Description des variables

	PROC	PLUV	TEM	POPT	SUP
Mean	989986.7	249.9744	27.26359	6976352.	865072.8
Median	942790.0	219.0000	27.40000	6664098.	838189.0
Maximum	2315556.	695.0000	30.10000	11485048	1616613.
Minimum	345952.0	79.00000	24.20000	3717165.	481650.0
Std. Dev.	513779.9	150.5391	1.061403	2352298.	264948.1
Skewness	0.649918	1.401634	-0.419978	0.328996	0.699192
Kurtosis	2.534728	4.699066	4.403057	1.888156	2.937581
Jarque-Bera	3.097338	17.46085	4.345402	2.712370	3.183987
Probability	0.212531	0.000162	0.113870	0.257642	0.203519
Sum	38609481	9749.000	1063.280	2.72E+08	33737839
Sum Sq. Dev.	1.00E+13	861157.0	42.80990	2.10E+14	2.67E+12
Observations	39	39	39	39	39

Annexe 2 : Sortie des différents Test de stationnarité

Production des céréales

ADF(0)

Null Hypothesis: LNPROC has a unit root		
Exogenous: Constant		
Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=9)		
	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-0.333485	0.9101
Test critical values: 1% level	-3.621023	
5% level	-2.943427	
10% level	-2.610263	

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET LA PRODUCTION DES CEREALES AU BENIN

ADF(1)

View	Proc	Object	Properties	Print	Name	Freeze	Sample	Genr	Sheet	Graph	Stats	
Augmented Dickey-Fuller Unit Root Test on D(LNPROC)												
Null Hypothesis: D(LNPROC) has a unit root												
Exogenous: Constant												
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=9)												
							t-Statistic	Prob.*				
Augmented Dickey-Fuller test statistic							-8.186618	0.0000				
Test critical values:							1% level	-3.621023				
							5% level	-2.943427				
							10% level	-2.610263				
*MacKinnon (1996) one-sided p-values												

Pluviométrie

ADF(0)

Null Hypothesis: LNPLUV has a unit root											
Exogenous: Constant											
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=9)											
							t-Statistic		Prob.*		
Augmented Dickey-Fuller test statistic							-2.433059		0.1398		
Test critical values:							1% level		-3.615588		
							5% level		-2.941145		
							10% level		-2.609066		

ADF(1)

Null Hypothesis: D(LNPLUV) has a unit root											
Exogenous: Constant											
Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=9)											
							t-Statistic		Prob.*		
Augmented Dickey-Fuller test statistic							-6.500418		0.0000		
Test critical values:							1% level		-3.626784		
							5% level		-2.945842		
							10% level		-2.611531		

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET LA PRODUCTION DES CEREALES AU BENIN

Température

ADF(0)

Null Hypothesis: LNTEM has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=9)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-2.475440	0.1295
Test critical values: 1% level	-3.621023	
5% level	-2.943427	
10% level	-2.610263	

ADF(1)

Null Hypothesis: D(LNTEM) has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=9)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-7.428689	0.0000
Test critical values: 1% level	-3.626784	
5% level	-2.945842	
10% level	-2.611531	

Population totale

ADF(0)

Null Hypothesis: D(LNPOPT) has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 8 (Automatic - based on SIC, maxlag=9)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-0.717895	0.8268
Test critical values: 1% level	-3.679322	
5% level	-2.967767	
10% level	-2.622989	

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET LA PRODUCTION DES CEREALES AU BENIN

ADF(1)

View	Proc	Object	Properties	Print	Name	Freeze	Sample	Genr	Sheet	Graph	Sta
Augmented Dickey-Fuller Unit Root Test on LNPOPT											
Null Hypothesis: LNPOPT has a unit root											
Exogenous: Constant											
Lag Length: 8 (Automatic - based on SIC, maxlag=9)											
						t-Statistic		Prob.*			
Augmented Dickey-Fuller test statistic						-4.972198		0.0004			
Test critical values:						1% level		-3.670170			
						5% level		-2.963972			
						10% level		-2.621007			

Superficie emblavée

ADF(0)

Augmented Dickey-Fuller Unit Root Test on LNSUP											
Null Hypothesis: LNSUP has a unit root											
Exogenous: Constant											
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=9)											
						t-Statistic		Prob.*			
Augmented Dickey-Fuller test statistic						-0.128656		0.9389			
Test critical values:						1% level		-3.615588			
						5% level		-2.941145			
						10% level		-2.609066			

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET LA PRODUCTION DES CEREALES AU BENIN

ADF(1)

Augmented Dickey-Fuller Unit Root Test on D(LNSUP)		
Null Hypothesis: D(LNSUP) has a unit root		
Exogenous: Constant		
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=9)		
	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-7.814489	0.0000
Test critical values: 1% level	-3.621023	
5% level	-2.943427	
10% level	-2.610263	

Annexe 3: Détermination du nombre de retard

View	Proc	Object	Print	Name	Freeze	Estimate	Forecast	Stats	Impulse	Resids	Zoom
VAR Lag Order Selection Criteria											
Endogenous variables: LNPROC											
Exogenous variables: C LNPLUV LNTEM LNPOPT LNSUP											
Date: 12/18/20 Time: 13:35											
Sample: 1980 2018											
Included observations: 38											
Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ					
0	48.74516	NA*	0.005865*	-2.302377*	-2.086905*	-2.225714*					
1	48.97990	0.395358	0.006113	-2.262100	-2.003534	-2.170104					
* indicates lag order selected by the criterion											
LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)											
FPE: Final prediction error											
AIC: Akaike information criterion											
SC: Schwarz information criterion											
HQ: Hannan-Quinn information criterion											

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET LA PRODUCTION DES CEREALES AU BENIN

Annexe 4 : Les résultats du test de la trace

View	Proc	Object	Print	Name	Freeze	Sample	Sheet	Stats	Spec
Johansen Cointegration Test									
Date: 12/18/20 Time: 14:21									
Sample (adjusted): 1983 2018									
Included observations: 36 after adjustments									
Trend assumption: Quadratic deterministic trend									
Series: LNPROC LNPLUV LNTEM LNPOPT LNSUP									
Lags interval (in first differences): 1 to 2									
Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)									
Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**					
None *	0.922741	151.9556	79.34145	0.0000					
At most 1 *	0.670510	59.77446	55.24578	0.0189					
At most 2	0.335182	19.80691	35.01090	0.7189					
At most 3	0.116044	5.110198	18.39771	0.9292					
At most 4	0.018430	0.669658	3.841466	0.4132					
Trace test indicates 2 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level									
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level									
**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values									

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET LA PRODUCTION DES CEREALES AU BENIN

Annexe 5 : Estimation du modèle VEC (2) à long terme

View	Proc	Object	Print	Name	Freeze	Estimate	Forecast	Stats	Impulse	Resids	Zoom
Vector Error Correction Estimates											
Vector Error Correction Estimates Date: 12/18/20 Time: 14:30 Sample (adjusted): 1983 2018 Included observations: 36 after adjustments Standard errors in () & t-statistics in []											
Cointegrating Eq:		CointEq1									
LNPROC(-1)		1.000000									
LNPLUV(-1)		-0.163861 (0.03729) [-4.39428]									
LNTEM(-1)		4.715377 (0.51032) [9.23997]									
LNPOPT(-1)		-4.546487 (1.22389) [-3.71477]									
LNSUP(-1)		-4.981659 (0.33581) [-14.8346]									
@TREND(80)		0.229520									
C		106.2885									

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET LA PRODUCTION DES CEREALES AU BENIN

Annexe 6 : Estimation du modèle VEC (2) à court terme

Error Correction:	D(LNPROC)
CointEq1	-0.094343 (0.18461) [-0.51105]
D(LNPROC(-1))	-0.379593 (0.25903) [-1.46542]
D(LNPROC(-2))	-0.339078 (0.21112) [-1.60609]
D(LNPLUV(-1))	-0.083625 (0.05755) [-1.45300]
D(LNPLUV(-2))	0.023395 (0.05304) [0.44106]
D(LNTEM(-1))	0.536630 (0.84609) [0.63425]
D(LNTEM(-2))	0.526933 (0.61111) [0.86225]
D(LNPOPT(-1))	-35.59218 (33.7057) [-1.05597]
D(LNPOPT(-2))	34.62769 (0.38299) [0.91535]
D(LNSUP(-1))	0.038794 (0.66615) [0.05824]
D(LNSUP(-2))	-0.435976 (0.45132)

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET LA PRODUCTION DES CEREALES AU BENIN

	[-0.96601]
C	0.154787 (0.38928) [0.39763]
@TREND(80)	-0.001349 (0.00197) [-0.68399]
R-squared	0.475923
Adj. R-squared	0.202492
Sum sq. resids	0.230486
S.E. equation	0.100105
F-statistic	1.740558
Log likelihood	39.83776
Akaike AIC	-1.490987
Schwarz SC	-0.919161
Mean dependent	0.052300
S.D. dependent	0.112096
Determinant resid covariance (dof adj.)	
Determinant resid covariance	
Log likelihood	
Akaike information criterion	
Schwarz criterion	

Annexe 7 : Test de normalité

Component	Jarque-Bera	df	Prob.
1	4.693991	2	0.0957
2	2.035764	2	0.3614
3	2.243247	2	0.3258
4	0.104266	2	0.9492
5	1.716481	2	0.4239
Joint	10.79375	10	0.3738

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET LA PRODUCTION DES CEREALES AU BENIN

Annexe 8 : Tests sur les résidus

View Proc Object Print Name Freeze Estimate Forecast Stats Impulse Resids Zoom

VEC Residual Heteroskedasticity Tests: No Cross Terms (only levels and squares)

Date: 12/18/20 Time: 14:50

Sample: 1980 2018

Included observations: 36

Joint test:

Chi-sq	df	Prob.
360.7484	360	0.4790

Annexe 9 : Test d'heteroscedasticité

View Proc Object Print Name Freeze Estimate Forecast Stats Impulse Resids Zoom

VEC Residual Serial Correlation LM T...

Null Hypothesis: no serial correlation ...

Date: 12/18/20 Time: 14:52

Sample: 1980 2018

Included observations: 36

Lags	LM-Stat	Prob
1	32.08488	0.1556
2	31.43914	0.1749

Probs from chi-square with 25 df.

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET LA PRODUCTION DES CEREALES AU BENIN

Annexe 10 : Test de causalité de Granger

View	Proc	Object	Print	Name	Freeze	Sample	Sheet	Stats	Spec
Pairwise Granger Causality Tests									
Date: 12/18/20 Time: 14:54									
Sample: 1980 2018									
Lags: 2									
Null Hypothesis:						Obs	F-Statistic	Prob.	
LNPLUV does not Granger Cause LNPROC						37	1.84950	0.1737	
LNPROC does not Granger Cause LNPLUV							4.21681	0.0237	
LNTEM does not Granger Cause LNPROC						37	1.13421	0.3343	
LNPROC does not Granger Cause LNTEM							0.78987	0.4626	
LNPOPT does not Granger Cause LNPROC						37	11.0628	0.0002	
LNPROC does not Granger Cause LNPOPT							0.71374	0.4974	
LNSUP does not Granger Cause LNPROC						37	2.06700	0.1431	
LNPROC does not Granger Cause LNSUP							0.24461	0.7845	
LNTEM does not Granger Cause LNPLUV						37	3.00229	0.0638	
LNPLUV does not Granger Cause LNTEM							1.39619	0.2622	
LNPOPT does not Granger Cause LNPLUV						37	3.87212	0.0312	
LNPLUV does not Granger Cause LNPOPT							0.01232	0.9878	
LNSUP does not Granger Cause LNPLUV						37	4.46403	0.0195	
LNPLUV does not Granger Cause LNSUP							2.80645	0.0753	
LNPOPT does not Granger Cause LNTEM						37	1.47108	0.2448	
LNTEM does not Granger Cause LNPOPT							0.21901	0.8045	
LNSUP does not Granger Cause LNTEM						37	1.95120	0.1586	
LNTEM does not Granger Cause LNSUP							0.91451	0.4109	
LNSUP does not Granger Cause LNPOPT						37	4.01775	0.0278	
LNPOPT does not Granger Cause LNSUP							6.99136	0.0030	

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET LA PRODUCTION DES CEREALES AU BENIN

Annexe 11: Décomposition de variance de la production des céréales

View	Proc	Object	Print	Name	Freeze	Estimate	Forecast	Stats	Impulse	Resids	Zoom	
Variance Decomposition of LNPROC:												
Period	S.E.	LNPROC	LNPLUV	LNTEM	LNPOPT	LNSUP						
1	0.100105	100.0000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000						
2	0.127660	89.53458	7.301196	0.524521	1.911935	0.727765						
3	0.135146	88.85991	6.526961	1.873109	2.086399	0.653622						
4	0.150920	85.61391	5.277143	4.178911	4.012244	0.917790						
5	0.168704	84.63861	5.753765	3.500241	4.982852	1.124537						
6	0.184338	82.28400	7.575274	2.931791	5.874146	1.334791						
7	0.195166	82.69581	6.864552	2.689822	6.355638	1.394178						
8	0.204394	82.56539	6.829020	2.522849	6.699746	1.382991						
9	0.215296	82.55415	6.652189	2.276381	7.057607	1.459674						
10	0.226297	82.51930	6.652541	2.068080	7.232265	1.527811						

Annexe 12 : Décomposition de variance de la pluviométrie

View	Proc	Object	Print	Name	Freeze	Estimate	Forecast	Stats	Impulse	Resids	Zoom	
Variance Decomposition of LNPLUV:												
Period	S.E.	LNPROC	LNPLUV	LNTEM	LNPOPT	LNSUP						
1	0.394719	1.511275	98.48872	0.000000	0.000000	0.000000						
2	0.459881	4.389704	86.39020	8.898592	0.070502	0.251006						
3	0.499883	4.171347	86.35779	8.616839	0.295764	0.558259						
4	0.529545	5.661466	85.51648	7.744887	0.284410	0.792760						
5	0.559127	5.170610	86.56584	6.960422	0.578872	0.724262						
6	0.614215	4.403567	87.95404	6.164310	0.819900	0.658183						
7	0.654128	3.896901	88.33438	6.371869	0.813328	0.583524						
8	0.679271	3.687721	88.81751	6.172753	0.771625	0.550388						
9	0.705871	3.451688	89.40238	5.899569	0.730630	0.515734						
10	0.735762	3.177016	89.92086	5.730664	0.696692	0.474768						

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET LA PRODUCTION DES CEREALES AU BENIN

Annexe 13 : Décomposition de variance de la Température

View	Proc	Object	Print	Name	Freeze	Estimate	Forecast	Stats	Impulse	Resids	Zoom	
Variance Decomposition of LNTEM:												
Period	S.E.	LNPROC	LNPLUV	LNTEM	LNPOPT	LNSUP						
1	0.038460	0.101490	6.022423	93.87609	0.000000	0.000000						
2	0.040258	0.101641	5.537501	88.69482	3.757639	1.908401						
3	0.049617	1.461753	7.202656	84.40622	3.788655	3.140716						
4	0.052279	1.337640	10.22615	81.59575	3.600421	3.240037						
5	0.057050	1.496224	11.39163	80.50850	3.282210	3.321432						
6	0.059032	1.427298	11.05156	81.26185	3.094096	3.165196						
7	0.060596	1.367321	10.72969	81.06670	3.433862	3.402427						
8	0.063260	1.679095	10.05250	80.73734	3.852226	3.678834						
9	0.065150	1.653593	9.489823	80.57162	4.356783	3.928182						
10	0.067362	1.599458	9.086836	80.42813	4.805822	4.079753						

Annexe 14: Décomposition de variance de la population totale

View	Proc	Object	Print	Name	Freeze	Estimate	Forecast	Stats	Impulse	Resids	Zoom	
Variance Decomposition												
Variance Decomposition of LNPOPT:												
Period	S.E.	LNPROC	LNPLUV	LNTEM	LNPOPT	LNSUP						
1	0.000238	2.126604	5.877004	22.59479	69.40160	0.000000						
2	0.000785	0.758670	8.052786	24.17169	66.76795	0.248897						
3	0.001691	0.219045	8.940324	23.34962	66.47970	1.011316						
4	0.002929	0.086280	10.49539	21.42527	66.01953	1.973541						
5	0.004387	0.127891	12.27993	19.25989	65.53041	2.801878						
6	0.005941	0.196414	13.66705	17.53127	65.18702	3.418239						
7	0.007485	0.242410	14.56996	16.35286	64.98284	3.851933						
8	0.008960	0.273569	15.17884	15.56736	64.80857	4.171665						
9	0.010323	0.303832	15.64897	14.97821	64.64145	4.427542						
10	0.011546	0.332521	16.04756	14.49745	64.48597	4.636500						

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET LA PRODUCTION DES CEREALES AU BENIN

Annexe 15 : Décomposition de la superficie emblavée

Variance Decomposition of LNSUP:						
Period	S.E.	LNPROC	LNPLUV	LNTEM	LNPOPT	LNSUP
1	0.053739	50.12830	5.882187	12.85061	15.27283	15.86607
2	0.069975	34.20238	17.05239	30.37882	9.008184	9.358229
3	0.071447	32.84423	16.45107	31.56254	10.07770	9.064461
4	0.073920	32.37840	16.61337	30.44790	12.03760	8.522721
5	0.083086	29.34817	20.62690	24.12394	17.52582	8.375171
6	0.093539	28.76076	19.56482	22.98565	20.26228	8.426479
7	0.099185	27.43331	20.45167	21.60421	22.15510	8.355713
8	0.102542	26.77943	19.73303	21.48754	23.68563	8.314362
9	0.106355	26.64374	19.56540	20.57230	24.90169	8.316874
10	0.110988	26.67079	19.47231	20.09255	25.41691	8.347438
Cholesky Ordering: LNPROC LNPLUV LNTEM LNPOPT LNSUP						

Table des matières

AVERTISSEMENT.....	i
DEDICACE 1	ii
DEDICACE 2	iii
REMERCIEMENTS.....	iv
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS	v
LISTE DES TABLEAUX	vi
LISTES DES FIGURES	vii
RESUME	viii
SOMMAIRE	ix
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : CADRE THEORIQUE ET METHODOLOGIE DE L'ETUDE	4
1.1. Cadre théorique de l'étude	5
1.1.1. Problématique de l'étude	5
1.1.2. Revue de littérature.....	8
1.2. Cadre méthodologique de recherche	18
1.2.1. Présentation du modèle et données utilisées	18
Tableau 1 : Signes attendus des variables explicatives et leur signification	23
1.2.2. Procédure d'estimation	23
Tableau 2 : Procédure de validation	26
CHAPITRE II : PRESENTATION, ANALYSE DES RESULTATS ET SUGGESTION	27
2.1. Analyse descriptive des variables	28
2.1.1. Analyse graphique des variables	28
Figure 1 : Evolution de la production de céréale de 1980 à 2018	28
Figure 2 : Evolution de la pluviométrie de 1980 à 2018.	29
Figure 3 : Evolution de la température annuelle de 1980 à 2018.....	30
Figure 4 : Evolution de la population totale de 1980 à 2018.....	31
Figure 5 : Evolution de la superficie de 1980 à 2018.....	31
2.1.2. Statistique descriptive.....	32
Tableau 3 : Description des variables.....	32
2.2. Présentation des résultats d'estimations.....	34
2.2.1. Test de stationnarité.....	34

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET LA PRODUCTION DES CEREALES AU BENIN

Tableau 4 : Test de stationnarité en niveau.	34
2.2.2. Formalisation du Modèle VECM	35
Tableau 5: Détermination du nombre de retard.....	35
Tableau 6: Les résultats du test de la trace	36
Tableau 7: Estimation du modèle VEC à long terme	36
Tableau 8 : Estimation du modèle VEC à court terme	37
Tableau 9 : Test de normalité-.....	38
Tableau 10: Test d'heteroscedasticité	39
Tableau 11: test LM d'indépendance sérielle.....	39
Tableau 12: Test de causalité de Grang-er	40
Tableau 13: Décomposition de la variance de la production des céréales	42
Tableau14 : Décomposition de la variance de la pluviométrie	43
Tableau 15 : Décomposition de la variance de la température.....	43
Tableau16 : Décomposition de la variance de la population totale.....	44
Tableau17 : Décomposition de la variance de superficie totale	44
Tableau 18 : Validation des hypothèses de recherche	45
2.2.4. Suggestions.....	46
CONCLUSION.....	47
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	50
ANNEXES	a
Table des matières	o