

REPUBLIQUE DU BENIN

---***---



UNIVERSITE D'ABOMEY CALAVI



---***---

FACULTE DES SCIENCES ECONOMIQUES ET DE GESTION

---***---

Mémoire présenté en vue de l'obtention des crédits associés au diplôme de
LICENCE PROFESSIONNELLE EN SCIENCES ECONOMIQUES

Option : Economie

Spécialité : Economie Appliquée

THEME

VARIABILITE CLIMATIQUE ET PRODUCTIVITE AGRICOLE :
CAS DU MAÏS AU BENIN.

Présenté par :

ATCHO Kolawolé Mikhaël D.

&

AVENON Barbara Roland

Sous la direction de :

Maître de stage

Dr. Ir. ADEGBOLA Patrice

Directeur du CRA-A/INRAB

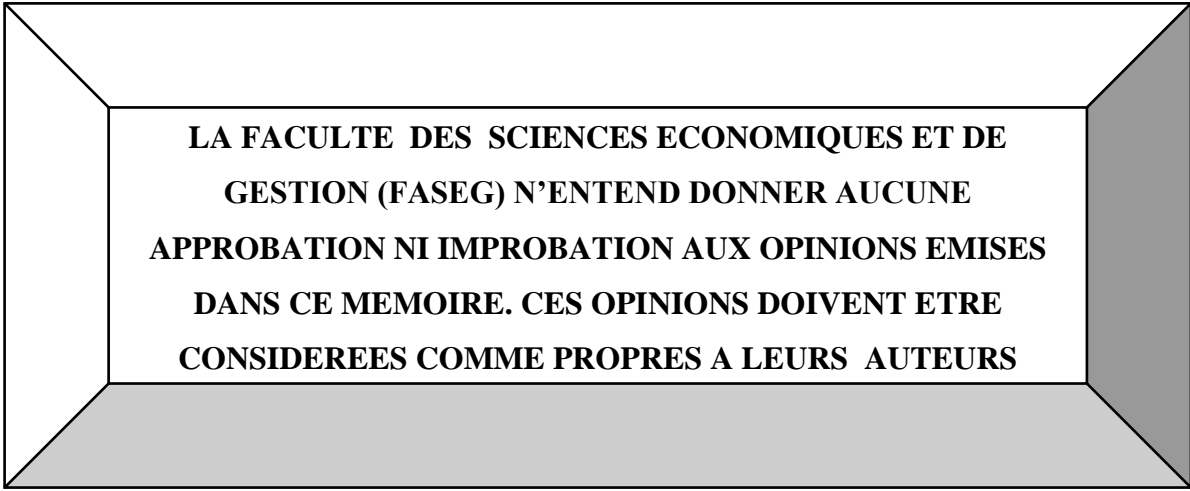
Directeur de Mémoire

Dr Yves Yao SOGLO

Enseignant à la FASEG/UAC

Année Académique : 2014 - 2015

AVERTISSEMENT



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

DEDICACE

Je dédie ce travail :

A

Ma mère CHABI Christine

Mon Feu père ATCHO Prosper

Mes frères et sœurs

Kolawolé D. M. ATCHO

Je dédie ce travail

A

Ma mère BLENON Delphine

Mon père AVENON Théophile

Mes frères et sœurs

Roland B. AVENON

REMERCIEMENTS

Ce travail n'aurait pas été possible sans le concours de certaines personnes à qui nous exprimons notre profonde gratitude. Nos remerciements vont à l'endroit :

Du Docteur Yves SOGLO, notre maître de mémoire qui malgré ses multiples occupations a accepté superviser ce travail avec rigueur et dévouement. Nous vous témoignons toute notre admiration pour vos grandes qualités scientifiques et humaines.

De tout le corps enseignant de la FASEG et son personnel pour leur contribution à notre formation.

Du Dr. Ir. ADEGBOLA Patrice, pour nous avoir accepté dans son programme.

De Mr AMEGNAGLO Jaurès, qui a mis à notre disposition les documents nécessaires pour la réalisation de ce travail.

De Mr ATCHO Melchior, pour ces efforts fournis pour nous trouver un stage à l'INRAB.

De tous ceux de près ou de loin ont contribué à la réalisation de cette œuvre.

LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES

AGVSAN	: Analyse Globale de la Vulnérabilité de la Sécurité Alimentaire et de la Nutrition
ACI	: Initiative Commandité par des partenaires Américains
APE	: Agents Permanents de l'Etat
APS	: Analyse politique sectorielle
CARDER	: Centres d'Action Régionale pour le Développement Rural
CEDEAO	: Communauté Economique des Etats de l'Afrique de l'Ouest
CIRAD	: Centre International de Recherche Agricole pour le Développement
DEA	: Diplôme d'Etude Approfondie
DEAT	: Diplôme d'Etude d'Agriculture Tropicale
DPP	: Direction de la Programmation et de la Prospective
EICSTAD	: Evaluation Internationale de Connaissances, des Sciences et des Technologies
FA	: Faculté d'Agronomie de Parakou
FASEG	: Faculté des Sciences Economiques et de Gestion
FAO	: Food and Agricultural Organisation
GIEC	: Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'évolution du Climat
IFAD	: International Fund for Agricultural Development
INRAB	: Institut National de Recherche Agricole du Bénin
INSAE	: Institut Nationale de la Statistique et de l'Analyse Economique
ITTA	: International Institut of Tropical Agriculture
LAMS	: Lycée Agricole Médji de Sékou
MAET	: Macro-Economie des Technologies

Variabilité climatique et productivité agricole : cas du maïs au Bénin

MAP	: Matrice Analyse de la Politique Agricoles pour le Développement
MEHU	: Ministère de l'Environnement de l'Habitat et de l'Urbanisme
MIET	: Micro-Economie des Technologies
OIT	: Organisation Internationale du Travail
ONASA	: Office National de la Sécurité Alimentaire
OSD	: Orientations Stratégiques de Développement
PAN	: Programme Agricole Nationale
PAPA	: Programme Analyse de la Politique Agricole
PIB	: Produit Intérieur Brut
PSRSA	: Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole
RGPH	: Recensement Général de la Population et de l'Habitat
SCRP	: Stratégie de Croissance et de Réduction de la Pauvreté
SI	: Sociologie des technologies
SCRP	: Stratégie de Croissance et de Réduction de la Pauvreté
SB	: Statistique et Biométrie
SNRA	: Système National de Recherche Agronomique
UAC	: Université d'Abomey-Calavi

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Répercussion des inondations sur les superficies (ha) au niveau de quelques cultures fondamentales.....	18
Tableau 2 : Projections des pluviométries, des précipitations à l’horizon 2050	19
Tableau 3 : Anomalies de ces précipitations et des températures annuelles projetées de 2000 à 2100	20
Tableau 4 : Résumé des mesures endogènes d’adaptations climatiques	21
Tableau 6 : Test d’ADF en différence première (Annexe).....	36
Suggestions.....	40

LISTE DES GRAPHIQUES

Graphique 1 : Evolution de la pluviométrie	31
Graphique 2 : Evolution de la température.....	32
Graphique 3 : Evolution interannuelle des températures moyennes à Kandi, Savè et Cotonou de 1980 à 2013	33
Graphique 4 : Evolution de la production annuelle du maïs par rapport à la moyenne.....	34
Graphique 5 : Evolution de la production annuelle du maïs et des précipitations annuelles.	35
Graphique 6 : Evolution de la production annuelle du maïs et de la variation de la température moyenne.	35

SOMMAIRE

AVERTISSEMENT	ii
DEDICACE.....	iii
REMERCIEMENTS	iv
LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES	v
LISTE DES TABLEAUX	vii
LISTE DES GRAPHIQUES	viii
SOMMAIRE	ix
Résumé.....	x
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 : Cadre institutionnel et théorique de l'étude	3
Section1 : Cadre institutionnel	3
Section 2 : Cadre théorique de l'étude	12
CHAPITRE II : Cadre empirique.....	25
Section 1 : Cadre méthodologique	25
Section 2 : Résultats et discussions	31
Suggestions.....	40
CONCLUSION	41
Références bibliographique.....	43
ANNEXES	45
Table des matières	55

Résumé

Eu égard des autres fléaux qui minent l'humanité (chômage, inflation etc.), la variabilité climatique reste l'un des dangers les plus graves qui pèse sur le développement durable. Notre étude a pour objectif d'appréhender l'évolution de la variabilité climatique en relation avec la culture du maïs qui est pluviale au Bénin. L'étude, vise à faire une analyse de la variabilité climatique et productivité agricole : cas de la culture du maïs au Bénin par le biais des variables telles que le prix maïs, le prix du mil, la température, la pluviométrie et la superficie.

En effet la demande du maïs ne cesse d'accroître au Bénin ce qui a tout point de vue doit augmenter la productivité locale. Mais la réalité est tout autre car la productivité est faible. Pour connaître les raisons d'une telle situation il est nécessaire de faire ressortir les différents facteurs qui handicapent un niveau élevé de la productivité du maïs. Pour y parvenir, des recherches ont été faites à l'ASECNA, au MAEP et à la bibliothèque centrale. Les informations recueillies sont relatives à la base des données de la température, la pluviométrie, production annuelle du maïs et du mil de 1980 à 2013. Ainsi cette productivité du maïs a été analysée à l'aide d'un modèle linéaire de Tchunte. Après estimations par MCO des variables explicatives, nous pouvons dire que la température et la pluviométrie n'ont pas une grande dépendance avec la productivité du maïs, mais elle dépend d'autres facteurs plus importants comme la superficie des terres. D'autre part, les variables comme le prix du mil et la superficie déterminent significativement le niveau de la production du maïs.

INTRODUCTION

A l'échelle planétaire, on observe déjà une hausse des températures moyennes de l'atmosphère et de l'océan, une fonte massive de la neige et de la glace et une élévation du niveau moyen de la mer (GIEC, 2007). L'Afrique en général, et l'Afrique de l'Ouest en particulier, est plus vulnérable à la variabilité et aux changements climatiques notamment à cause de certaines de ses caractéristiques physiques et socio-économiques qui la prédisposent aux effets négatifs des variations du climat (UICNBRAO et al., 2003 cité par GIEC, 2007).

Au Bénin, les projections climatiques montrent un climat affecté par une modification des précipitations et une hausse des températures. Ces deux tendances, combinées à une plus grande variabilité saisonnière, à l'augmentation en fréquence et en intensité des événements extrêmes (sécheresse, inondations, tempêtes) et à l'élévation du niveau de la mer auront des graves conséquences sur différents secteurs économiques (Boko et al, 2012). La recrudescence des inondations et des poches de sécheresse constitue un frein pour l'agriculture béninoise qui est essentiellement pluviale.

Le secteur agricole est essentiellement l'économie du pays ; il contribue pour 37% du PIB pour plus de 85% des recettes d'exportation d'origine intérieure et pour environ 75% à l'emploi de la population active. La production est très diversifiée et permet de subvenir aux besoins de la population en année normale ; cependant, l'agriculture a de plus de difficulté à jouer son rôle de secteur moteur de l'économie.

Le maïs, l'arachide, le niébé, le riz, le mil, le sorgho, le manioc et l'igname constituent les principales cultures vivrières pratiquées au Bénin. Parmi ces cultures, les céréales dominent le système d'assolement avec une prédominance du maïs sur le sorgho et sur le petit mil. Le maïs occupe une place prépondérante dans le tissu productif au Bénin. En effet, cette céréale s'intègre aux systèmes de production et aux habitudes alimentaires de toute la population béninoise mais à des degrés divers. Le maïs occupe aujourd'hui la première place dans le système alimentaire national. Il constitue le principal aliment de base de toute la partie méridionale du Bénin, soit les 2/3 de la population nationale (SODJINOUE et al., 2007). Habituellement cultivé au sud et au centre (département de l'Ouémé/Plateau, Mono/Couffo, Atlantique/Littoral et Zou/Colline), la production de cette céréale s'est étendue aux zones de production de coton dans les régions septentrionale. Le volume de la production a franchi la barre des 800 000 tonnes en 2004 et celle de 1 million de tonne en 2009 (MAEP/DPP-SSSE,

Variabilité climatique et productivité agricole : cas du maïs au Bénin

2009). C'est la seule céréale pour laquelle, le Bénin dégage des excédents exportables vers les pays voisins, le Niger en l'occurrence. Mais ce niveau actuel de production du maïs (dans une hypothèse de forte consommation) ne dégage qu'un faible solde vivrier moins de 150 000 tonnes (ONASA, 2010), ce qui n'est rassurant quand on sait qu'il constitue aussi la principale matière pour la fabrication des farines infantiles et des provendes (MAEP, 2009).

Dans ce contexte pour mieux comprendre les irrégularités climatiques et leurs impacts, il est indispensable d'explicitier clairement ses différentes implications et les catastrophes causées tant sur la production agricole que sur le rendement. Ainsi cette étude a pour thème : Variabilité climatique et productivité agricole : Cas du maïs.

Pour réaliser au mieux cette étude, qui s'inscrit dans le cadre de notre mémoire de fin de formation en licence professionnelle à la Faculté des Sciences Economiques et de Gestion (FASEG), un stage d'une durée de trois mois a été faite à l'INRAB et plus précisément au PAPA.

Après la présentation du cadre théorique et institutionnel de l'étude, le présent mémoire aborde dans le second chapitre le cadre empirique.

CHAPITRE 1 : Cadre institutionnel et théorique de l'étude

Ce chapitre, présente dans une première section le cadre institutionnel et dans une seconde section le cadre théorique de l'étude.

Section1 : Cadre institutionnel

Paragraphe1 : Historique du PAPA

L'entité qui a abrité notre stage est le Programme Analyse de la Politique Agricole (PAPA) créé en 1996. Il est l'un des trois (03) programmes du Centre de Recherche Agricole à vocation nationale basé à Agonkanmey (CRA-Agonkanmey), qui lui est un des six (06) Centres de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB).

En effet, le PAPA a subi un changement de dénomination ce qui se justifie par de nouvelles orientations qui lui ont été assigné lors des réflexions sur le Plan Directeur de la Recherche Agricole Nationale. Cette nouvelle orientation consiste en l'analyse des impacts des stratégies de développement dans le cadre de la politique agricole. Dans ce sens, le PAPA exerce toutes les activités dévolues au LESR, avec toute fois de nouvelles fonctions à lui assignées par les réformes de la recherche agricole au Bénin adoptées en 1992. L'objectif global du Programme Analyse de la Politique Agricole est d'aider à comprendre les interactions entre le secteur agricole et l'environnement socio-économique et institutionnel.

Paragraphe 2 : Structure du PAPA

A la faveur de l'actualisation en cours, le PAPA est constitué comme suit :

A. Chef Programme Analyse de la Politique Agricole

Il doit être doté d'un Doctorat ou PhD en agro économie, économie, économie ou sociologie rurales ; avoir au moins dix (10) ans d'expérience dans la recherche dans le domaine de l'analyse de la politique agricole ; maîtriser la politique agricole nationale, la politique nationale de recherche agricole, Le management des organisations, La gestion axée sur les résultats, Le cycle de gestion de la recherche agricole, La démarche qualité, La rédaction administrative

Il doit être capable de réaliser une étude diagnostique, d'élaborer et évaluer un protocole de recherche, diriger et conduire une équipe de recherche, réaliser des rapports de synthèse, évaluer les activités de recherche, mobiliser le financement pour la recherche,

Variabilité climatique et productivité agricole : cas du maïs au Bénin

travailler sous pression, travailler en groupe, utiliser l’outil informatique et l’internet, mettre en place et gérer une base de données, lire, écrire et parler l’anglais.

B. Chauffeur

Il doit : Avoir au moins trois (3) ans d’expérience dans la conduite sur de longues distances ;

➤ Connaitre :

- ✚ La déontologie administrative
- ✚ La déontologie des CVA
- ✚ La maintenance préventive des véhicules
- ✚ Le code de la route
- ✚ La carte géographique du pays

➤ Etre capable de :

- ✚ Appliquer le code de la route
- ✚ Entretenir régulièrement le véhicule
- ✚ Assurer la maintenance préventive
- ✚ Tenir à jour les documents de bord
- ✚ Lire, écrire et parler le français
- ✚ conduire aussi les nuits en cas de besoin

➤ Etre :

Discret, respectueux, disponible et courtois

C. Gardien

Il doit avoir le CEP ou un diplôme équivalent ;

➤ Connaitre :

- ✚ La déontologie administrative

➤ Etre capable de :

- ✚ Garder les lieux, les bâtiments, les locaux
- ✚ Participer à la surveillance et à la sécurité des lieux
- ✚ Assurer la protection des lieux en effectuant des rondes
- ✚ Organiser et planifier son travail
- ✚ S'abstenir de consommer les produits alcoolisés et du tabac

D. Secrétaire/Comptable

Il doit avoir BAC + 2 ans d'étude en gestion financière et comptable ;

➤ **Connaitre :**

- ✚ La finance publique
- ✚ La gestion axée sur les résultats
- ✚ La gestion des marchés publics
- ✚ La rédaction administrative
- ✚ La déontologie administrative

➤ **Etre capable de :**

- ✚ Elaborer des procédures de gestion financière
- ✚ élaborer les bilans et les états financiers
- ✚ Planifier les besoins financiers
- ✚ Concevoir le budget
- ✚ Mettre en place une comptabilité matière
- ✚ assurer le suivi financier des projets
- ✚ élaborer les TDR et les cahiers de charges
- ✚ coordonner les Activités et planifier son travail
- ✚ utiliser l'outil informatique et les logiciels comptables
- ✚ Actualiser ses connaissances

➤ **Etre :**

Rigoureux, efficace, discret

E. Chargé Analyse Politique sectorielle et de veille stratégique

Il doit avoir un Doctorat ou PhD en agroéconomie ou économie rurale ou en économie ;

➤ Avoir au moins 5 ans d'expérience en analyse économique du secteur agricole

➤ Connaitre :

✚ la politique agricole nationale la politique nationale de la recherche agricole

✚ le cycle de gestion de la recherche agricole

✚ la gestion axée sur les résultats

✚ la déontologie administrative

➤ **Etre capable de :**

✚ Concevoir et conduire des études prospectives planifier les activités assorties de budget

✚ Elaborer et adapter les outils d'analyses de politique agricole

✚ faire le suivi-évaluation des activités planifiées

F. Collaborateur (suivi contexte sous-régional & suivi évolution de la situation nationale)

Il doit avoir un MSc recherche ou DEA en agroéconomie ou économie rurale ou en économie ;

➤ Connaitre :

✚ la politique agricole nationale

✚ la politique nationale de la recherche agricole

✚ le cycle de gestion de la recherche agricole

✚ la gestion axée sur les résultats

✚ la déontologie administrative

➤ **Etre capable de :**

- ✚ mettre en œuvre des études prospectives planifier les activités assorties de budget
- ✚ Elaborer et adapter les outils d'analyses de politique agricole
- ✚ faire le suivi-évaluation des activités planifiées

G. Chargé Sociologie et anthropologie des innovations

Il doit avoir un Doctorat ou PhD en sociologie ou anthropologie rurales ; avoir au moins 5 ans d'expérience dans l'analyse des innovations ;

➤ Connaitre :

- ✚ la politique agricole nationale
- ✚ la politique nationale de la recherche agricole
- ✚ le cycle de gestion de la recherche agricole
- ✚ la gestion axée sur les résultats
- ✚ la déontologie administrative

➤ **Etre capable de :**

- ✚ Concevoir et conduire des études prospectives
- ✚ planifier les activités assorties de budget
- ✚ Elaborer et adapter les outils d'analyses de politique agricole
- ✚ faire le suivi-évaluation des activités planifiées

H. Collaborateur (Micro sociologie des innovations & Etudes prospectives des innovations)

Il doit avoir un MSc recherche ou DEA en sociologie ou anthropologie rurale ;

➤ Connaitre :

- ✚ la politique agricole nationale
- ✚ la politique nationale de la recherche agricole
- ✚ le cycle de gestion de la recherche agricole

- ✚ la gestion axée sur les résultats

- ✚ la déontologie administrative

➤ **Etre capable de :**

- ✚ mettre en œuvre des études prospectives relatives aux innovations

- ✚ planifier les activités assorties de budget

- ✚ Elaborer et adapter les outils d'analyses de politique agricole

- ✚ faire le suivi-évaluation des activités planifiées

I. Chargé -Economie des exploitations agricoles et des innovations

Il doit avoir un Doctorat ou PhD en agroéconomie et économie rurale ; avoir au moins 5 ans d'expérience dans l'analyse financière et économique des innovations ; avoir une expérience en recherche-développement

➤ **Connaitre :**

- ✚ la politique agricole nationale

- ✚ la politique nationale de la recherche agricole

- ✚ le cycle de gestion de la recherche agricole

- ✚ la gestion axée sur les résultats

- ✚ la déontologie administrative

➤ **Etre capable de :**

- ✚ Concevoir et conduire des études prospectives

- ✚ planifier les activités assorties de budget

- ✚ Elaborer et adapter les outils d'analyses de politique agricole

- ✚ faire le suivi-évaluation des activités planifiées

J. Collaborateur (Etudes de rentabilité des innovations & Etudes de fonctionnement des exploitations agricoles & Adoption et impact des innovations)

➤ Il doit avoir un MSc recherche ou DEA en agroéconomie, économie rurale ;

➤ **Connaitre :**

- ✚ la politique agricole nationale
- ✚ la politique nationale de la recherche agricole
- ✚ le cycle de gestion de la recherche agricole
- ✚ la gestion axée sur les résultats
- ✚ la déontologie administrative

➤ **Etre capable de :**

- ✚ mettre en œuvre des études prospectives relatives aux innovations
- ✚ planifier les activités assorties de budget
- ✚ Elaborer et adapter les outils d'analyses de politique agricole
- ✚ faire le suivi-évaluation des activités planifiées

K. Chargé de Macro-économie des politiques agricoles

Il doit avoir un Doctorat ou PhD en économie ; avoir au moins 5 ans d'expérience en macroéconomie ;

➤ **Connaitre :**

- ✚ la politique agricole nationale
- ✚ la politique nationale de la recherche agricole
- ✚ le cycle de gestion de la recherche agricole
- ✚ la gestion axée sur les résultats
- ✚ la déontologie administrative

➤ **Etre capable de :**

- ✚ Concevoir et conduire des études prospectives
- ✚ planifier les activités assorties de budget
- ✚ Elaborer et adapter les outils d'analyses de politique agricole

- ✚ faire le suivi-évaluation des activités

L. Collaborateur (analyse macroéconomique & analyse des chaînes de valeurs agricoles et filières & Impact des réformes tarifaires et non tarifaires sur le secteur agricole)

Il doit avoir un MSc recherche ou DEA en agroéconomie, économie ou économie rurales ; avoir une expérience en économie internationale ;

➤ **Connaitre :**

- ✚ la politique agricole nationale
- ✚ la politique nationale de la recherche agricole
- ✚ le cycle de gestion de la recherche agricole
- ✚ la gestion axée sur les résultats
- ✚ la déontologie administrative

➤ **Etre capable de :**

- ✚ mettre en œuvre des études prospectives relatives aux innovations
- ✚ planifier les activités assorties de budget
- ✚ Elaborer et adapter les outils d'analyses de politique agricole
- ✚ faire le suivi-évaluation des activités planifiées

M. Chargé de la Statistique et économétrie

Il est doté d'un Doctorat ou PhD en statistique ou économétrie ou biométrie ; avoir au moins 5 ans d'expérience en statistiques agricoles ;

➤ **Connaitre :**

- ✚ la politique agricole nationale
- ✚ la politique nationale de la recherche agricole
- ✚ le cycle de gestion de la recherche agricole
- ✚ la gestion axée sur les résultats

- ✚ la déontologie administrative

➤ **Etre capable de :**

- ✚ Concevoir et conduire des études prospectives
- ✚ planifier les activités assorties de budget
- ✚ Elaborer et adapter les outils d'analyses de politique agricole
- ✚ faire le suivi-évaluation des activités

N. Collaborateur (chargé des collectes et gestion de bases de données & chargé de la programmation)

➤ Il doit avoir un MSc recherche ou DEA en gestionnaire de base de données ou DEA en statistique économique ou en analyse programmation, avoir une expérience dans les enquêtes agricoles et gestion de base de données

➤ **Connaitre :**

- ✚ la politique agricole nationale
- ✚ la politique nationale de la recherche agricole
- ✚ le cycle de gestion de la recherche agricole
- ✚ la gestion axée sur les résultats
- ✚ la déontologie administrative

➤ **Etre capable de :**

- ✚ mettre en œuvre des études prospectives relatives aux innovations
- ✚ planifier les activités assorties de budget
- ✚ Elaborer et adapter les outils d'analyses de politique agricole
- ✚ faire le suivi-évaluation des activités planifiées

Section 2 : Cadre théorique de l'étude

Cette section, abordera dans une première partie la problématique, les objectifs et les hypothèses. La seconde partie traitera de la revue de littérature.

Paragraphe 1 : Problématique, Objectifs et Hypothèses

A. Problématique

Le maïs occupe une place relativement importante dans la production céréalière régionale (Afrique de l'Ouest). La production du maïs qui représente environ 1/3 de la production céréalière a progressé de 13,5% contre 11,6% pour le mil/sorgho. De 230.000 tonnes au début des années 70, la production du maïs au Bénin a atteint en 2009, plus d'un million de tonnes (1.063.492) et y est restée au-delà du million de tonne (1.012.263) en 2010 (DPP/MAEP, 2011). Compte tenu de l'importance que présente cette céréale pour la sécurité alimentaire que pour l'économie nationale, le Gouvernement béninois leur a accordé une place capitale dans son document de réduction de la pauvreté (SCRP, 2007). En effet, cette culture est produite dans toutes les régions du Bénin et fait l'objet d'importantes transactions internes et externes.

Le maïs est également retenu comme filière prioritaire de relance du secteur agricole où il est envisagé à l'horizon 2015 que le Bénin produise en moyenne 1900000 tonnes de maïs par an et participe durablement aux échanges commerciaux de céréales dans les pays de la sous-région et d'ailleurs. Autrefois consommé seulement au sud et au centre du Bénin, le maïs rentre aujourd'hui dans l'alimentation des populations de toutes les régions du pays sous diverses formes. Il est à ce jour la céréale la plus consommée au Bénin loin devant le riz et le sorgho et tient une place prépondérante dans la sécurité alimentaire de la population. Le maïs est également intégré à plus de 50 % dans les provendes de volailles en aviculture intensive et les élevages des autres espèces à cycle court (lapins, porcs, etc.) qui se développent de nos jours dans toutes les zones périurbaines. Il ressort de ces observations que le marché national du maïs n'est pas négligeable (ProCAD ; 2012). Quant à la sécheresse, elle est perçue par les agriculteurs dans bon nombre de zones agro écologiques comme un facteur perturbateur de la production des cultures dont le maïs. Associée aux dégâts des ravageurs, elle hypothèque les rendements et la qualité marchande des produits.

Deux zones climatiques caractérisent le pays et donnent le rythme du calendrier agricole. La partie sud du Bénin, qui regroupe les départements Atlantique, Littoral, Ouémé, Plateau, Mono, Couffo, Zou, Collines bénéficie de deux saisons des pluies, et donc de deux

cycles de production. Ce qui n'est pas le cas du nord (Atacora, Donga, Borgou, Alibori) qui n'a qu'une seule grande saison des pluies et n'a qu'un seul cycle de production (AGVSAN, 2009). La diversité des zones agro écologiques permet d'avoir une gamme assez étendue de production, allant des tubercules et racines (72% du volume de la production agricole) aux céréales, en passant par les légumineuses, les oléagineuses et les textiles. En effet le secteur agricole est caractérisé par la prédominance de petites exploitations agricole et sa vulnérabilité à la variabilité climatique et aux phénomènes climatique extrêmes. Le changement climatique influe sur tous les secteurs agricoles de multiples façons, qui varient de région en région. Il rend, par exemple, plus difficile la prévision des conditions climatiques saisonnières et augmente la fréquence ou l'intensité des événements météorologiques graves comme les inondations, les cyclones et les ouragans. Des régions sont confrontées à des périodes de sécheresse et de pénurie d'eau prolongées. Les changements de températures peuvent modifier le site et la fréquence d'apparition des ravageurs et des maladies (FAO, 2009).

L'ensemble des pays de l'Afrique de l'ouest et du centre est gravement affecté par la plus forte variabilité climatique jamais enregistrée au cours du 20ème siècle, tant par son intensité que par sa durée (Hulme1996 ; Morel 1998; Dai et al 1998). Cette variabilité se manifeste par une modification du régime des précipitations et une diminution des hauteurs annuelles. La baisse des précipitations s'est intensifiée au cours des années 1980 et 1990 (Paturel et al. 1995). Il en résulte une dégradation du milieu qui se traduit par la diminution des rendements culturaux (Gommes 1998). Les cultures céréalières telles que le maïs, dont les rendements n'ont cessé de chuter d'année en année, semblent être les plus affectées par cette variabilité climatique.

Smith et al. (1997) prédisent que le maïs deviendra une culture commerciale et assurera la sécurité alimentaire mieux que toute autre culture. Dans le Nord du Bénin par exemple, il vient en deuxième position après le coton en tant que culture de subsistance et de rente. Selon le Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche (1997-2005), les superficies emblavées ont augmenté de 583254 ha en 1997 à 714155 ha en 2004. Malheureusement, les rendements moyens ont stagné entre 1100 et 1250 kg/ha au cours de la même période. Selon Thirtle et al, (2003), chaque augmentation de la productivité agricole de 1% en Afrique, réduit la pauvreté de 0,6%, et l'augmentation de la production de 1% fait baisser le nombre de personnes vivant avec moins d'un dollar par jour de 6 millions.

Variabilité climatique et productivité agricole : cas du maïs au Bénin

Bon nombres d'études ont montré que l'agriculture est un moyen efficace pour le développement du Bénin. Bien que les apports du gouvernement et de divers horizons soient d'une importance, les rendements ne sont toujours pas satisfaisants. La sélection variétale est-elle un facteur clé de la croissance de rendement ? En quoi les contraintes foncières limitent le développement des activités agricoles ? Quel est l'impact du changement climatique sur la production ? Voici quelques interrogations qui feront l'objet de notre étude.

B. Objectifs de l'étude et hypothèses de recherche

A ce niveau, nous présenterons les objectifs de l'étude et les hypothèses de recherche

1. Objectifs de l'étude

L'objectif de cette étude est d'analyser la variabilité climatique et la productivité du maïs au Bénin.

De façon spécifique, il s'agira de :

- ✓ Montrer la variabilité climatique au Bénin
- ✓ Analyser l'effet de la variabilité climatique sur la productivité du maïs au Bénin.

2. Hypothèses de travail

Hypothèse 1 : la variation de la pluviométrie et de la température affecte la production du maïs ;

Hypothèse 2 : la hausse de la température influence négativement la production du maïs au Bénin ;

Hypothèse 3 : une baisse des précipitations décroît la production du maïs au Bénin ;

Paragraphe 2 : La revue de littérature

L'avènement des changements climatiques a engendré des effets néfastes sur le secteur agricole notamment celui de la production du maïs qui d'après le MAEP constitue depuis toujours l'aliment de base et représente la culture céréalière la plus consommée au Bénin devant les autres spéculations. Face à ces menaces climatiques plusieurs chercheurs et scientifiques (économistes, agronomes, géographes) ont menées des études pour mesurer leurs

implications. Dans cette logique ils ont cherché plus nettement à élucider les causes, évaluer les conséquences, et mesurer les impacts des manifestations sur l'agriculture.

À l'intérieur de cette partie il est avant toute chose fondamentale de préciser les sources des fondements théoriques et empiriques émis, de comprendre quelques concepts de base et de faire une revue théorique sur les manifestations sans oublier les prévisions. Ensuite il est question de passer en revue des études empiriques menées par plusieurs auteurs de manière à revoir les différentes analyses faites pour expliciter les impacts des aléas climatiques.

Ce paragraphe, fait objet de clarification de certains concepts et par la suite le point sur quelques travaux antérieurs.

A. Clarification des concepts

Les principaux concepts que à éclaircir pour ce thème portent sur : variabilité et changement climatique puis productivité.

✓ Variabilité climatique

Selon le dictionnaire Petit Larousse la variabilité est le caractère de ce qui est instable, irrégulier, mobile ou précaire. Est climatique, tout ce qui a rapport au climat. Ainsi donc la variabilité climatique est le caractère instable, mobile du climat.

La variabilité climatique est la caractéristique inhérente au climat qui se manifeste par des changements et déviations dans le temps (IPCC, 2007). Ainsi la variabilité climatique est une modification naturelle du climat et donc indépendante des activités.

✓ Changement climatique

La Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques entend par ce concept « des changements du climat qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine, qui modifie la composition de l'atmosphère globale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparable (GIEC, 2007). Les changements climatiques désignent ainsi une variation statistiquement significative de l'état moyen du climat ou de sa variabilité, persistant pendant de longues périodes (généralement, pendant 10 à 20 décennies ou plus (GIEC, 2007)).

En effet, selon Ogouwalé (2001) les indicateurs du changement climatique sont au nombre de deux à savoir les tendances thermiques et les tendances pluviométriques.

✓ Productivité

Fréquemment évoqué dans l'actualité économique, le concept de productivité demeure une notion complexe et son implication dans l'économie ainsi que ses effets sur la population peuvent être mal compris. En général, La productivité est le fait d'être productif.

En science économique, la productivité est le rapport entre une production de biens ou de services et les moyens qui ont été nécessaires pour sa réalisation (humains, énergie, machines, matières premières, capital, etc.). Elle mesure l'efficacité avec laquelle une économie ou une entreprise utilise les ressources dont elle dispose pour fabriquer des biens ou offrir des services. Aussi, la productivité fait référence à la capacité de production d'un intrant ou d'un groupe d'intrants à l'intérieur d'une période de temps donnée. Une mesure de productivité transmet donc de l'information sur l'efficacité avec laquelle les ressources sont transformées en production. La productivité est mesurée à partir du ratio mettant en relation la production et un ou plusieurs facteurs de production mis en œuvre pour la réaliser.

Soulignons que la productivité du capital est le rapport entre la valeur ajoutée et le capital fixe utilisé ; et la productivité du travail est le rapport entre la quantité ou la valeur ajoutée de la production et le nombre d'heures nécessaires pour la réaliser

B. Approche théorique

✚ Les facteurs climatiques qui agissent sur l'agriculture

Des études menées dans le cadre de l'impact des changements climatiques sur l'agriculture ont pris en compte des facteurs climatiques tel que la température les précipitations la pluviométrie mais ces facteurs considérés dépendent des objectifs de l'étude, du niveau de développement (mécanisation, adaptation) de l'agriculture dans le pays ou la région sujette.

Les travaux réalisés par l'UNDPN, HOUCINE J, AHMED B K, MONGI S, et M OUEDRAOGO ont pris en compte la température et la précipitation comme des variables indépendantes pour mesurer l'impact des changements climatiques sur l'agriculture. Par contre le BIPEN (2012) de la DGAE BENIN porte son analyse sur la pluviométrie la superficie et le rendement en désignant un modèle qui tente de mettre en évidence le sens de l'impact plutôt qu'à évaluer l'ampleur de ces impacts. Laurent Da Silva quant à lui, dans son modèle cherche a capté l'effet du climat sur les profits agricoles, il introduit dans son modèle la précipitation et les degrés-jours de croissance (DJC) qui mesure l'accumulation de chaleur ceux-ci sont calculés à partir d'une température basse 5 C, donc en prenant la température

moyenne de chacune des journées durant la saison de culture et en leur soustrayant 5 C pour ensuite sommer le tout et on obtient une mesure de DJC.

Agriculture et changement climatique: (Manifestations et Prévisions)

L'agriculture, secteur reposant essentiellement sur l'apport des intrants naturels (température et pluviométrie) devient très sensible à la moindre variation de ces derniers (IPCC, 1991). L'altération du climat c'est très progressivement dessinée à travers des situations et des phénomènes climatologiques jamais observés dans le passé, ces événements poussent la curiosité scientifique à évaluer l'état du climat mondiale.

Ainsi sur le plan national, des travaux de recherches sont exécutés sur les manifestations climatiques afin de jauger la vulnérabilité du secteur agricole par exemple Aho et al stipule que depuis la fin des années 1960 les perturbations climatiques sont intervenues au BENIN et ce sont manifestés par une réduction d'amplitude annuelle moyenne des hauteurs totale des pluies de 18 mm. Dans cette logique de recherche des auteurs (Bokonon-Ganta,2003; MEHU-PNUD,1999 ; Boko,1988,Afouda,1990;Houndénou,1999 et 2002 ; Ogouwalé ,2004) affirment dans leurs articles et thèses que ces aléas provoquent une perturbation de cycle globale de l'eau et une intensification des sécheresses durant les périodes de 1970 et 1980.En outre Bokonon-Ganta et al,(2003) précise dans son étude que les pluies du début de saison pluvieuse sont violentes, atteignant fréquemment une intensité supérieur à 100mm/h ce qui favorise l'inondation et l'érosion des sols mal protégés. En 1997 lors de la saison des tempêtes 400ha de terrains ont été inondés, les cultures ont été détruites (MEHU) et dans les communes de Cotonou et de Grand-Popo on assiste à une montée de la mer (MEPN, 2008). Au vu de tout ceci il est fort de s'attendre à des répercussions sur l'agriculture béninoise à cet effet Houndénou (2002) à travers son étude se prononce en agréant la vulnérabilité de l'agriculture Béninoise. On assiste également dans le Sud-Est un déficit et un raccourcissement de la seconde saison pluvieuse, ce qui provoque une réduction des agricole et une diminution du taux de renouvellement de la couverture végétale (MEPN, op.cit.).

Ainsi une étude d'un Projet de renforcement des capacités d'Adaptation des Acteurs Ruraux Béninois face aux Changements Climatiques (PARBCC, 2008) déduit que des communes du Bénin sont soumises à une mauvaise répartition des pluies qui se caractérise par une sélection des pluies c'est-à-dire que la pluie tombe à certains endroits et ne tombe pas à d'autres; cela se généralise à travers toute la commune depuis 5 ans et se répète tous les 3 ans provoquant la perte de récolte du paysan. La mauvaise répartition des pluies dans le temps et

Variabilité climatique et productivité agricole : cas du maïs au Bénin

dans l'espace avec des irrégularités assez inquiétantes peut s'expliquer par la destruction des forêts, la poussée démographique et l'abandon de la tradition en s'annonçant par la chaleur ardente et le démarrage de la saison des pluies précédé de grands vents. La rupture brute des pluies ne favorise pas la maturité complète des cultures tardives du second cycle. Les quantités d'eau qui devraient se répartir sur toute une période se résume sur des firmes journées de pluie provoquant la stagnation des eaux partout qui s'observent dans les localités telles que Gobè, Ayéjoko, Dani et Acthakpa depuis près de 5ans. Les excès pluviométriques perturbent alors le cycle agricole en occasionnant de mauvais rendement, des pertes économiques et l'endettement des producteurs. De façon générale le retard des semis jusqu'en mai voire juin et la disparition de la petite saison sèche qui s'observe dans tout le Zou Nord depuis 5 ans caractérisent la tendance vers saison unimodale. La déforestation, harmattan poussiéreux peuvent expliquer la tendance vers saison unimodale qui s'annonce par la fructification des manguiers, du néré, du fontin, la brume de poussière des en novembre, la sortie d'un arbre semblable à celui du mil et se terminant par le brouillard et la tombée feuilles de Kosso. Dans cette même logique, des rapports du CeRPA Zou on note en 1991 une hauteur moyenne de 1137 mm de pluie en 61 jours contre 923 mm en 64 jours en 1990. Cette mauvaise répartition prend de plus en plus d'ampleur et devient très irrégulière accentuant ainsi les inondations, à ce effet il recense les superficies cultivée inondées.

Ce recensement se résume dans le tableau qui montre la vulnérabilité de la production du maïs contrairement aux autres cultures face à l'excès d'eau sur les surfaces arables.

Tableau 1 : Répercussion des inondations sur les superficies (ha) au niveau de quelques cultures fondamentales.

Culture	Maïs	Manioc	Igname	Patate douce	Coton	Niébé	Arachide	Autres cultures
Superficie (ha)	2065	1433	490	296	282	225	136	897

Source : CeRPA / Zou-Collines

Au regard des manifestations et par rapport aux publications, anticiper sur les réalités climatiques afin de réduire et maîtriser les contrecoups devient primordial. Ainsi des prévisions sur la question ont fait objet d'appréhension pour bon nombre d'étude. C'est en cela qu'un rapport de l'IFPRI(2009) montre que sans changement climatique, les prix mondiaux des principales cultures agricoles (riz, blé, maïs et soja) devraient augmenter de

Variabilité climatique et productivité agricole : cas du maïs au Bénin

2000 à 2050, en lien avec l'accroissement de la population, du revenu et de la demande en biocombustibles. D'une façon plus définie, le prix du riz augmenterait de 62 %, celui du maïs de 63 %, celui du soja de 72 % et celui du blé de 39 %. Le changement climatique amène des hausses de prix supplémentaires : au total de 32 à 37% pour le riz, de 52 à 55 % pour le maïs, de 94 à 111 % pour le blé et de 11 à 14 % pour le soja. Une plus grande efficacité des exploitations agricoles grâce à une fertilisation CO₂ entraîne une réduction de ces prix de 10% à l'horizon 2050. Les travaux de Bokonon-Ganta et al, (2003), montrent qu'à l'horizon 2025, les changements climatiques vont entraîner une baisse considérable de la production des six principales cultures de cette région. Cette baisse de production est estimée à 29,58% pour le coton et à 6% pour les autres cultures notamment le maïs ce qui provoquera une baisse de disponibilité alimentaire et un appauvrissement continu des populations dans le centre. En effet, à l'égard des tendances climatiques simulées, des estimations ont été faites et donnent une élévation de la mer de l'ordre de 20 cm pour l'an 2030, de 40 cm pour 2070, et de 60 à 70cm pour la fin du siècle au niveau du littoral. Des études des simulations effectuées sur MAGICC SCENGEN au BENIN indiquent une fourchette de +1°C à +2,5°C des températures à l'horizon 2100, rapportés à l'évapotranspiration Penman-Monteith, ces simulations prédisent une augmentation entre 6 et 19,5% des pertes d'eau par évaporation. Selon les stations, on note que le réchauffement global aurait pour conséquence entre autre, une modification sensible des hauteurs pluviométriques à l'échelle annuelle, mais surtout une augmentation de la durée de la période sèche d'un à deux mois si l'on se base sur les analogies pluviométriques sèches et humides. A cet effet il est évident que les conséquences seront observables sur l'agriculture béninoise, largement pluviale. En outre, on note également des projections des températures et des précipitations à l'horizon 2050 (tableau:1) puis des anomalies de ces précipitations et des températures annuelles projetées de 2000 à 2100(tableau:2)

Tableau 2 : Projections des pluviométries, des précipitations à l'horizon 2050

	2015	2020	2050
Température	27,68° (soit 0.38 par rapport à 2000)	27,78° (soit 0.48 par rapport à 2000)	28,77 (soit 1.47 par rapport à 2000)
Précipitation	1223mm (soit - 1,02mm par rapport à 2000)	1219mm (soit - 1,35mm par rapport à 2000)	1240(soit 0,35mm par rapport à 2000)

Source: DCN, MEHU 2011

Variabilité climatique et productivité agricole : cas du maïs au Bénin

Tableau 3 : Anomalies de ces précipitations et des températures annuelles projetées de 2000 à 2100

Région Sud Est (cellule de grille: 5°N-7,5°N et 2,5°E – 5°E)									
Années	1971 2000	2005	2010	2015	2020	2025	2050	2075	2100
Variations (%)		-0,31	-0,68	-1,02	-1,36	-1,35	0,35	2,87	3,57
Précipitations (mm)	1236	1232	1228	1223	1219	1219	1240	1271	1280

Source: DCN, MEHU 2011

✚ Stratégies et techniques d'adaptation face aux changements climatiques

La responsabilité de remédier aux problèmes liés aux changements climatiques est stratifié et partager. Dans un premier temps les agriculteurs se doivent de faire face à la situation en mettant en places des moyens de lutte afin de ne pas souffrir de la baisse des rendements, ensuite au tour du gouvernement, des chercheurs et des structures compétentes d'élaborer en association avec les agriculteurs des stratégies et techniques d'adaptations. L'adaptation consiste à en un ajustement à l'intérieur d'un système naturel ou humain, en réponse à un stimulus climatique ou ses effets actuels ou envisagés (Burton, Huq et al, 2002; GIEC, 2001 b), en incluant les variabilités et les extrêmes du climat. Selon Adger et Kelly (1999), l'adaptation des individus ou d'une communauté consiste en un processus qui prend d'abord racine dans la socialisation, un apprentissage social et politique, et s'exprime à travers des mécanismes. Cette socialisation influence, par la suite, les choix des groupes et des individus pour affronter les stress climatiques.

Chaque région est caractérisé par un climat propre et les agriculteurs de sont pas soumis aux mêmes contraintes ni aux mêmes conditions dans leurs activités de production. Ainsi l'existence de techniques d'adaptation n'implique pas des capacités d'adaptation. La capacité à s'adapter représente l'ensemble des ressources et des moyens disponible pour s'adapter MARIE-JOËLLE, (2006). Les capacités d'adaptations incluent les capacités à se préparer, éviter ou réduire et se rétablir suite à une exposition aux effets des changements climatiques. Les capacités d'adaptation reflètent la résilience, la stabilité, la vigueur, la flexibilité et d'autres caractéristiques d'un système (Smith et Pilifosova, 2003: 22 -Traduction libre). Dans un pays comme le Bénin ou la technologie et techniques agricole sont très peu développés, la capacité des agriculteurs à s'adapter n'est pas encore effective ou possible. L'agriculture Béninoise dépend fortement du climat naturel. Néanmoins, à travers de

Variabilité climatique et productivité agricole : cas du maïs au Bénin

nombreuses études des propositions théoriques et pratiques ont été faites, des techniques d'adaptation utilisée par les agriculteurs ont été analysé et évalué afin de pallier aux incidences de ce phénomène. Il sera récapitulé dans le tableau ci-dessous les mesures endogènes d'adaptations climatiques dans quelques communes vulnérables du Bénin.

Tableau 4 : Résumé des mesures endogènes d'adaptations climatiques

Zones, villes régions, départements	Risques climatiques	Stratégies et techniques d'adaptations	Sources
Nord-Bénin (Tanguiéta)	<ul style="list-style-type: none"> • Sécheresse. • Pluies tardives et violentes, • Vents violents, • Chaleur excessive, • Inondation 	<ul style="list-style-type: none"> • Prières collectives ; • Changement de sites • Réaménagement des calendriers agricoles, • Adoption de cultures à cycle court, • Adoption de produits Alimentaires de substitution, • Construction de maisons moins hautes; • Exploitation d'animaux d'élevage résistants à la sécheresse; • Développement des cultures maraîchères, • Création de cinq Comités de Santé d'Arrondissement, • Exploitation d'une ambulance communale, • Réduction des frais de santé. 	MEPN (PANA-BENIN)
Centre (Savè)	Excès pluviométriques	Une concertation entre les politiciens -l'emblavure des plateaux -Les prêtres traditionnels se chargent des sacrifices pour implorer le pardon des dieux.	PARBCC, mai 2008
	La mauvaise répartition des pluies	Les prières et les offrandes faites au vodoun Dan pour implorer son pardon	
	La tendance vers saison unimodale.	les populations ne cultivent plus le coton et diversifient les champs pour les cultures vivrières	

Variabilité climatique et productivité agricole : cas du maïs au Bénin

Zones, villes régions, départements	Risques climatiques	Stratégies et techniques d'adaptations	Sources
Sud Est (Adjohoun)	<ul style="list-style-type: none"> • Inondation • Sécheresse. • Pluies tardives et violentes, • Vents violents, • Chaleur excessive, 	<ul style="list-style-type: none"> • Prières collectives ; • Exode rural ; • Pluies provoquées ; • Réaménagement du calendrier agricole ; • Adoption de cultures à cycle court ; • Pratique de semis tardifs, • Conversion des pêcheurs en pisciculteurs et des mareyeuses en maraîchers ; • Création de marchés dans certaines Communes qui n'en avaient pas • Promotion de la pharmacopée traditionnelle • Organisation de campagnes de reboisement • Parcage des animaux dans des enclos familiaux pendant la crue de l'Ouémé • Dragage des fleuves ; • Généralisation des transports par taxi moto 	MEPN(PANA-BENIN)

Source : MEHU (PANA-BENIN)

Ce tableau montre la vulnérabilité climatique de quelques régions du Bénin. Il précise que ces régions sont soumises à des différentes variabilités climatiques ce qui entraîne la non homogénéité des stratégies d'adaptations.

Mesures de l'impact des changements sur la production du maïs (sensibilité)

Les premiers auteurs à avoir réfléchi sur le sujet sont d'abord restés sur le plan Européen (1980) puis à l'échelle mondiale, les pays moins développés et surtout les pays Africains ont des années après porté une attention particulière aux changements climatiques et à leurs retombées. Les modèles conçus pour mesurer cet impact (sensibilité) sont au premier abord spécifiques à la région, plusieurs approches ont vu naître dans ce courant mais l'approche par la fonction de production et l'approche Ricardienne sont les deux approches les plus utilisées et référence pour d'autres modèles (approches).

Approche par fonction de production

L'approche par fonction de production, au préalable a été élaborée pour étudier l'effet du capital public sur la production du secteur privé, plusieurs auteurs partent de cette

Variabilité climatique et productivité agricole : cas du maïs au Bénin

approche pour faire des estimations et des analyses économiques [Meade (1952), Arrow et Kurz (1970), Grossman et Lucas (1974), Aschauer (1989) etc.]

Description de la fonction: $Y = PMF(t)F(K, L, G)$

La production(y); K , L , et G sont respectivement les facteurs Capital privé, travail et capital public et $PMF(t)$ est la productivité multifactorielle

Cette approche est adoptée en science agronomique, et utilisée en vue de mesurer les effets directs du climat sur les différentes cultures et sur les besoins en intrants (luminosité, pesticides, herbicides, engrais, etc.) à l'aide de modèle de simulation biophysique des plantes du type CERES et SOYGRO (Laurent Da Silva 2009). Elle présente l'avantage de contrôler toutes les autres variables susceptibles d'avoir l'emprise sur la croissance des plantes tout en mesurant très précisément le mécanisme de réaction des cultures face au climat dans leur comportement individuel. Aussi, elle permet de reproduire des conditions qui ne sont pas encore produites dans la nature comme par exemple la fertilisation en CO_2 . Malgré ces avantages il est fort de constater que cette approche ne prend pas en compte les modifications indirectes de l'environnement dans lequel on note l'évolution des plantes. Notons également qu'elle présente un biais car elle a tendance à surestimer les dommages des changements climatiques sur la production en omettant plusieurs possibilités d'adaptation pour l'agriculteur en réponse aux conditions socioéconomiques et environnementales (Mendelsohn et al.1994).

Autres approches

Le changement climatique global se traduit localement par plusieurs évolutions qui modifient les conditions de production. Il s'agit de décalages dans les calendriers climatiques (retard dans l'arrivée des pluies notamment) ; de changements dans les hauteurs d'eau reçues annuellement, avec, dans de nombreuses régions, des périodes de sécheresse plus marquées et/ou plus fréquentes ; de la fréquence accrue des phénomènes paroxystiques et des événements anormaux (cyclones, gelées, températures anormalement élevées) ; enfin, et partout, d'une très forte variabilité temporelle et spatiale au niveau local. Pour Marie-Josèphe Dugué (2012) l'impact de cette évolution du climat est d'autant plus fort que les agricultures familiales subissent aussi d'autres mutations de leur environnement : dégradation de la fertilité ; déforestation et érosion de la biodiversité ; insertion à l'économie de marché et libéralisation ; avec ses exigences de compétitivité ; position défavorisée pour l'accès aux ressources (eau, foncier notamment), mais également problèmes de financement. Aussi pour elle, l'impact sur l'agriculture est multiple. Il pèse sur les personnes, sur le capital des

exploitations et sur les résultats de ces dernières (systèmes d'élevage et de culture moins productifs), mais également sur les dynamiques collectives, le tout contribuant à accroître la vulnérabilité des plus pauvres. La baisse des rendements (végétaux et animaux), l'impossibilité de faire jouer les mécanismes traditionnels de gestion du risque et la très grande incertitude fragilisent les systèmes et induisent des stratégies de court terme qui sont souvent dommageables à l'environnement voire à la durabilité économique des exploitations. Dans ces conditions, les paysans tentent de s'adapter.

Soulignons s'il est simple de comprendre que les changements climatiques affectent simultanément une variété de secteurs inter-reliés aux quatre coins de la planète, qu'il est beaucoup plus difficile de le considérer dans une analyse. Quoiqu'il soit toujours possible de contrôler pour ce phénomène en utilisant un modèle d'équilibre général qui incorpore l'ensemble des secteurs et des pays touchés, ces modèles intégrés comportent énormément d'hypothèses et ont un pouvoir explicatif limité. C'est dans la logique du *ceteris paribus* que la grande majorité des études se concentre sur un secteur d'activité particulier en considérant fixe les autres secteurs et les autres pays.

Le début des années 1980 nous avons commencé à vraiment voir des œuvres qui traitent des impacts des changements climatiques sur le secteur de l'agriculture. C'est d'abord une différenciation géographique qui est venue catégoriser les premières approches utilisées. Ainsi, certains auteurs comme Reilly et Hohmann (1993); Darwin et al. (1995); Bosello et Zhang(2005) ont préféré se pencher sur le problème au niveau mondial. Les études de Rosenzweig et Parry (1994) ; de Adams et al. (1995) ; Darwin et al. (1995) ont montré malgré le fait que l'agriculture serait affectée par les changements climatiques, qu'en général cela ne mettrait pas en péril l'alimentation mondiale.

Mais pour Deschênes et Greenstone (2007) ; Mendelsohn, Nordhaus et Shaw(1994) ; Reinsborough (2003), qui se sont plutôt concentrés sur une région ou un pays spécifique, ont conclu, dans la majorité des cas, que l'agriculture des pays occidentaux, particulièrement celle des États-Unis et du Canada, ne serait que très légèrement affectée par les changements climatiques.

CHAPITRE II : Cadre empirique

Ce second chapitre, aborde dans la section 1 le cadre méthodologique et dans la section 2 les résultats et discussions.

Section 1 : Cadre méthodologique

La méthodologie s'articule essentiellement en deux points à savoir :

- ✓ La collecte des données
- ✓ Le traitement et l'analyse des données

Paragraphe 1 : Collecte des données

Il s'agit des données obtenues par revue documentaire. En effet, en vue de mieux tester les hypothèses formulées dans notre étude nous avons utilisé les données quantitatives pour atteindre les objectifs de l'étude. Nous avons aussi exploité la documentation disponible, donc utilisé les données secondaires.

La recherche documentaire

Elle a été menée au niveau de plusieurs structures notamment à la documentation de l'Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique (INSAE) ; à la documentation du Ministère de l'Agriculture de l'Elevage et de la Pêche (MAEP).

La recherche documentaire s'est surtout appuyée sur les études et les réflexions déjà menées sur le sujet tant sur le plan régional qu'international.

La recherche via internet a été aussi utilisée notamment sur les sites du Countrystat, de l'INSAE, la Banque Mondiale et la documentation sur le site de l'OIT.

Paragraphe 2 : Méthodes d'analyse

✓ Par rapport à l'objectif 1

Pour atteindre l'objectif concernant l'analyse de la variabilité climatique nous avons tracé deux graphes montrant l'évolution de la température moyenne et de la pluviométrie de 1980 à 2013. En effet, ces deux graphes ont pour objet de montrer l'existence d'une variation de la température et de la pluviométrie.

Ensuite, nous avons fait recours aux variations relatives de la pluviométrie et de la production du maïs puis à ceux de la température et de la production du maïs. Ainsi, la formule suivante a été utilisée :

Variabilité climatique et productivité agricole : cas du maïs au Bénin

Les variations relatives seront calculées à travers la formule suivante :

$$\partial P_t = \frac{P_{t+1} - P_t}{P_t}$$

P_{t+1} représente la production ou la température ou la pluviométrie à l'année t+1.

P_t représente la production ou la température ou la pluviométrie à l'année t.

Nous avons tracé le graphe de l'évolution de la production du maïs de 1980 à 2013. Nous avons essayé de représenter ces deux variations ensemble sur un même graphique afin de comprendre comment évoluer la production du maïs en fonction des variations de la pluviométrie et ceux de la température.

✓ Par rapport à l'objectif 2

Pour atteindre cet objectif, nous nous sommes servis d'un modèle de régression linéaire multiple afin de connaître le niveau d'affectation de la pluviométrie, de la température, du prix du mil, de la superficie, et du prix du maïs sur la production du maïs.

A. Présentation du modèle

1. Choix de la forme mathématique du modèle

Pour modéliser la quantité de maïs produite, nous avons fait recours à un modèle linéaire qui d'après Tchunte (2005) se présente comme suit : $Q = b_0 + Ab_i$

Avec :

Q = variable expliquée représentant la quantité de maïs produite par an sur une superficie donnée.

bo = terme constant.

A = vecteur de variables susceptibles d'affecter la production et bi le vecteur coefficient estimé.

2. Choix des variables du modèle

a. Le choix de la variable expliquée

La variable expliquée du modèle est la quantité de maïs produite (Q). Elle désigne la production de maïs enregistrée par an sur une superficie donnée.

b. Choix et justification des variables explicatives

Le prix du maïs ($P_{\text{maïs}}$)

Plus le prix du maïs par an augmente, plus les producteurs sont incités à produire plus, toutes choses égales par ailleurs. Ce qui influence positivement le rendement par conséquent la production.

Le prix du mil (P_{mil})

Le prix du mil peut influencer la production du maïs. Ainsi plus le prix de celui-ci est faible alors le producteur va consacrer plus de terre à la production du maïs. Ce qui a une influence positive sur la production.

La température ($Temp$)

La température est un élément du climat qui agit sur la culture du maïs. Plus elle est élevée, la pluie ne vient pas à bonne date. Ainsi on enregistre un faible rendement par conséquent cela influence négativement la production du maïs.

La pluviométrie ($Pluie$)

Les précipitations ont une influence sur l'évolution ou la croissance des cultures. Si elle vient comme il se doit on peut espérer un bon rendement. Par conséquent, elle a une influence positive sur la production du maïs.

La superficie (S)

Plus la quantité de la superficie octroyée à la culture du maïs augmente, plus la quantité récoltée augmente, toutes choses égales par ailleurs. Ce qui influence positivement le rendement et par conséquent la production annuelle du maïs.

Tableau 5 : les signes attendus des différents coefficients

Variables	Coefficients	Signes attendus
Constante	γ_0	+ / -
Pmaïs	γ_1	+
Pmil	γ_2	-
Temp	γ_3	-
Pluie	γ_4	+
Superficie	γ_5	+

Source : auteurs (2015)

B. Description du modèle

1. Présentation du modèle

Pour spécifier notre modèle de Production du maïs, nous nous sommes basés sur le modèle linéaire de Tchunte (2005). La variable expliquée est la quantité de maïs produite. Cette quantité de maïs est fonction des variables telles que prix du maïs, le prix du mil, la température, la pluviométrie, et la superficie. Le modèle se présente alors comme suit :

$$Q = \gamma_0 + \gamma_1 P_{\text{maïs}_i} + \gamma_2 P_{\text{mil}_i} + \gamma_3 \text{Temp}_i + \gamma_4 \text{Pluie}_i + \gamma_5 S_i + \mu_i$$

Avec μ_i le terme d'erreur.

2. Estimation du modèle

Le modèle est estimé par la méthode des Moindres Carrés Ordinaires (MCO) à l'aide du Logiciel Eviews.

➤ Tests de validation

Plusieurs tests sont nécessaires pour procéder à la validation d'un modèle économétrique. Les tests présentés ici et leurs règles de décision sont expliqués suivant la description de Bourbonnais, (2003).

✚ Test de stationnarité des données utilisées

Les hypothèses se présentes comme suit :

Variabilité climatique et productivité agricole : cas du maïs au Bénin

H_0 : présence de racine unitaire (série non stationnaire).

H_1 : absence de racine unitaire (série stationnaire)

La statistique est automatiquement fournie par le logiciel Eviews. Si ADF est supérieur à la valeur critique de Mackinnon, alors l'hypothèse h_0 est acceptée. Par conséquent la série est non stationnaire. Si ADF est inférieur à la valeur critique de Mackinnon, alors l'hypothèse h_1 est acceptée et cela traduit la stationnarité de la série.

✚ Test de significativité des coefficients des variables explicatives

Il s'agit de voir parmi les variables explicatives X_i choisies celles qui expliquent réellement le phénomène étudié c'est-à-dire celles qui ont une influence significative sur la quantité de maïs produite annuellement au Bénin au seuil de $\alpha\%$.

On teste les hypothèses suivantes :

$H_0 : \alpha_i = 0$ La variable X_i n'explique pas réellement le phénomène étudié

$H_1 : \alpha_i \neq 0$ La variable X_i explique réellement le phénomène étudié

Avec α_i les coefficients des différentes variables explicatives X_i .

Règle de décision

Si la probabilité associée au t-statistic est inférieure à $\alpha\%$ on rejette H_0 .

✚ Test de significativité global du modèle

$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5$ (Le modèle n'est pas globalement significatif)

$H_1 : \exists \alpha_i \neq 0 (i = 1 \dots 5)$ (Le modèle est globalement significatif)

Règle de décision

On rejette l'hypothèse nulle H_0 si la probabilité associée au F-statistic est inférieure à $\alpha\%$ et l'on accepte l'hypothèse alternative H_1 .

✚ Test d'hétéroscédasticité (test de Breusch-Pagan-Godfrey)

On teste les hypothèses suivantes :

H_0 : Le modèle est homoscédastique

H_1 : Le modèle est hétéroscédastique

Règle de décision

On accepte H_0 si la probabilité associée au F-statistic est supérieur à 5% et sinon on accepte l'hypothèse alternative H_1 .

Test d'autocorrélation

On teste les hypothèses suivantes :

H_0 : Absence d'autocorrélation

H_1 : Présence d'autocorrélation

Règle de décision

On rejette H_0 si la probabilité associée au F-statistic est inférieur à 5% et l'on accepte l'hypothèse alternative H_1 .

Test de normalité

On teste les hypothèses suivantes :

H_0 : Les erreurs suivent une loi normale

H_1 : Les erreurs ne suivent pas une loi normale

Règle de décision

On rejette H_0 si la probabilité associée à la statistique de Jarque-Bera est inférieur à 5% et l'on accepte l'hypothèse alternative H_1 .

Test de Ramsey

L'objet de test est de voir si le modèle souffre de l'omission d'une ou plusieurs variables pertinentes en introduisant une variable fictive. Ce test consiste à vérifier la significativité du modèle à travers l'effet de la variable fictive introduite. Si elle n'est pas significative, alors la spécification du modèle est complète; c'est-à-dire que le modèle a pris en compte toutes les variables pertinentes qui expliquent la variable dépendante. Mais, si la variable fictive est significative, alors des variables susceptibles d'influencer les variations de la variable dépendante seront introduites.

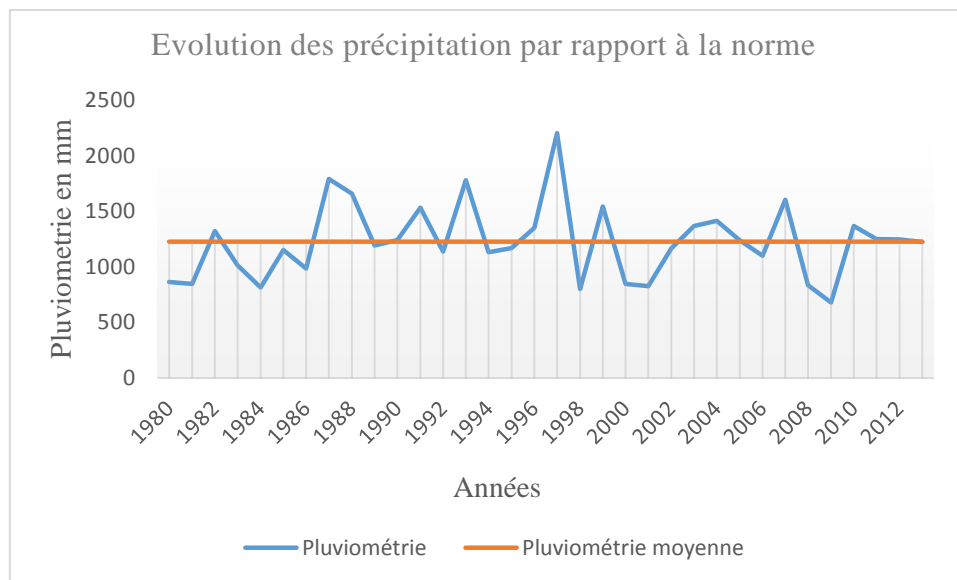
Le test de stabilité de CUSUM et CUSUM CARRE vérifient la stabilité du modèle estimé. Il y a stabilité quand les courbes ne sortent pas du corridor.

Section 2 : Résultats et discussions

A. Evolution de la pluviométrie, de la température et la production du maïs

1. Evolution de la pluviométrie et de la température

Graphique 1 : Evolution de la pluviométrie

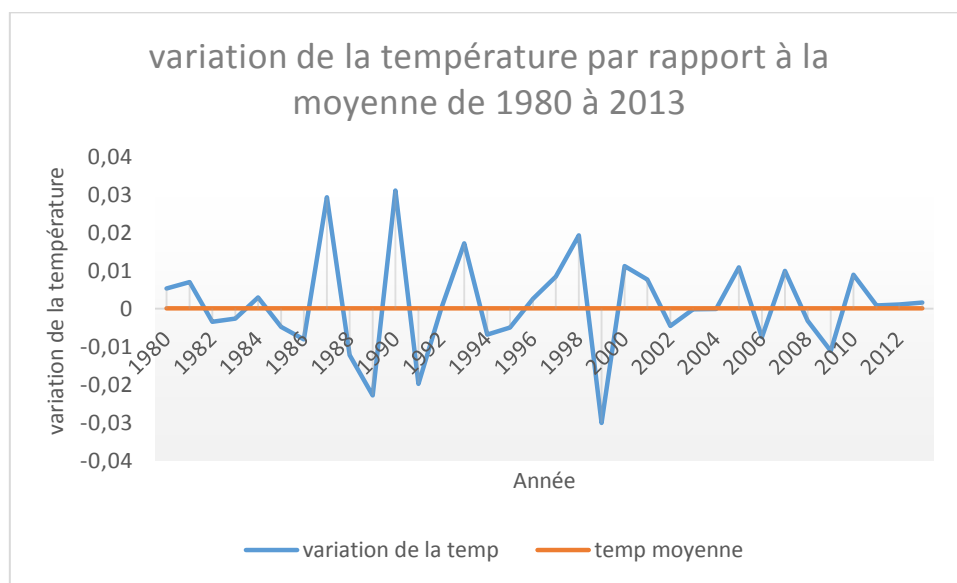


Source : Auteurs à partir des données de l'ASECNA.

L'examen de la variabilité interannuelle des pluies observée au cours de la période 1980 -2013, révèle que sur l'ensemble du pays, de courtes périodes déficitaires alternent avec quelques années de courtes périodes excédentaires. En effet, au cours de cette période, la pluviométrie moyenne est de 1226,50 mm. Ainsi d'une part des baisses des hauteurs pluviométriques par rapport à la moyenne ont été enregistrées au cours des années 1980 ; 1981; 1983; 1984; 1985 ; 1986; 1989; 1992 ; 1994 ; 1995 ; 1998; 2000 ; 2001 ; 2002 ; 2006 ; 2008 et 2009 dont 1998 est celle qui a enregistré la hauteur la plus faible (799,8). D'autres parts les années restantes sont caractérisées par des hauteurs supérieures à la moyenne où 1997 (2203,3) est celle qui a enregistré la plus élevée.

La production moyenne au cours de la période considérée est de 643844. Ainsi d'une part des baisses de production par rapport à la moyenne ont été enregistré de 1980 à 1997. D'autres parts les années restantes en ont connu une hausse (graphique 3). Il est à noter que les productions observés au cours des années 1980 et 2013 sont respectivement les productions les plus faibles (271324) et les plus élevés (1345820).

Graphique 2 : Evolution de la température

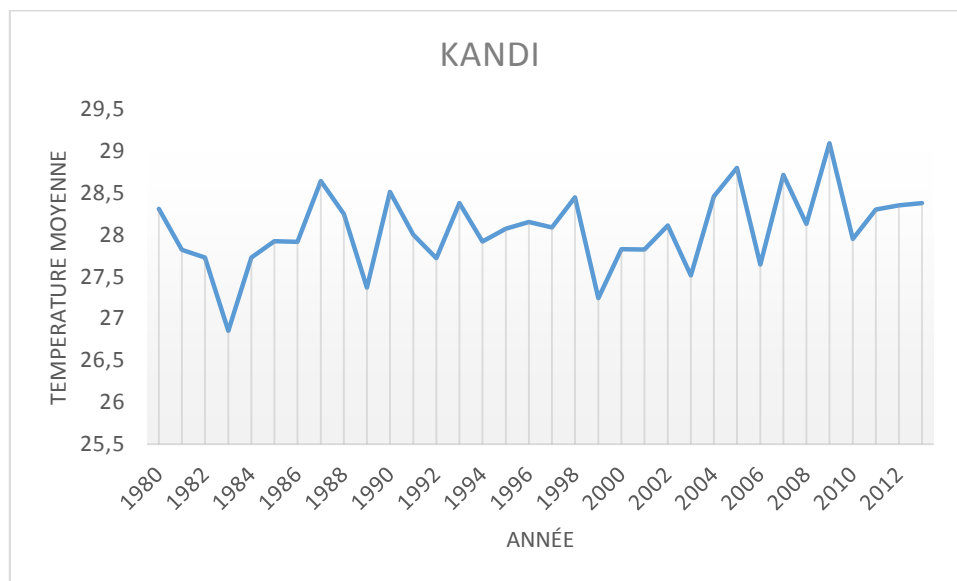


Source : Auteurs à partir des données de l'ASECNA.

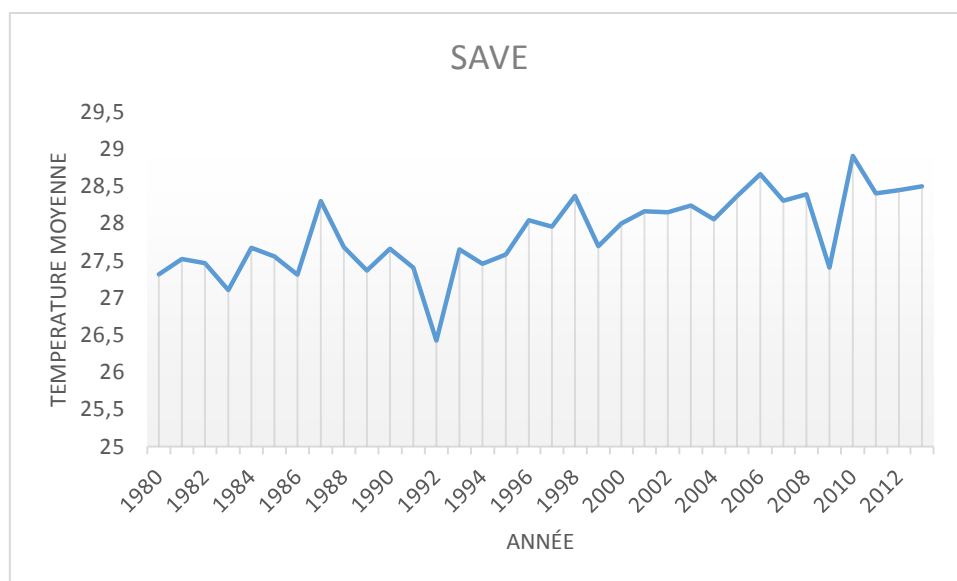
Les écarts à la normale des moyennes de température enregistrés chaque année au cours de la période 1980-2013 sont de l'ordre de $-0,03$ à $+0,04^{\circ}\text{C}$. Ils ne permettent pas de dégager une tendance à la hausse ou à la baisse des températures. En effet, au cours de cette période, la variation de la température moyenne est de $0,0001^{\circ}\text{C}$. Ainsi d'une part des baisses de températures par rapport à la moyenne ont été enregistrées au cours des années 1982 ; 1983 ; 1985 ; 1986 ; 1989 ; 1991 ; 1994 ; 1995 ; 1999 ; 2002 ; 2006 ; 2008 ; 2009 et 2010 dont 1999 est celle qui a enregistré la hauteur la plus faible ($-0,03^{\circ}\text{C}$). D'autres parts les années restantes sont caractérisées par des hauteurs supérieures à la moyenne où 1990 ($0,031^{\circ}\text{C}$) est celle qui a enregistré la plus élevée.

La production moyenne au cours de la période considérée est de 643844. Ainsi d'une part des baisses de production par rapport à la moyenne ont été enregistré de 1980 à 1997. D'autres parts les années restantes en ont connu une hausse (graphique 3). Il est à noter que les productions observés au cours des années 1980 et 2013 sont respectivement les productions les plus faibles (271324) et les plus élevés (1345820).

Graphique 3 : Evolution interannuelle des températures moyennes à Kandi, Savè et Cotonou de 1980 à 2013

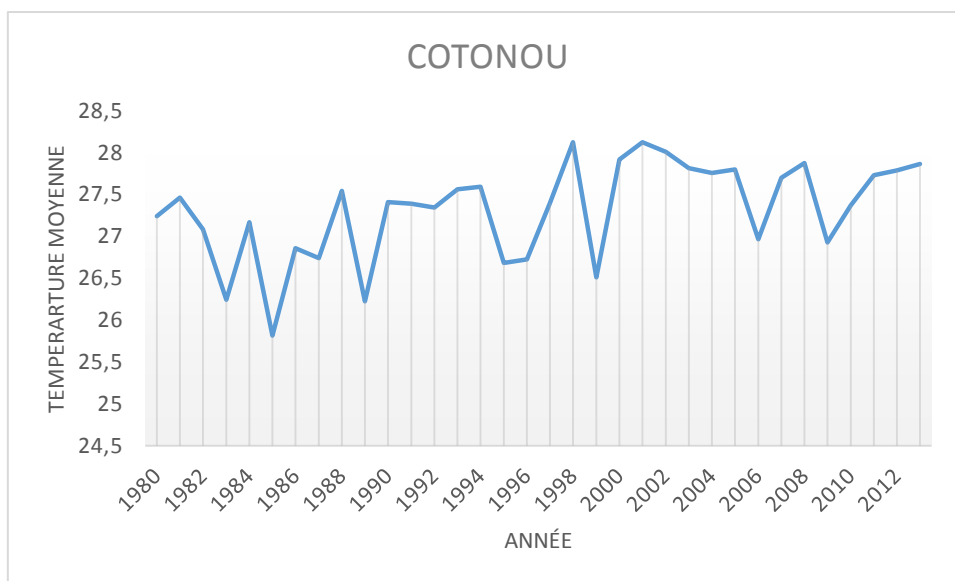


Source : Auteurs à partie des données de l'ASECNA.



Source : Auteurs à partie des données de l'ASECNA.

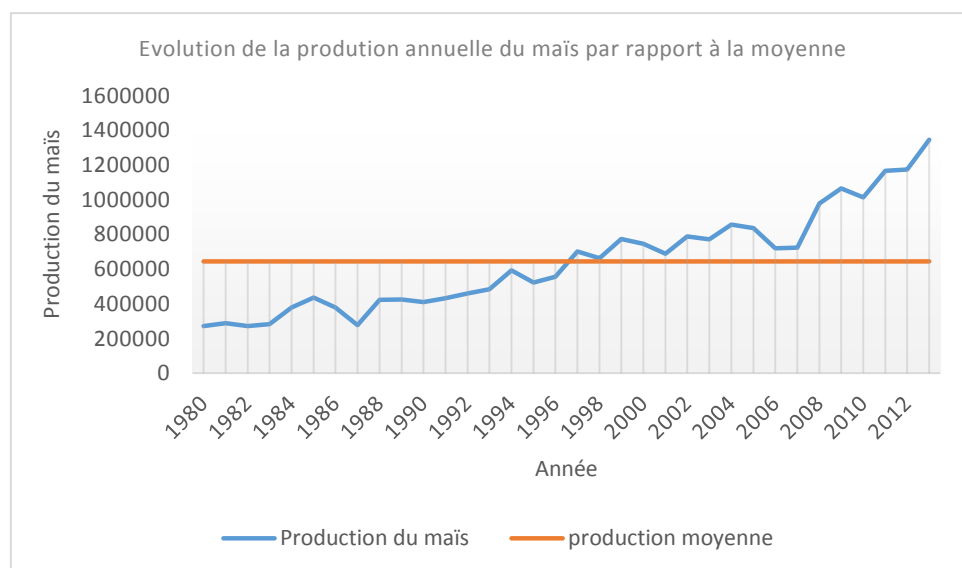
Variabilité climatique et productivité agricole : cas du maïs au Bénin



Source : Auteurs à partir des données de l'ASECNA.

De ces graphes on conclut qu'il y a une augmentation de la température.

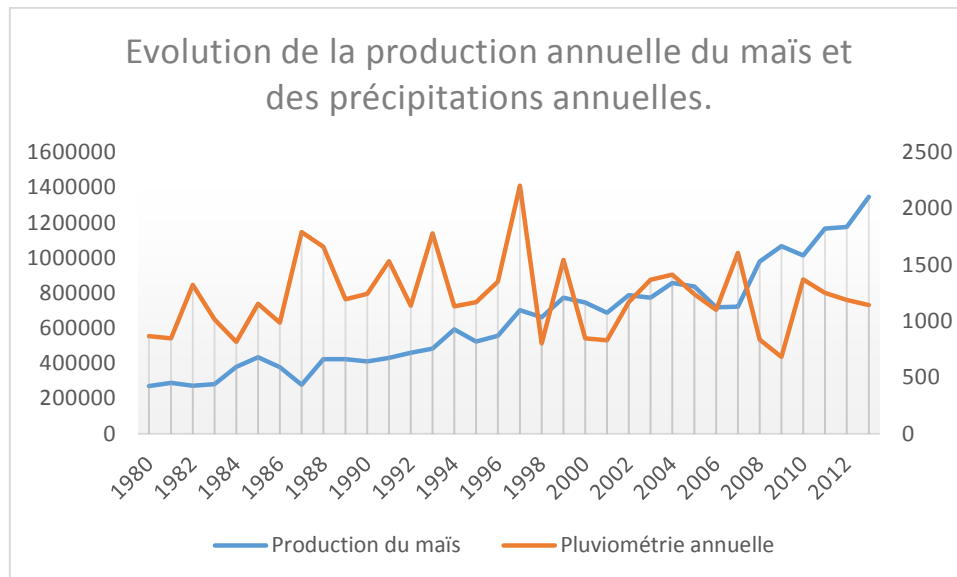
Graphique 4 : Evolution de la production annuelle du maïs par rapport à la moyenne



Source : Auteurs à partir des données de l'ASECNA.

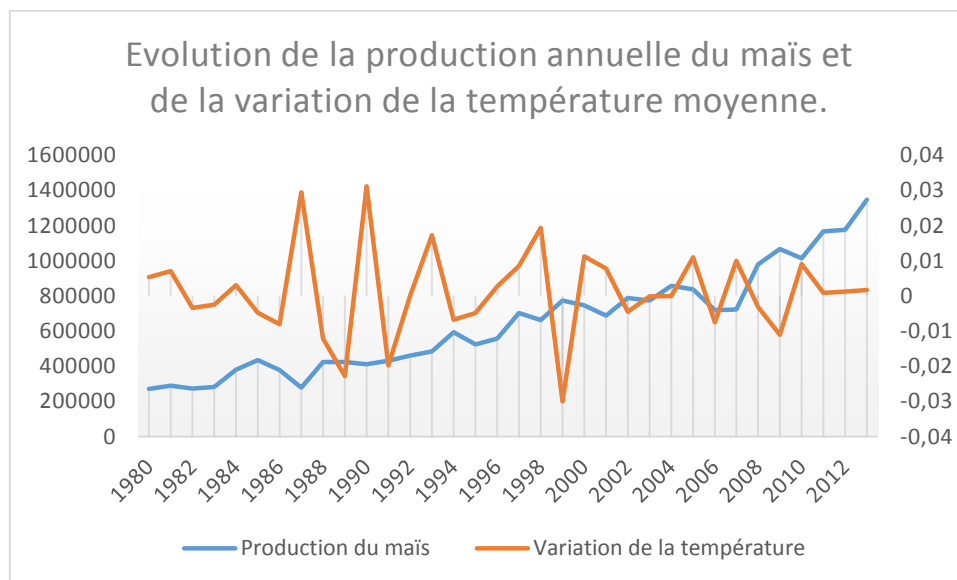
2. Evolution de la production annuelle du maïs et des précipitations annuelles et la température moyenne annuelle

Graphique 5 : Evolution de la production annuelle du maïs et des précipitations annuelles.



Source : Auteurs à partie des données de l'ASECNA.

Graphique 6 : Evolution de la production annuelle du maïs et de la variation de la température moyenne.



Source : Auteurs à partie des données de l'ASECNA.

En somme, on retient la validation de l'hypothèse 1 qui stipule une augmentation de la température et une baisse des précipitations. Alors nous sommes en face un climat variant.

Variabilité climatique et productivité agricole : cas du maïs au Bénin

B. Test de validation et présentation des résultats du modèle linéaire simple

1. Tests de validation

✚ Tests d'ADF

On constate qu'au seuil de 5%, le test d'ADF révèle qu'aucune des variables n'est stationnaire à niveau. La recherche de l'ordre de l'intégration devient nécessaire.

Tableau 6 : Test d'ADF en différence première (Annexe)

Variable	ADF	Valeur critique 5%	Décision
Q	-6.309538	0.0001	Stationnaire
Pmaïs	-8,952350	0.0000	Stationnaire
Pmil	-6.189198	0.0001	Stationnaire
Temp	-6.395098	0.0000	Stationnaire
Pluie	-8.433498	0.0000	Stationnaire
S	-5.849259	0.0002	Stationnaire

Source : Obtenu à partir des données de l'ASECNA et du MAEP sous Eviews.

Ce tableau montre que toutes les variables du modèle sont stationnaires en différence première. D'où elles sont intégrées d'ordre 1 (voir annexe).

2. Présentation des résultats de l'estimation du modèle de régression multiple

Estimation de long terme par les MCO

✚ Test de significativité des coefficients des variables explicatives et pouvoir explicatif du modèle.

Variabes	Coefficient	Probabilité
C	-6.675518	0.4469
Pmaïs	1.085268	0.4828
Pluie	6.790649	0.3330
Pmil	**0.312725	0.0288
Temp	1.077603	0.6787
S	***1.523660	0.0000

$R^2 = 0.942999$ $R^2_{aj} = 0.932443$ $D.W = 1.236705$ $Prob (F) = 0.000000$

*** = Significatif à 1%

** = Significatif à 5%

* = Significatif à 10%

C. Analyse et interprétation des résultats

1. Significativité des coefficients et vérification des hypothèses

a. Signe des coefficients

En dehors du prix du mil et de la température, la pluviométrie, la superficie et le prix du maïs présentent les signes attendus.

b. Significativité des coefficients

Sur l'ensemble des variables explicatives seules le prix du mil et la superficie ont une influence significative sur la production du maïs.

Pmaïs (prix du maïs)

La variable prix du maïs est positive et non significative à 5%. Ce qui traduit que la production du maïs ne dépend pas du prix dans le cas de notre étude. La non significativité du prix pourrait s'expliquer par le pessimisme qui anime les producteurs. En effet, la hausse des prix du marché du maïs au cours d'une saison pourrait pousser la grande partie des producteurs dans la méfiance. Ces derniers peuvent réduire leur production car ils se disent que beaucoup abandonneront d'autres cultures au profit du maïs. Mais généralement en fin de campagne, la production est en baisse car la situation de substitution (abandon d'autres cultures au profit du maïs) projetée par les producteurs ne se produit pas. Ceci peut aussi s'expliquer par le fait que le maïs n'est pas une culture de rente mais une culture vivrière au Bénin donc peu importe le prix on produit.

Pmil (prix du mil)

La variable prix du mil est positive et significative à 5% ($0,288 < 0.05$). Ainsi lorsqu'on augmente le prix du mil de 1%, la production de maïs augmente de 0,3%.

Temp (température)

La variable température est positive et non significative à 5%. Cela s'explique par la variation de cette dernière de par ses augmentations. En effet, il se pourrait qu'une température trop élevée ne favorise pas la bonne progression de la maturité des jeunes plants.

Pluie (pluviométrie)

La variable pluie est négative et non significative à 5%. Aussi paradoxale que cela puisse paraître, la pluviométrie n'a pas une influence significative sur la production du maïs.

Cela s'explique par l'effet trop aléatoire des pluies. En effet, il se pourrait que la pluie arrive tardivement ou qu'elle commence et s'arrête au moment de la floraison des cultures. De plus chaque culture a besoin d'une quantité suffisante et nécessaire d'eau pour son développement normal. Ainsi, une abondance de pluies peut s'avérer fatale pour les cultures vivrières et faire baisser du coup la production.

S (superficie)

La variable superficie est positive et significative à 5%. Ainsi lorsqu'on augmente la superficie de 1%, la production de maïs augmente de 1,5%.

En somme, la production du maïs dépend des variables prix du mil et de la superficie. On peut dire ainsi que pour augmenter la production, le producteur, augmente la superficie. Egalement lorsque le prix du mil augmente, le producteur augmente la production.

2. Validation du modèle

Avant de valider le modèle, il convient de procéder aux tests sur les résidus.

Test de significativité globale du modèle

La statistique de Fisher donne une probabilité de 0.000000, ce qui est très inférieur à 5%. Le modèle est alors globalement significatif. Alors ces cinq variables prises globalement ont une incidence significative sur la production du maïs.

Test de normalité des erreurs

La probabilité associée au test de Jarque Bera (0,64) est supérieure à 5%. Les erreurs du modèle suivent une loi normale.

Test d'hétéroscédasticité des erreurs

Le test d'ARCH (3) effectué sur les résidus du modèle donne un F-Statistic (0,2016) supérieur à 5%. Les erreurs sont alors homoscedastiques.

Test d'autocorrélation des erreurs

Le test de Breusch-Godfrey Serial Correlation effectué sur les résidus du modèle donne un F-Statistic (0.1480) supérieur à 5%. Il y a donc absence d'auto corrélation.

3. Validation des hypothèses

✓ Hypothèse1

Les résultats montrent réellement l'existence d'une variation de la température qui se suit d'une augmentation. Aussi les précipitations n'ont pas gardé une constance et ont baissé. Il y a décroissance des précipitations. L'hypothèse est vérifiée au sens où la production est affectée aux lieux correspondant à la baisse de la pluviométrie et l'augmentation de la température.

✓ Hypothèse2

Les résultats des tests statistiques attestent que la température n'a pas d'effet sur la production du maïs dans le cas de notre étude. Donc l'hypothèse 3 n'est pas vérifiée.

✓ Hypothèse 3

La pluviométrie n'étant pas significative pour le modèle alors son effet sur la production du maïs n'est pas nul mais elle est à négligée. Ainsi, l'hypothèse 4 est rejetée.

Suggestions

Eu égard à tout ce qui précède et pour tirer pleinement profit de cette étude, nous suggérons les mesures suivantes :

- ✚ Mener une étude sectorielle en considérant les données séparément pour chaque commune,
- ✚ Dépasser le cadre linéaire et essayer d'autres formes de modèles pour se donner la latitude de choisir le meilleur modèle ;
- ✚ Préserver l'environnement afin de ne pas modifier le cycle pluviométrique qui peut avoir pour résultat une mauvaise répartition du nombre de pluie (voire les inondations) et une hausse de la température ;
- ✚ Réduire la pollution atmosphérique ;
- ✚ Programmer les campagnes agricoles en tenant compte des dernières tendances et prévisions météorologiques ;
- ✚ Maintenir la part de la population rurale (ou même à la hausse) et éviter que celle-ci se transforme en population urbaine (des fois en « Zémidjan » par exemple). Selon la projection de la population rurale et urbaine par la Direction des Etudes Démographiques à l'INSAE l'effectif de la population urbaine rattrapera celui de la population rurale en 2017. Après 2017, les villes renfermeront un effectif plus important que celui des zones rurales. Il est vrai que la scolarisation contribue au phénomène de l'urbanisation mais l'Etat peut mettre en place une politique afin de motiver les agriculteurs ;
- ✚ Accroître les superficies des terres cultivées par la mécanisation agricole.

CONCLUSION

La place prépondérante de l'agriculture dans l'économie béninoise exige des réflexions approfondies sur les conditions d'une meilleure croissance de la production agricole du pays. Ainsi, le maïs est un produit agricole fortement apprécié et accepté dans la consommation des ménages dans presque tout le pays. La présente étude s'est intéressée à l'effet de la variabilité climatique sur la production du maïs au Bénin. De façon spécifique elle vise à apprécier l'évolution des variables climatiques comme la température et la pluviométrie d'une part et à évaluer l'effet de ces deux variables sur la production du maïs au Bénin d'autre part.

L'agriculture contribue à la croissance économique d'un pays et donc à son développement. Ainsi, les changements climatiques sont à l'heure actuelle parmi les plus grands défis du développement agricole et rural auxquels sont plus confrontés les pays pauvres. En effet, le développement du Bénin passe par une production agricole élevée. Au terme de notre étude qui s'intitule : «variabilité climatique et productivité agricole au Bénin : Cas du maïs», nos deux premières hypothèses émises sont confirmées afin de prouver l'existence d'une variabilité climatique. Quant aux deux autres, nous retiendrons d'une part que la production du maïs n'a pas une grande dépendance avec la température et la pluviométrie mais elle dépend d'autres facteurs plus importants comme la superficie des terres.

D'autre part, les variables comme le prix du mil et la superficie déterminent significativement le niveau de la production du maïs.

Il ressort donc que pour influencer la production du maïs il faudrait veiller le prix des cultures de rentes comme le prix du mil et agir sur la superficie pratiquée.

Cette étude nous a permis de savoir à partir de ce instant les actions à mener afin d'avoir une vue plus large sur l'analyse économique de la production du maïs et nous espérons que nos recommandations seront d'une utilité majeure pour la résolution des problèmes rencontrés par les producteurs.

Sans prétendre avoir abordé tous les contours du sujet, nous espérons que nos suggestions sauront contribuer à la promotion de la filière maïs au Bénin.

Variabilité climatique et productivité agricole : cas du maïs au Bénin

Aussi ,on propose que de plus grandes études soient réalisées sur le Bénin en général en tenant compte d'un plus vaste échantillon pour mieux percevoir l'effet de la variabilité du climat sur la production du maïs et bien d'autres cultures.

Références bibliographique

Agbachi Georges ALE (2010), « Performances environnementale et socioéconomique des exploitations agricoles au Bénin », p 2, 3

AGVSA (2013), Analyse Globale de la Vulnérabilité et de la Sécurité Alimentaire,

AKPA A. Fréjuis et d'OLIVEIRA Gaël ; (2014) « Déterminants de la perception des jeunes étudiants à l'agriculture au Bénin »

AKPOVI Andréa Carole et ALPHA-VODJI A. G. Conceptia ; (2012), « Analyse économique de l'incidence de la pluviométrie sur le rendement de l'ananas et le revenu des producteurs: cas de Zinvié (Commune d'Abomey-Calavi) »

Boko M., Kosmowski F., Vissin W.E. Les Enjeux du Changement Climatique au Bénin. Programme pour le Dialogue Politique en Afrique de l'Ouest. République du Benin, Cotonou, p 71

Bokonon-Ganta E.B., 1999. Vulnérabilité et Adaptation des écosystèmes du Bénin aux Changements Climatiques. UNB/FLASH. p75

D.S.M. AGOSSOU et Al, (2012), « Perception des perturbations climatiques, savoirs locaux et stratégies d'adaptation des producteurs agricoles béninois »**PRESAO (2011)**, « Analyse de la compétitivité du maïs local au Bénin », p 2

FARM Note N° 7 - Juillet 2013, « Productivité agricole : des motifs d'inquiétude ? », p 2 ; 3 ; 4

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

Houndénou C., 1999. Variabilité climatique et maïsiculture en milieu tropical humide : l'exemple du Bénin, diagnostic et modélisation. Dijon. p382

Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique (INSAE) ; de 1972 à 2010 ; «Annuaire Statistique »

Variabilité climatique et productivité agricole : cas du maïs au Bénin

IPCC, 1991. Climate change: The IPCC Response Strategies. Washington D.C. p44.

Laurent Da Silva, 2009. L'impact économique des changements climatiques sur l'agriculture Canadienne. Mémoire présenté en vue de l'obtention de grade de maitre en sciences (M.SC.) Montréal, p84.

Marie-Josèphe Dugu, (2012), « Caractérisation des stratégies d'adaptation au changement climatique en agriculture paysanne »

MEHU (2001). Communication Nationale Initiale du Bénin. République du Benin, Cotonou. p76

MEHU, 2000. Synthèse des études de vulnérabilité et d'adaptation. Secteur « Ressources en eau dans le département des Collines » au centre du pays et « Santé et établissements humains dans le littoral ». Programme CC : TRAIN, MEHU, Cotonou. p24

MEHU-PNUD, 1999. Etude la vulnérabilité de la région Zou-Nord (Département des collines) aux changements climatiques dans le secteur des ressources en eau : stratégies d'adaptation. République du Benin, Cotonou, p48.

MEPN, 2008, Convention-cadre des nations unies sur les changements climatiques. Programme d'action national d'adaptation aux changements climatiques du Benin (PANA-BENIN), République de Benin, p10.

MEPN, 2008, Programme d'Action National d'Adaptation aux Changements Climatiques du Bénin (PANA-Bénin), République du Benin, p82

Mohammed N. Baco, Tahirou Abdoulaye, Diakalia Sanogo et Augustine Langyintuo (2011), « Caractérisation des ménages producteurs de maïs en zone de savane sèche au Bénin » p 12

Paul Césaire GNANGLE et Al, « Perceptions locales du changement climatique et mesures d'adaptation dans la gestion des parcs à karité au Nord-Bénin », P 139 ; 140

Pélagie HESSAVI ; (2013), « Analyse économique des stratégies utilisées par les producteurs de maïs face aux changements climatique au sud du Bénin »

WOKOU G , et Al ; « Analyse de quelques caractéristiques des saisons de pluies dans le bassin du zou au bénin (Afrique de l'Ouest) » ; p 52

ANNEXES

Variabilité climatique et productivité agricole : cas du maïs au Bénin

Augmented Dickey-Fuller test statistic en difference première

Null Hypothesis: D(P) has a unit root
 Exogenous: Constant, Linear Trend
 Lag Length: 1 (Fixed)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-8.952350	0.0000
Test critical values: 1% level	-4.284580	
5% level	-3.562882	
10% level	-3.215267	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable: D(P,2)
 Method: Least Squares
 Date: 04/23/15 Time: 12:50
 Sample (adjusted): 1983 2013
 Included observations: 31 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(P(-1))	-2.190803	0.244718	-8.952350	0.0000
D(P(-1),2)	0.633868	0.149401	4.242714	0.0002
C	-0.094165	0.076750	-1.226916	0.2304
@TREND(1980)	0.007930	0.003888	2.039594	0.0513
R-squared	0.801702	Mean dependent var		0.000000
Adjusted R-squared	0.779669	S.D. dependent var		0.400540
S.E. of regression	0.188011	Akaike info criterion		-0.384717
Sum squared resid	0.954401	Schwarz criterion		-0.199686
Log likelihood	9.963108	Hannan-Quinn criter.		-0.324401
F-statistic	36.38633	Durbin-Watson stat		2.120165
Prob(F-statistic)	0.000000			

Null Hypothesis: D(PL) has a unit root
 Exogenous: Constant, Linear Trend
 Lag Length: 1 (Fixed)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-8.433498	0.0000
Test critical values: 1% level	-4.284580	
5% level	-3.562882	
10% level	-3.215267	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable: D(PL,2)
 Method: Least Squares
 Date: 04/23/15 Time: 12:51
 Sample (adjusted): 1983 2013
 Included observations: 31 after adjustments

Variabilité climatique et productivité agricole : cas du maïs au Bénin

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(PL(-1))	-2.145042	0.254348	-8.433498	0.0000
D(PL(-1),2)	0.596204	0.155101	3.843966	0.0007
C	-0.020760	0.017025	-1.219353	0.2333
@TREND(1980)	0.001713	0.000863	1.984205	0.0575
R-squared	0.787314	Mean dependent var		0.000000
Adjusted R-squared	0.763683	S.D. dependent var		0.085678
S.E. of regression	0.041650	Akaike info criterion		-3.399111
Sum squared resid	0.046838	Schwarz criterion		-3.214080
Log likelihood	56.68622	Hannan-Quinn criter.		-3.338796
F-statistic	33.31597	Durbin-Watson stat		2.121499
Prob(F-statistic)	0.000000			

Null Hypothesis: D(PMIL) has a unit root
 Exogenous: Constant, Linear Trend
 Lag Length: 1 (Fixed)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-6.189198	0.0001
Test critical values: 1% level	-4.284580	
5% level	-3.562882	
10% level	-3.215267	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
 Dependent Variable: D(PMIL,2)
 Method: Least Squares
 Date: 04/23/15 Time: 12:51
 Sample (adjusted): 1983 2013
 Included observations: 31 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(PMIL(-1))	-1.893117	0.305874	-6.189198	0.0000
D(PMIL(-1),2)	0.334675	0.181928	1.839607	0.0768
C	0.015837	0.074938	0.211334	0.8342
@TREND(1980)	0.004278	0.003806	1.124018	0.2709
R-squared	0.741221	Mean dependent var		0.001058
Adjusted R-squared	0.712468	S.D. dependent var		0.346227
S.E. of regression	0.185654	Akaike info criterion		-0.409952
Sum squared resid	0.930618	Schwarz criterion		-0.224922
Log likelihood	10.35426	Hannan-Quinn criter.		-0.349637
F-statistic	25.77871	Durbin-Watson stat		2.104628
Prob(F-statistic)	0.000000			

Null Hypothesis: D(Q) has a unit root
 Exogenous: Constant, Linear Trend
 Lag Length: 1 (Fixed)

	t-Statistic	Prob.*
--	-------------	--------

Variabilité climatique et productivité agricole : cas du maïs au Bénin

Augmented Dickey-Fuller test statistic		-6.309538	0.0001
Test critical values:	1% level	-4.296729	
	5% level	-3.568379	
	10% level	-3.218382	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
 Dependent Variable: D(Q,2)
 Method: Least Squares
 Date: 04/23/15 Time: 12:59
 Sample (adjusted): 1983 2012
 Included observations: 30 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(Q(-1))	-1.732025	0.274509	-6.309538	0.0000
D(Q(-1),2)	0.429092	0.176573	2.430113	0.0223
C	0.081437	0.058815	1.384630	0.1779
@TREND(1980)	0.000398	0.002958	0.134699	0.8939
R-squared	0.680621	Mean dependent var		0.006487
Adjusted R-squared	0.643769	S.D. dependent var		0.234789
S.E. of regression	0.140134	Akaike info criterion		-0.968869
Sum squared resid	0.510576	Schwarz criterion		-0.782043
Log likelihood	18.53304	Hannan-Quinn criter.		-0.909102
F-statistic	18.46930	Durbin-Watson stat		2.222502
Prob(F-statistic)	0.000001			

Null Hypothesis: D(S) has a unit root
 Exogenous: Constant, Linear Trend
 Lag Length: 1 (Fixed)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-5.849259	0.0002
Test critical values:	1% level	-4.284580
	5% level	-3.562882
	10% level	-3.215267

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
 Dependent Variable: D(S,2)
 Method: Least Squares
 Date: 04/23/15 Time: 13:00
 Sample (adjusted): 1983 2013
 Included observations: 31 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(S(-1))	-1.564394	0.267452	-5.849259	0.0000
D(S(-1),2)	0.341115	0.168426	2.025306	0.0528
C	0.033329	0.029849	1.116596	0.2740
@TREND(1980)	0.000147	0.001454	0.101256	0.9201
R-squared	0.636619	Mean dependent var		0.001619

Variabilité climatique et productivité agricole : cas du maïs au Bénin

Adjusted R-squared	0.596243	S.D. dependent var	0.113653
S.E. of regression	0.072217	Akaike info criterion	-2.298356
Sum squared resid	0.140815	Schwarz criterion	-2.113326
Log likelihood	39.62452	Hannan-Quinn criter.	-2.238041
F-statistic	15.76737	Durbin-Watson stat	1.999712
Prob(F-statistic)	0.000004		

Null Hypothesis: T has a unit root
 Exogenous: Constant, Linear Trend
 Lag Length: 1 (Fixed)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-6.395098	0.0000
Test critical values: 1% level	-4.273277	
5% level	-3.557759	
10% level	-3.212361	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
 Dependent Variable: D(T)
 Method: Least Squares
 Date: 04/23/15 Time: 12:54
 Sample (adjusted): 1982 2013
 Included observations: 32 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
T(-1)	-1.724698	0.269691	-6.395098	0.0000
D(T(-1))	0.368452	0.170310	2.163419	0.0392
C	5.691804	0.890015	6.395179	0.0000
@TREND(1980)	0.001805	0.000310	5.828186	0.0000

R-squared	0.693646	Mean dependent var	0.000760
Adjusted R-squared	0.660822	S.D. dependent var	0.013237
S.E. of regression	0.007709	Akaike info criterion	-6.776358
Sum squared resid	0.001664	Schwarz criterion	-6.593141
Log likelihood	112.4217	Hannan-Quinn criter.	-6.715627
F-statistic	21.13251	Durbin-Watson stat	1.897134
Prob(F-statistic)	0.000000		

Test de co-intégration

Date: 04/23/15 Time: 13:03
 Sample (adjusted): 1982 2012
 Included observations: 31 after adjustments
 Trend assumption: No deterministic trend
 Series: P PL PMIL Q S T
 Lags interval (in first differences): 1 to 1

Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)

Hypothesized	No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *		0.692066	92.48452	83.93712	0.0105

Variabilité climatique et productivité agricole : cas du maïs au Bénin

At most 1	0.644824	55.97054	60.06141	0.1055
At most 2	0.289116	23.88111	40.17493	0.7128
At most 3	0.234050	13.30247	24.27596	0.5959
At most 4	0.147907	5.036698	12.32090	0.5624
At most 5	0.002412	0.074855	4.129906	0.8223

Trace test indicates 1 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level

* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level

**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

Unrestricted Cointegration Rank Test (Maximum Eigenvalue)

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Max-Eigen Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None	0.692066	36.51397	36.63019	0.0516
At most 1 *	0.644824	32.08943	30.43961	0.0309
At most 2	0.289116	10.57864	24.15921	0.8834
At most 3	0.234050	8.265777	17.79730	0.6767
At most 4	0.147907	4.961842	11.22480	0.4827
At most 5	0.002412	0.074855	4.129906	0.8223

Max-eigenvalue test indicates no cointegration at the 0.05 level

* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level

**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

Estimation de long terme par les MCO

Dependent Variable: Q

Method: Least Squares

Date: 04/23/15 Time: 13:07

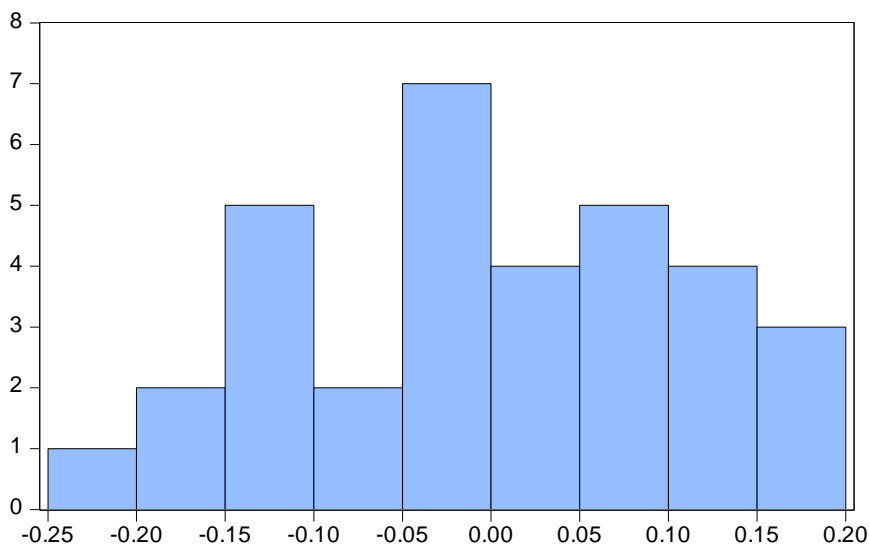
Sample (adjusted): 1980 2012

Included observations: 33 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-6.675518	8.649137	-0.771813	0.4469
P	1.085268	1.524901	0.711697	0.4828
PL	-6.790649	6.888419	-0.985807	0.3330
PMIL	0.312725	0.135388	2.309837	0.0288
T	1.077603	2.573634	0.418709	0.6787
S	1.523660	0.239666	6.357424	0.0000
R-squared	0.942999	Mean dependent var		13.25734
Adjusted R-squared	0.932443	S.D. dependent var		0.460054
S.E. of regression	0.119576	Akaike info criterion		-1.246769
Sum squared resid	0.386055	Schwarz criterion		-0.974677
Log likelihood	26.57170	Hannan-Quinn criter.		-1.155219
F-statistic	89.33522	Durbin-Watson stat		1.236705
Prob(F-statistic)	0.000000			

Variabilité climatique et productivité agricole : cas du maïs au Bénin

Test de normalité



Series: Residuals	
Sample 1980 2012	
Observations 33	
Mean	2.09e-16
Median	-0.005354
Maximum	0.194566
Minimum	-0.231986
Std. Dev.	0.109837
Skewness	-0.073019
Kurtosis	2.213406
Jarque-Bera	0.880079
Probability	0.644011

Test of Heteroskedasticity Test: ARCH

Heteroskedasticity Test: ARCH

F-statistic	1.652571	Prob. F(3,26)	0.2016
Obs*R-squared	4.804341	Prob. Chi-Square(3)	0.1867

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2

Method: Least Squares

Date: 04/23/15 Time: 13:21

Sample (adjusted): 1983 2012

Included observations: 30 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.005074	0.003831	1.324389	0.1969
RESID^2(-1)	0.255794	0.200123	1.278184	0.2125
RESID^2(-2)	0.066148	0.206515	0.320306	0.7513
RESID^2(-3)	0.297345	0.207152	1.435394	0.1631
R-squared	0.160145	Mean dependent var		0.011468
Adjusted R-squared	0.063238	S.D. dependent var		0.013698
S.E. of regression	0.013258	Akaike info criterion		-5.684928
Sum squared resid	0.004570	Schwarz criterion		-5.498102
Log likelihood	89.27392	Hannan-Quinn criter.		-5.625161
F-statistic	1.652571	Durbin-Watson stat		1.921071
Prob(F-statistic)	0.201638			

Test d'auto corrélation

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	2.064288	Prob. F(2,25)	0.1480
Obs*R-squared	4.677297	Prob. Chi-Square(2)	0.0965

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Variabilité climatique et productivité agricole : cas du maïs au Bénin

Method: Least Squares

Date: 04/23/15 Time: 13:24

Sample: 1980 2012

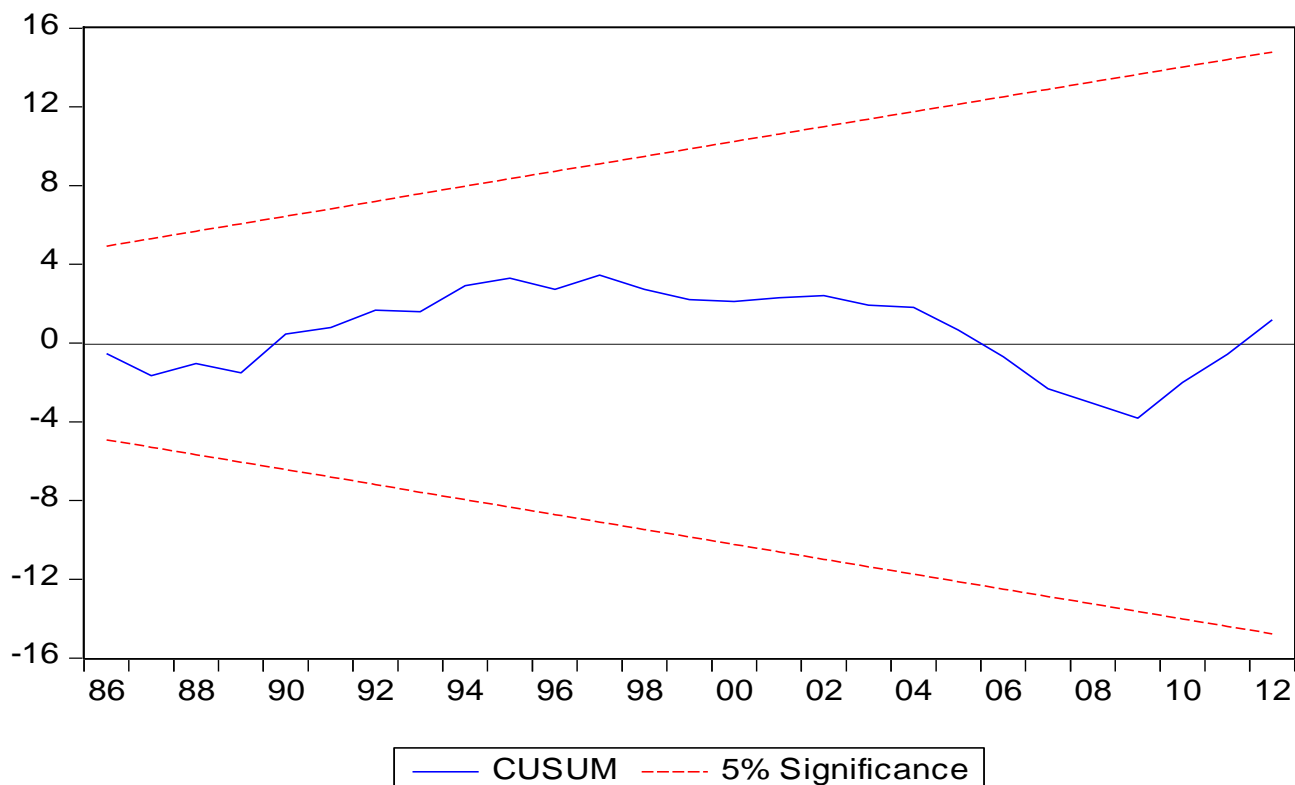
Included observations: 33

Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	1.858957	8.381611	0.221790	0.8263
P	0.078966	1.526066	0.051745	0.9591
PL	0.038537	6.862821	0.005615	0.9956
PMIL	-0.072180	0.139958	-0.515724	0.6106
T	-1.028075	2.529029	-0.406510	0.6878
S	0.111905	0.241755	0.462887	0.6474
RESID(-1)	0.369572	0.212595	1.738389	0.0944
RESID(-2)	0.176241	0.236406	0.745501	0.4629

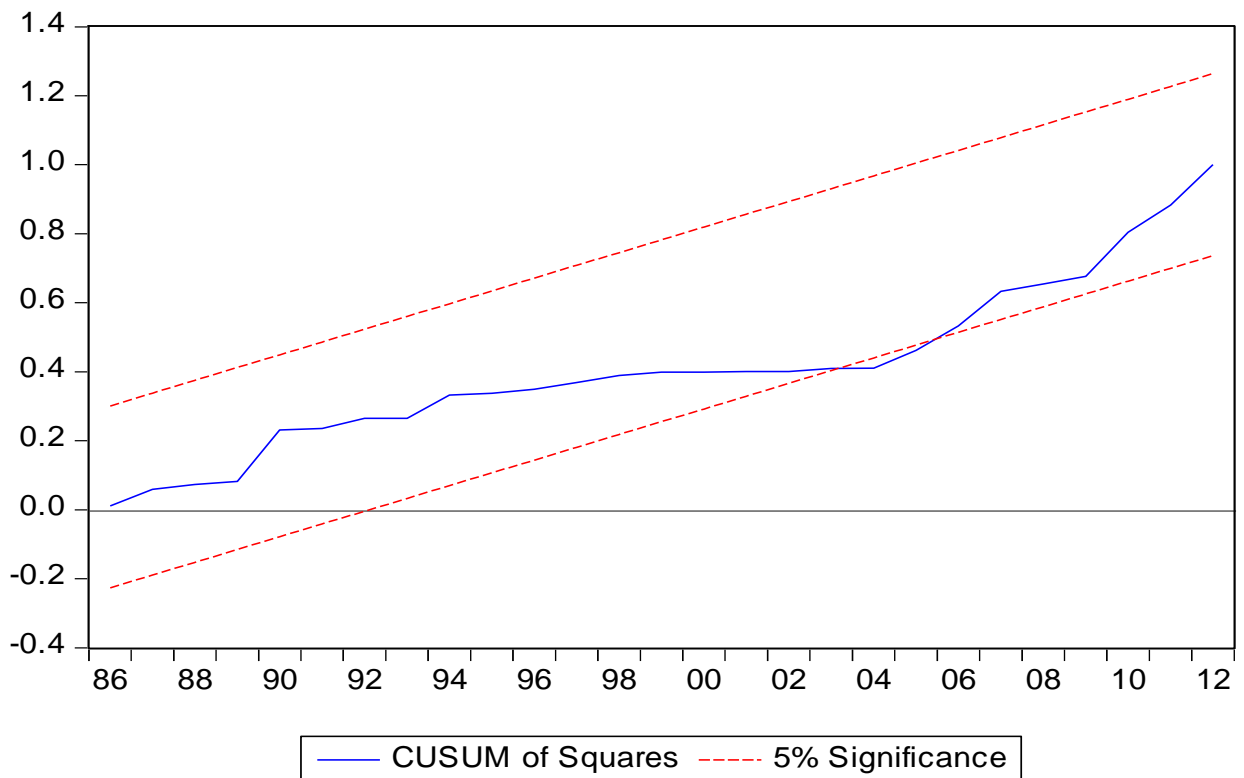
R-squared	0.141736	Mean dependent var	2.09E-16
Adjusted R-squared	-0.098578	S.D. dependent var	0.109837
S.E. of regression	0.115124	Akaike info criterion	-1.278401
Sum squared resid	0.331337	Schwarz criterion	-0.915611
Log likelihood	29.09362	Hannan-Quinn criter.	-1.156334
F-statistic	0.589796	Durbin-Watson stat	1.760580
Prob(F-statistic)	0.757899		

Cusum test

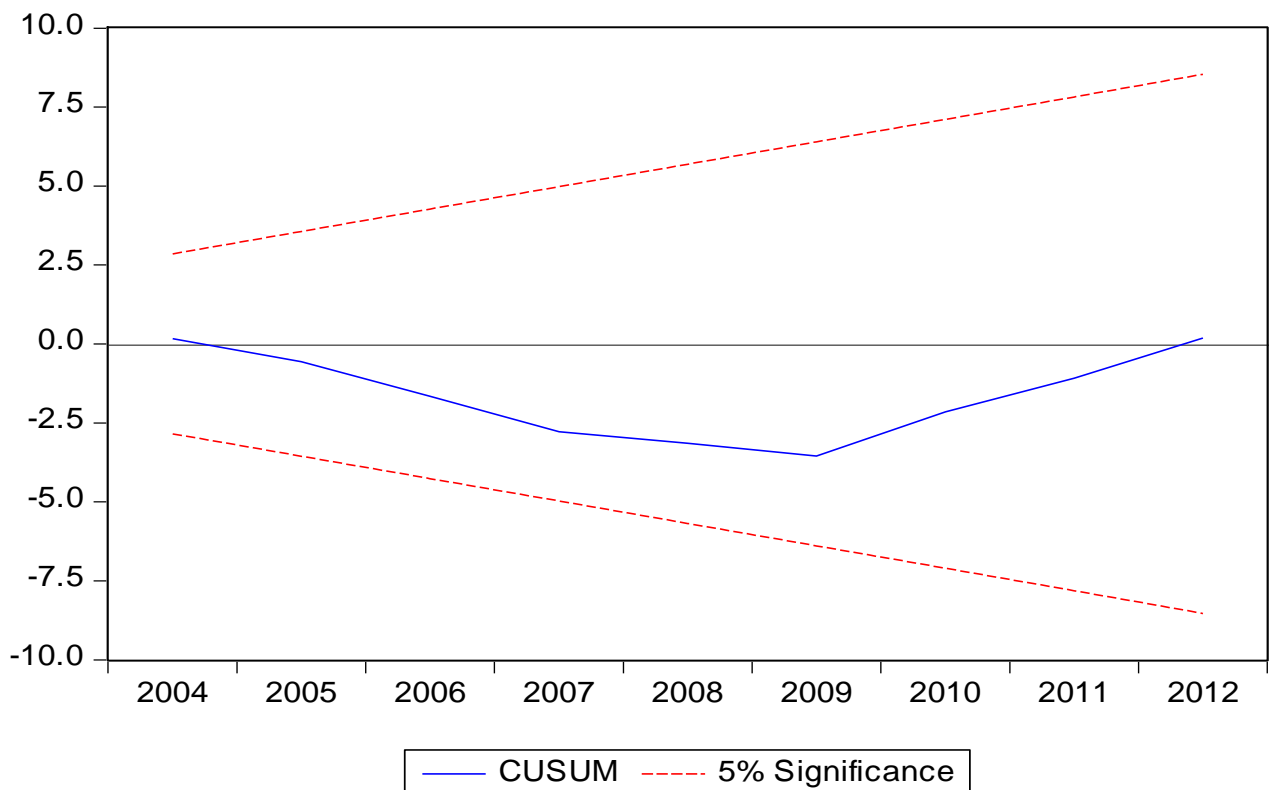


Variabilité climatique et productivité agricole : cas du maïs au Bénin

Cusum square test



Cusum test avec dum



Cusum square avec dum



Table des matières

AVERTISSEMENT	ii
DEDICACE.....	iii
REMERCIEMENTS	iv
LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES	v
LISTE DES TABLEAUX	vii
LISTE DES GRAPHIQUES	viii
SOMMAIRE	ix
Résumé.....	x
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 : Cadre institutionnel et théorique de l'étude	3
Section1 : Cadre institutionnel	3
Paragraphe1 : Historique du PAPA.....	3
Paragraphe 2 : Structure du PAPA	3
A. Chef Programme Analyse de la Politique Agricole.....	3
B. Chauffeur.....	4
C. Gardien	4
D. Secrétaire/Comptable	5
E. Chargé Analyse Politique sectorielle et de veille stratégique.....	6
F. Collaborateur (suivi contexte sous-régional & suivi évolution de la situation nationale).....	6
G. Chargé Sociologie et anthropologie des innovations	7
H. Collaborateur (Micro sociologie des innovations & Etudes prospectives des innovations)	7
I. Chargé -Economie des exploitations agricoles et des innovations.....	8
J. Collaborateur (Etudes de rentabilité des innovations & Etudes de fonctionnement des exploitations agricoles & Adoption et impact des innovations).....	8
K. Chargé de Macro-économie des politiques agricoles	9
L. Collaborateur (analyse macroéconomique & analyse des chaînes de valeurs agricoles et filières & Impact des réformes tarifaires et non tarifaires sur le secteur agricole).....	10
M. Chargé de la Statistique et économétrie	10
N. Collaborateur (chargé des collectes et gestion de bases de données & chargé de la programmation).....	11
Section 2 : Cadre théorique de l'étude	12
Paragraphe 1 : Problématique, Objectifs et Hypothèses.....	12
A. Problématique.....	12
B. Objectifs de l'étude et hypothèses de recherche.....	14
Paragraphe 2 : La revue de littérature.....	14

Variabilité climatique et productivité agricole : cas du maïs au Bénin

A. Clarification des concepts.....	15
B. Approche théorique	16
CHAPITRE II : Cadre empirique	25
Section 1 : Cadre méthodologique	25
Paragraphe 1 : Collecte des données	25
Paragraphe 2 : Méthodes d'analyse.....	25
A. Présentation du modèle	26
B. Description du modèle.....	28
Section 2 : Résultats et discussions	31
A. Evolution de la pluviométrie, de la température et la production du maïs	31
B. Test de validation et présentation des résultats du modèle linéaire simple	36
C. Analyse et interprétation des résultats	37
Suggestions.....	40
CONCLUSION	41
Références bibliographique	43
ANNEXES	45
Table des matières	55