

Analyse économique des effets de la variation des températures et précipitations sur la production céréalière au Togo

DANDONUGBO Yevessè

Faculté des Sciences Economiques
et de Gestion (FASEG) de l'Université de Lomé

Résumé

Dans le monde et particulièrement au Togo, le secteur agricole représente une grande part des activités économiques, et constitue la principale source de revenus et d'emplois pour plus de 70 % de la population rurale. Contribuant à l'ordre de 35% à la formation du PIB, la performance agricole du pays devrait faire face aux aléas du climat qui entraînent une reprise des semis, occasionnant la baisse des revenus et du pouvoir d'achat, l'exode rural, la famine et les modifications des habitudes culturelles. Ce papier, vise à analyser les effets de la variation des températures et précipitations sur la production céréalière au Togo en suivant une méthodologie économétrique s'appuyant sur l'approche Ricardienne. Les résultats montrent l'existence d'une relation non linéaire entre le rendement de la culture du maïs et du riz et les variables climatiques. En outre, le changement climatique aura des effets significatifs sur la production agricole et ses effets amplifieront la vulnérabilité de la population rurale vers la fin du siècle.

Mots clés : Approche ricardienne, rendement agricole, température et précipitation

1. Contexte et justification

Il y a une évidence dans la littérature selon laquelle le changement climatique affecte déjà le rendement agricole dans plusieurs pays (IPCC, 2007; Deressa et al, 2008; BNRCC, 2008) et cela est particulièrement évident dans les pays à faible revenu où le climat est le principal déterminant de la productivité agricole et présentant des capacités d'adaptation faibles (SPORE, 2008; Apata et al, 2009)

Le secteur agricole représente une grande part dans les secteurs d'activités économiques principalement dans les zones rurales. Ce secteur constitue la principale source de revenus et d'emplois pour plus de 70 % de la population mondiale pauvre vivant en zones rurales (Banque Mondiale, 2014). Au Togo, l'agriculture demeure le moteur du développement de l'économie grâce aux potentialités agronomiques et édaphiques que recèle ce secteur agricole. Les statistiques du Ministère de l'agriculture, de l'élevage et de la pêche (MAEP, 2012), montrent que l'agriculture emploie 96% des ménages ruraux avec près de 54% de la population active. En outre, l'agriculture est le principal déterminant de la production en contribuant à hauteur de 40% à la formation de la richesse nationale et générant plus de 20% des recettes d'exportation. Les produits agricoles sont essentiellement composés de cultures vivrières présentant des rendements faibles dans l'ensemble du pays (DSID, 2012). Selon les statistiques de la DSID (2012) la production vivrière (céréales, tubercules et légumineuses) au cours de la campagne agricole 2011/2012, a été estimée à 2 906 816 tonnes pour une superficie cultivée de 1 361 008 ha soit 39,9% de superficie cultivable.

Les capacités du pays à accroître les performances de son agriculture et particulièrement de sa production céréalière, dépendent de sa capacité à maîtriser les paramètres de production, au premier rang desquels figurent les conséquences des aléas du climat.

Depuis plusieurs décennies, la communauté internationale fait face à des enjeux nouveaux, le changement climatique définie par la Groupe d'expert Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) comme étant l'ensemble des variations des caractéristiques climatiques en des endroits donnés au cours du temps. Le 5^{ème} rapport du GIEC (2014) a ainsi renforcé ses certitudes sur la principale cause du réchauffement climatique, et n'a jamais été aussi sûr de la responsabilité des activités humaines comme étant la principale cause de la variation de ces paramètres climatiques. Cependant, cette responsabilité est estimée dans ce rapport comme étant « extrêmement probable » (avec une probabilité de 95%).

Les études de la première communication sur le changement climatique (CNI, 2009), révèle un accroissement de la température moyenne de 1,00 à 1,25°C et des précipitations de 0 à 0,80%, ce qui aura des impacts sérieux sur les différents secteurs d'activités.

Le décalage des saisons observé, entraîne des reprises de semis occasionnant la baisse de revenus et du pouvoir d'achat, l'exode rural, la famine, la prolongation de la période de soudure, les migrations saisonnières des exploitants agricoles et les modifications des habitudes culturelles, (Sultan, 2010).

Globalement, au cours de ces dernières années, les paysans n'arrivent plus à prévoir les débuts et fins des saisons pluvieuses (Diop 1996 ; Houndenou et al. Chédé ; 2007 ; Affo 2007). Ceci rend aléatoire la planification agricole. Diouf *et al* (2000) ont ainsi montré une tendance de raccourcissement de la période de croissance des cultures, observée depuis la fin des années 60 corrélativement à l'aridification. Selon Thornton *et al.* (2006), cette période de croissance des cultures serait l'un des éléments affectés par le changement climatique. Conséquemment, on pourrait s'attendre à la fin du siècle à une extension des zones arides et semi-arides, une réduction des surfaces propices à l'agriculture et du potentiel de production agricole rendant ainsi difficile l'accès à la nourriture (Sultan 2010). Selon la Banque Mondiale (2013), à mesure que la planète se réchauffe, ses habitants pourraient souffrir de la faim et de pénuries d'eau et les régions côtières risquent d'être inondées. S'il ne pleut plus, les récoltes ne pousseront plus et le bétail mourra, ce qui augmentera le risque de famine surtout pour les enfants et l'insécurité alimentaire.

Des études antérieures de l'impact des changements climatiques sur l'agriculture montrent une prévision de baisse des rendements agricoles en particulier dans les régions tropicales (Mendelsohn et Dinar, 1999; Kurukulasuriya et Rosenthal, 2003). Ces études révèlent en outre de grands impacts négatifs sur la productivité agricole, en particulier chez les petits exploitants de la ferme qui dépendent de la productivité des moyens de subsistance. De plus, selon la Banque mondiale (2003), ce réchauffement peut conduire à une augmentation du niveau de pauvreté.

Dans la mesure où les questions relatives à la variabilité du climat sur la planète constituent un débat dans tous les continents du monde et surtout que ces questions font partie aujourd'hui des domaines privilégiés de la recherche scientifique à travers le Groupe Intergouvernemental sur l'Etude du Climat (GIEC), cette étude se propose de répondre à une principale inquiétude, quel serait l'effet de la variabilité des températures et de la pluviométrie sur la production céréalière au Togo?

2. Objectifs et hypothèses

Ainsi l'objectif général de ce papier, est d'analyser les effets de la variation de la température et des précipitations sur le rendement des céréales au Togo. Plus spécifiquement il s'agira :

- (i) D'analyser l'incidence des variations annuelles aléatoires de la température et des précipitations sur les cultures de maïs et de riz au Togo
- (ii) D'estimer à partir de différents scénarios de la GIEC l'effet des projections des variables climatiques sur les rendements de ces cultures.

Comme réponses anticipées, nous formulons dans ce travail deux hypothèses

- (i) La variation annuelle de la température et des précipitations affecte négativement le rendement des principales cultures (maïs, riz) au Togo.
- (ii) le *Scenario* d'augmentation des températures ou/et de diminution de la pluviométrie seront très dommageables à la production céréalière à la fin du siècle.

Les sections suivantes de ce papier présentent la revue de littérature, la méthodologie adoptées et les résultats et interprétations.

3. Brève revue de la littérature

L'évaluation de l'effet du changement climatique sur la production agricole a fait objet de plusieurs études dans la littérature. Les travaux effectués dans ce sens nous permettront de présenter dans un premier temps une analyse théorique et dans un second temps d'aborder les études empiriques des effets du changement climatique sur la production agricole.

Plusieurs approches et méthodes sont utilisées dans la littérature afin d'analyser l'effet de la variation des paramètres climatiques sur la production agricole. A cet effet on distingue généralement l'approche fonction de production (Adams et al. 1995), les modèles d'équilibre de marché (Zhai et al. 2009), et l'approche ricardienne (Mendelsohn et al. 1994). Il est remarqué au niveau de ces approches que ce qui est perçu comme limites dans l'une de ces approches est souvent considérée comme un atout d'une autre approche (Mendelsohn, 2007).

L'approche structurelle permet de simuler la réponse des cultures en utilisant des modèles interdisciplinaires tout en se basant sur les effets estimés pour simuler les changements dans la production. Cette approche méthodologique présente des avantages dans la mesure où elle offre des informations détaillées sur les réponses physiques, biologiques et économiques des cultures, ainsi que les ajustements possibles. Néanmoins, elle présente des limites surtout celle de ne pouvoir intégrer les mesures d'adaptations. (Schimmelpfennig et al, 1996). L'approche ricardienne est basée sur des relations statistiques entre les variables climatiques et les

indicateurs économiques. Un avantage de cette approche est que les mesures d'adaptations aux conditions climatiques locales sont implicitement intégrées dans cette approche.

Le modèle est basé sur l'idée selon laquelle, la valeur des terres, dérivées de l'efficacité de leur utilisation et de l'existence de marchés concurrentiels, représente ainsi la valeur actuelle des recettes nettes. Ce modèle calcule donc les effets des variations des variables économiques, climatiques et non économiques sur la valeur des terres arables en utilisant des données non agrégés.

Dans la littérature, la communauté scientifique met en exergue le fait que les changements observés dans les variables climatiques telles que la température et les précipitations ont un effet significatif sur les rendements des cultures. Ainsi selon Reilly et al. (1996), du fait que la température s'éloigne de la température de croissance favorable aux cultures, la croissance de la culture est affectée. De même, si la variabilité des températures est élevée, les rendements sont moins élevés. Les auteurs concluent que les endroits qui sont trop chaud ou trop proche de la température optimale sont susceptibles d'être plus affectés

Des études menées par Warrick (1984) ont été parmi les premiers à utiliser l'approche fonction de production pour analyser l'effet du climat sur la production agricole. Warrick a utilisé une régression pour simuler l'augmentation de la température similaire à celles qui ont eu lieu dans les années 30 et a constaté que la production agricole a diminué. Terjung et al (1984) dans leurs études, déduisent que les quantités d'eau pour l'irrigation seront plus élevées face à la hausse des températures, si des changements technologiques n'ont pas été faits. Easterling et al (1993) utilisant également l'approche fonction de production ont constaté que les changements climatiques aux États-Unis, en l'absence de modification de technologie ou des augmentations de CO₂, pourrait entraîner une réduction de la production et donc source de pertes économiques. Rosenzweig et Parry (1994), en utilisant cette approche ont fait une évaluation globale de l'impact potentiel du changement climatique sur l'approvisionnement alimentaire mondial et ont suggéré que le doublement de la concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère conduira à une légère diminution de la production agricole mondiale.

Plusieurs études ont également utilisés le modèle ricardien afin de déterminer les effets du climat sur le secteur agricole. Parmi ces études, celle menée par Mendelsohn et al (1994) a exploré l'effet du changement climatique sur la valeur nette des terres arables aux États-Unis. En utilisant les données en coupe instantané au niveau des comtés, ils ont constaté que des

températures plus élevées au cours de l'année (sauf dans la saison d'automne) ont un effet négatif sur les valeurs moyennes des terres. Schlenker et al (2006), utilisent également les données agricoles des comtés aux USA, ainsi que les indicateurs climatiques, les caractéristiques du sol et les conditions socio-économiques. Ils ont montré que le réchauffement climatique provoque des pertes de profit dans ces différents comtés américains.

De même, Maddison et al (2007) ont construit un modèle ricardien en utilisant des données provenant de 11 pays africains; ils ont constaté que d'ici 2050, certains pays africains vont souffrir des pertes considérables dans la production agricole. Molua et Lambi (2007) en étudiant la relation entre le climat et les données sur les bénéfices nets des agriculteurs utilisent un échantillon de 800 exploitations agricoles au Cameroun. Ils ont constaté que le bénéfice net diminue à mesure que les précipitations diminuent et la température augmente.

L'approche ricardienne permet également d'effectuer des comparaisons entre les effets potentiels sur les pays développées et en développement. Ainsi en considérant les USA et l'Inde, Mendelsohn et al (2001) ont analysé la sensibilité au changement climatique de chacun de ces pays. Les résultats ont montré que le secteur agricole en Inde était beaucoup plus sensible aux effets de la variation des paramètres climatiques. L'Inde est susceptible de souffrir des effets négatifs du réchauffement planétaire que les États-Unis. Ils ont conclu que le niveau de développement a un effet significatif sur la sensibilité au changement climatique.

4. Méthodologie

Cette partie présente le cadre théorique et la spécification empirique du modèle

a. Cadre théorique

Mendelsohn, Nordhaus et Shaw (1994) ont fourni une réponse à la grande lacune de l'approche fonction de production en introduisant l'approche Ricardienne. Essentiellement, cette approche tente de mesurer directement l'effet du climat sur la valeur des terres et le rendement agricole en utilisant des données en coupe transversale. Cette méthode repose sur l'hypothèse d'efficience des marchés et donc sur le fait que la valeur des terres agricoles reflète la valeur actualisée des revenus futurs issus de l'exploitation la plus productive de la terre. En s'intéressant au prix des terres agricoles dans différents environnements, cette approche étudie implicitement la gamme complète des stratégies d'adaptation possibles des agriculteurs. Cette approche semble être attirante, car elle vient mettre à l'avant-scène un agriculteur rationnel tel que la théorie économique le conçoit. Ceci permettra de mesurer la contribution de chaque facteur aux résultats et de détecter les effets du changement climatique

à long terme sur la valeur agricole de la terre. Cette approche est rentable et effective, puisque les données secondaires sur les coupes transversales peuvent être relativement faciles à recueillir sur le climat, les facteurs de production et socio-économique (Deressa et Hassan, 2009).

Le principe de cette approche se traduit par l'équation suivante (Mendelsohn et Dinar, 2003).

$$V = \int P_{LE} e^{-\delta t} d_i$$

$$= \int [\sum_i^n P_i Q_i(X, F, Z, G) - \sum RX] e^{-\delta t} dt \quad \text{où } i = 1, 2, \dots \dots n \text{ culture} \quad (1)$$

Où : PLE est le revenu net par hectare,

Pi est le prix de marché de la culture i,

Q_i est la quantité produite de la culture i

F est le vecteur des variables climatiques

Z est L'ensemble des facteurs édaphiques,

G est l'ensemble des prix des facteurs w est le vecteur des prix des inputs.

L'hypothèse sur laquelle se fonde ce modèle est que les ménages vont maximiser le rendement de leur production par le choix des intrants (X) en fonction des caractéristiques de leur exploitation sous réserve des conditions climatiques (F) aux conditions des sols (Z), aux caractéristiques des variables socio-économiques (G) et aux prix des facteurs (R). Ce modèle examine comment l'ensemble des variables endogènes F, Z, et G, affectent le rendement agricole. Le modèle est basé sur les réponses observées des cultures et des fermiers aux conditions climatiques. Il utilise les observations actuelles des performances des exploitations agricoles selon les différentes zones climatiques (Mendelsohn et *al.* (1994) ; Mendelsohn et Dinar (1998)). Il mesure également comment la rentabilité agricole varie avec le climat local en contrôlant les autres facteurs.

Le modèle Ricardien standard est un modèle quadratique sur le climat et se présente comme suit :

$$V = \beta_0 + \beta_1 F + \beta_2 F^2 + \beta_3 Z + \beta_4 G + u \quad (2)$$

Où : u = est le terme d'erreur,

F et F^2 capture les termes linéaires et quadratiques pour les températures et les précipitations. L'introduction des termes quadratiques pour les variables climatiques permet d'analyser le non linéarité de la relation entre le rendement agricole et le climat.

De l'équation (2), nous pouvons dériver l'impact marginal des variables climatiques sur le rendement agricole comme suit:

$$E \left[\frac{dV}{df_i} \right] = E [\beta_{1,i} + 2 * \beta_{2,i} * f_i] \quad (3)$$

Le coefficient du terme linéaire de chaque variable climatique représente l'impact marginal de cette variable sur le rendement des cultures.

Le changement du bien être U , résultant du changement du climat de C_0 à C_1 peut être mesuré comme suit :

$$\Delta U = V(C_1) - V(C_0) \quad (4)$$

L'hypothèse de prix constants dans le modèle selon Cline (1996) biaise les résultats du fait qu'elle peut permettre à une surestimation des effets du changement climatique. Cependant, malgré l'inconvénient de l'hypothèse de prix constants, Mendelsohn (2000) souligne la complexité des effets des prix dans la modélisation et affirme que "à moins que les scénarios suggèrent des conséquences catastrophiques, le fait que les prix sont maintenus constants peut ne pas être un problème majeur pour l'approche ricardienne".

b. Spécification du modèle

➤ Forme fonctionnelle

En considérant le modèle standard développé par Mendelsohn et Dinar (2003), le modèle ricardien que nous allons appliquer dans le cas du Togo se présente comme suit :

$$V = \beta_0 + \beta_1 F + \beta_2 F^2 + \beta_3 G + \mu \quad (5)$$

Les variables sur les sols ne sont pas présentés dans cette équation du fait de la non disponibilité de ces données sur le Togo.

➤ Modèle empirique

En se référant aux résultats obtenus par Mendelsohn et Dinar (2003) et compte tenu de la spécificité du climat dans le pays, nous adoptons les spécifications empiriques suivantes :

- Le modèle sans adaptation qui inclut seulement les variables sur la température et les précipitations.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 temp_{sp} + \beta_2 temp_{ss} + \beta_3 precip_{sp} + \beta_4 precip_{ss} + \beta_5 temp_{sp}^2 + \beta_6 temp_{ss}^2 + \beta_7 precip_{sp}^2 + \beta_8 precip_{ss}^2 + \mu$$

Où $temp_{sp}$ et $temp_{ss}$ représentent respectivement les températures moyenne de la saison pluvieuse et de la saison sèche. $precip_{sp}$ et $precip_{ss}$ sont les précipitations moyenne de la saison pluvieuse et de la saison sèche. Les β_i sont les coefficients à estimer et μ le terme d'erreur.

- Le modèle avec adaptation qui inclut les variables physique du climat et les caractéristiques des cultivateurs.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 temp_{sp} + \beta_2 temp_{ss} + \beta_3 precip_{sp} + \beta_4 precip_{ss} + \beta_5 temp_{sp}^2 + \beta_6 temp_{ss}^2 + \beta_7 precip_{sp}^2 + \beta_8 precip_{ss}^2 + \sum_{j=1}^m \alpha_j G_j + \mu$$

G_j est l'ensemble des variables socio-économiques comme par exemple : le niveau d'éducation, l'âge, accès au crédit, le sexe et autres. Les α_j sont les coefficients à estimer.

Afin de capter la spécificité des céréales, nous allons considérer les cultures de maïs et du riz sur lesquels nous effectuerons les regressions.

c. Données et sources

L'analyse économique des effets de la variation du climat sur la production céréalière nécessite des données sur les variables climatiques, la production agricole et les variables socio-économiques.

Les données sur la production agricole, les caractéristiques socio-économiques des ménages agricoles sont des données d'enquêtes auprès des ménages agricoles dans différentes régions du pays. Elles proviennent du recensement national agricole (RNA, 2013) réalisé par la direction de la statistique agricole sous le Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche (MAEP) avec l'appui du FAO.

Les données sur les variables climatiques sont obtenues auprès de la Direction Nationale de la Météorologie et couvre la période 2012 et 2013, années où le recensement s'est déroulé. Ces données ont été obtenues à partir des stations météorologiques installées dans divers préfectures du pays.

5. Résultats et interprétation

a. Validation du modèle

Afin de tester la robustesse des résultats de nos estimations nous utiliserons le test de Fisher qui permet de vérifier la significativité globale du modèle et les t-student qui permettent de tester la significativité des différents coefficients des variables du modèle.

Ainsi on remarque que les deux modèles sont globalement significatifs à 1% (Probabilité de Fisher = 0,000). Le coefficient de détermination R^2 des deux modèles est faible. Ce qui montre qu'une grande part des variables socio-économiques au niveau des agriculteurs n'explique pas le rendement du maïs et du riz. Cette faible explication des variables exogènes se confirme par le fait que la majorité des activités des cultivateurs varient entre les petites exploitations et le commerce (Kurukulasuriya, et Mendelsohn. 2006).

b. Résultats des régressions

Les tableaux 1 et 2 présentent respectivement les résultats des estimations du modèle sans adaptation et celui avec adaptation. Les résultats montrent que les signes des coefficients des termes linéaires et quadratiques des variables climatiques sont opposés. La relation entre le rendement du maïs, celui du riz et la température ou les précipitations est donc non linéaire.

Dans le cas du riz ceci signifie que l'augmentation de la température moyenne au cours de la saison pluvieuse accroît le rendement agricole jusqu'à un seuil donné et au-delà de ce seuil toute augmentation de la température a un effet négatif sur le rendement agricole du riz. Mais au cours de la saison sèche on remarque l'effet inverse où toute augmentation de la température entraîne une baisse des rendements du maïs. On observe les mêmes résultats au niveau du maïs mais toutefois ses coefficients ne sont pas significatifs. L'augmentation des précipitations moyennes entraîne une augmentation des rendements du maïs que ce soit dans la saison sèche ou pluvieuse mais au niveau du riz, en saison pluvieuse comme sèche l'augmentation des précipitations a un effet négatif sur le rendement agricole. A cet effet, du fait que le riz se cultive dans les bassins, toute augmentation des précipitations pourrait être appréhendée comme un excès d'eau pour cette culture et donc aura un effet négatif sur son rendement. Cette relation non linéaire est vérifiée dans la plupart des études et particulièrement au Burkina Faso (Ouedraogo, 2012) et au Niger (Garba Hima, 2015).

Tableau 1: Estimation du modèle sans adaptation

Variables	Maïs		riz	
	coeff	t-student	coeff	t-student
Température moyenne sp	2,554631	(-1,3)	4295,533	(9,15)***
(Température moyenne sp) ²	-0,046133	(-1,26)	-80,92089	(-9,14)***
Température moyenne ss	-1,919387	(-1,06)	-2474,101	(-7,95)***
(Température moyenne ss) ²	0,0318823	(-0,99)	44,58118	(7,98)***
Précipitation moyenne sp	0,0114475	(-4,87)***	-4,258742	(-9,56)***
(Précipitation moyenne sp) ²	-0,0000349	(-4,93)***	0,0129633	(9,95)***
Précipitation moyenne ss	0,0045554	(1,81)*	-2,750936	(-7,01)***
(Précipitation moyenne ss) ²	-0,0000706	(-1,34)	0,1528947	(8,75)***
Const	-7,339223	(-0,91)	-22324,32	(-11,32)***
Nombre d'observation	21027		4024	
Prob > F	0,0000		0,0000	
R ² Ajustée	0,074		0,0815	

Source : Auteur

Les caractéristiques socio-économiques des ménages agricoles, révèlent que si l'âge de l'exploitant agricole augmente le rendement agricole augmente jusqu'à un seuil et au-delà de ce seuil d'âge, le rendement de l'exploitant diminue. Ce qui peut être expliqué par le fait que plus l'exploitant est jeune, plus il aura suffisamment de force pour accroître son rendement, mais quand il commence par vieillir son rendement diminuera. Pour la culture du riz, le coefficient de la variable du niveau d'instruction a un signe positif et reste significatif. Ainsi plus le niveau d'instruction du ménage augmente, son rendement augmente. Toutefois le signe du coefficient de cette variable est négatif dans le cas de la culture du maïs et n'est même pas significatif. Ceci peut être expliqué par le fait que la majorité des agriculteurs n'ont aucun niveau d'éducation ou du moins ont le niveau primaire. Donc le fait d'aller à l'école ne leur procure aucun avantage dans leur activité de culture du maïs. Par contre pour la culture du riz un niveau d'éducation minimum s'avère important afin de pouvoir maîtriser les techniques de production de cette culture.

En termes d'adaptation, il est à remarquer que les ménages agricoles disposent de plusieurs moyens afin de faire face aux effets de la variation des paramètres climatiques sur les cultures. Ainsi, ils peuvent varier le type de labour, combiner l'agriculture à l'élevage ou utiliser les types de semences sélectionnées. Les résultats des estimations du modèle avec adaptation sont présentés dans le tableau 2. Ces résultats révèlent donc que le type de labour utilisé et la pratique de l'élevage ont un effet positif sur le rendement de l'exploitant agricole.

L'utilisation des semences sélectionnées augmente le rendement de la culture du maïs mais le coefficient de la variable n'est pas significatif. Cela décrit la réalité du fait que l'utilisation des semences sélectionnées permet aux exploitants de pouvoir utiliser des graines plus adaptés aux nouvelles conditions climatiques. Ce qui permet donc d'accroître le rendement.

Tableau 2: Estimation du modèle avec adaptation

Variables	Maïs		riz	
	coeff	t-student	coeff	t-student
Température moyenne sp	4,640902	(1,97)**	4993,295	(9,08)***
(Température moyenne sp) ²	-0,0853223	(-1,94)*	-94,07658	(-9,07)***
Température moyenne ss	-3,381945	(-1,59)	-2929,053	(-8,02)***
(Température moyenne ss) ²	0,0580199	(1,54)	52,74994	(8,06)***
Précipitation moyenne sp	0,0130367	(4,71)***	-4,853617	(-9,35)***
(Précipitation moyenne sp) ²	-0,0000396	(-4,75)***	0,0147068	(9,69)***
Précipitation moyenne ss	0,0051752	(1,75)*	-3,171998	(-7,17)***
(Précipitation moyenne ss) ²	-0,0000265	(-0,4)	0,1769972	(8,89)***
Age	0,0019104	(1,91)*	0,0003092	(0)
age ²	-0,0000246	(-1,87)*	-0,0005347	(-0,52)
Sexe	0,0170535	(1,55)	1,00076	(1,21)
situation matrimoniale	-0,0037212	(-0,41)	0,7851202	(1,13)
niveau d'instruction	-0,0014227	(-0,32)	0,6198644	(1,78)*
type de labour	0,076858	(7,72)***	3,992534	(5,14)***
Pratique d'élevage	0,0515634	(1,99)**	0,874357	(0,19)
Semance Sélectionnée	0,0088663	(0,66)	-2,28307	(-1,43)
_cons	-14,91075	(-1,54)	-25194,85	(-11)***
Nombre d'observation	21027		4024	
Prob > F	0,0000		0,0000	
R² Ajustée	0,0112		0,0932	

Source : Auteur

L'estimation de l'effet marginal de la température et des précipitations sur la production du maïs et du riz au Togo est présentée dans le tableau 3. Les résultats présentés dans ce tableau portent sur le modèle avec adaptation. Ainsi, il est révélé que l'augmentation de la température de 1°C diminue le rendement de la culture du maïs de 0,014 kg/ha et celui de la culture de 6,78 kg/ha. De même l'augmentation des précipitations de 1mm entraîne une augmentation du rendement de la culture du maïs de 0,00014 kg/ha et celui de la culture du riz de 0,8 kg/ha. L'impact de la variation de la température et des précipitations est

respectivement plus élevé en termes de perte et de gain sur le rendement de la culture du riz du fait que cette culture nécessite plus d'humidité.

Tableau 3 : Impact marginal de la température et des précipitations sur le rendement des cultures

Variables	Maïs		riz	
	coeff	t-student	coeff	t-student
Température	-0,0141178	(-2,07)**	-6,780919	(-3,44)***
Précipitation	0,0001434	(0,43)	0,8039866	(9,05)***

Source : Auteur

Pour évaluer l'impact prévisionnel de la variation de la température et des précipitations sur le rendement des cultures, nous avons fait des simulations en se basant sur les scénarios uniformes du GIEC. Ainsi, d'après le rapport de l'IPCC (2013), la température moyenne à partir des simulations CMIP5 issues de modèles forcés par des concentrations (RCP8,5) de la surface devrait augmenter de 2,6 °C à 4,8 °C et les précipitations dans l'ordre de 15% durant la période 2081-2100. Ainsi, nous examinons l'effet des hausses de température à travers les scénarios d'une augmentation de la température de 3°C et de 5°C et celle des précipitations de 8% et 15%.

Les résultats des simulations sont présentés dans le Tableau suivant :

Tableau 4: Impacts des scénarios climatiques sur le rendement des cultures

	Δ Rendement Maïs		Δ Rendement Riz	
	Kg/ha	%	Kg/ha	%
Augmentation de la Température (3%)	-0,0424	-68,80%	-20,343	-80,49%
Augmentation de la Température (5%)	-0,0706	-97,99%	-33,905	-100,82%
Diminution des précipitations (8%à	-0,0011	-124,52%	-6,432	-57,10%
Diminution des précipitations (10%)	-0,0022	-145,97%	-12,060	-194,56%

Source : Auteur

Les résultats des simulations montrent qu'un réchauffement de 3% va entraîner une baisse des rendements du maïs de 68,80% et celui du Riz de 80,49% tandis qu'une augmentation de la température moyenne de 5°C va entraîner respectivement sur la culture du maïs et du riz une perte de 97,99% et 100,82% en termes de rendement agricole. Une baisse des précipitations moyenne déjà de 8% entrainerait une perte totale dans la culture du maïs, toute chose restant égale par ailleurs. Mais on remarque qu'au niveau de la culture du Riz on enregistrerait une

baisse du rendement de 57,10% suite à la diminution des précipitations moyenne de 8%. Le fait que les cultivateurs essaient de s'adapter aux conditions climatiques, ces prévisions alarmistes seront certainement atténuées de sorte que la perte totale de la production ne soit pas une réalité.

6. Conclusion

Cette étude a permis d'analyser l'effet de la variation de la température et des précipitations sur la production du maïs et du riz au Togo. En utilisant l'approche ricardienne, les résultats des estimations économétriques ont montré que le climat a un effet non linéaire sur le rendement du maïs et du riz au Togo. La variation des températures et des précipitations a un effet sensible sur le rendement des cultures du maïs et du riz. Les simulations montrent que les Scénarios d'augmentation des températures et ou de diminution des précipitations auront des effets négatifs sur la production céréalière au Togo.

En termes d'adaptation, le type de labour, la pratique de l'élevage et l'utilisation des semences sélectionnées ont un effet positif sur le rendement des cultures du maïs et du riz. Les semences sélectionnées sont l'élément le plus indispensable à la subsistance de l'homme. Elles renferment le potentiel génétique des espèces cultivées et de leurs variétés obtenues grâce aux améliorations continues et aux processus de sélection réalisés au fil du temps. Il faut améliorer les cultures et livrer aux agriculteurs des semences et matériel végétal de variétés sélectionnées de qualité supérieure pour garantir une amélioration de la production céréalière et faire face aux problèmes d'environnement croissants. La sécurité alimentaire passe également par la garantie des approvisionnements en semences des communautés agricoles.

Ces mesures d'adaptation peuvent constituer des options potentielles de mesures d'adaptations au changement climatique en agriculture au Togo.

7. Référence bibliographiques

- Adams RM et al (1995), «le changement climatique mondial et l'agriculture américaine », *Nature* 345: 219-224. Cline, W. R. (2007). *Le réchauffement climatique et agriculture: impact estimations par pays*. Washington, DC: Center for Global
- Cline, William. 1996. "The Impact of Global Warming on Agriculture: Comment." *American Economic Review* 86: 1309-12.
- Dinar A., Mendelsohn R., Evenson R., Parikh J., Sanghi A., Kumar K., Mckinsey J., Lonergan S. (1998). *Measuring the Impact of Climate Change on Indian Agriculture*
- Dinar, A., R. Hassan, R. Mendelsohn, and J. Benhin. (2008). *Climate Change and Agriculture in Africa: Impact Assessment and Adaptation Strategies*. London: Earthscan.
- Gbetibouo, G. et R. Hassan (2005), *Mesure de l'impact économique du changement climatique sur les principales cultures d'Afrique du Sud: une approche Ricardienne* », *Global and Planetary Change* 47 (2-4): 143-52
- GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) (2007), *Bilan 2007 des changements climatiques: rapport de synthèse*. Genève
- GIEC (2001). *Bilan 2001 des changements climatiques : les éléments scientifiques*
- GIEC (2014). *Bilan 2014 des changements climatiques : les éléments scientifiques*.
- Kelly, D.L., C.D. Kolstad, and G. T. Mitchell. (2005). "Adjustment costs from environmental change" *Journal of Environmental Economics and Management* 50: 468-495.
- Kurukulasuriya, P. and R. Mendelsohn. (2008). "A Ricardian Analysis of The Impact of Climate Change on African Cropland" *African Journal Agriculture and Resource Economics* 2:1-23.
- Mendelsohn and al (2008), *climate change and African agriculture: impact assessment and adaptation strategies*. London: Earthscan
- Mendelsohn and al (1996). "Climate Impacts on Aggregate Farm Value: Accounting for Adaptation." *Agricultural and Forest Meteorology* 80: 55-66.
- Mendelsohn, R. and A. Dinar. (2003). "Climate, Water, and Agriculture", *Land Economics* 79: 328-341.
- Mendelsohn, R. and A. Dinar. (2009). *Climate Change and Agriculture: An Economic Analysis of Global Impacts, Adaptation, and Distributional Effects* Edward Elgar Publishing, England, 2009.
- Mendelsohn, R. and W. Nordhaus, (1996), *The Impact of global warming on agriculture: reply*, *American Economic Review*, 86: 1312-1315.
- Mendelsohn, R., A. Basist, A. Dinar, and P. Kurukulasuriya. (2007b). "What Explains Agricultural Performance: Climate Normals or Climate Variance?" *Climatic Change* 81: 85-99.
- Mendelsohn, R., A. Basist, A. Dinar, F. Kogan, P. Kurukulasuriya and C. Williams. (2007a). "Climate Analysis with Satellites Versus Weather Station Data" *Climatic Change* 81: 71-84.

- Mendelsohn, R., A. Dinar and A. Sanghi. (2001). "The Effect of Development on the Climate Sensitivity of Agriculture", *Environment and Development Economics* 6: 85-101.
- Mendelsohn, R., A.F. Avila, S.N. Seo. (2007). "Incorporation of Climate Change Into Rural Development Strategies: Synthesis of the Latin American Results" PROCISUR, Montevideo, UR.
- Mendelsohn, R., W. Nordhaus and D. Shaw. (1999). "The Impact of Climate Variation on US Agriculture" in *The Impact of Climate Change on the United States Economy*, Robert Mendelsohn and James Neumann (eds) Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp 55-74.
- Mendelsohn, R., W. Nordhaus, and D. Shaw, (1994), The impact of global warming on agriculture: A Ricardian analysis', *American Economic Review*, 84: 753–771.
- Molua, E.L. and C.M. Lambi, (2006), The economic impact of climate change on agriculture in Cameroon', CEEPA Discussion Paper, Centre for Environmental Economics and Policy in Africa -CEEPA, University of Pretoria, S.A.
- Ouédraogo (2012) Impact des changements climatiques sur les revenus agricoles au Burkina Faso, *Journal of Agriculture and Environment for International Development – JAEID* 2012, 106 (1): 3 – 21
- Reilly, J., et al. (1996). "Agriculture in a Changing Climate: Impacts and Adaptations" in Intergovernmental Panel on Climate Change, *Climate Change 1995: Impacts, Adaptations, and Mitigation of Climate Change* Cambridge University Press: Cambridge, pp 427-468.
- Reilly, J., N. Hohmann, and S. Kane. (1994). "Climate Change and Agricultural Trade: Who Benefits, Who Loses?" *Global Environmental Change* 4: 24-36.
- Ricardo, David. 1817. *On the Principles of Political Economy and Taxation*. John Murray, London.
- Rosenzweig, C et M Parry (1994), les impacts potentiels du changement climatique sur l'approvisionnement alimentaire mondial, *Nature* 367, 133-138.
- Schlenker, W., M. Hanemann, and A. Fischer. (2006). "The Impact of Global Warming on U.S. Agriculture: An Econometric Analysis of Optimal Growing Conditions," *Review of Economics and Statistics* 88(1): 113-125.
- Seo, S. N. and Mendelsohn, R. (2008b). A Structural Ricardian Analysis of Climate Change Impacts and Adaptations in African Agriculture. *Policy Research Working Paper* The World Bank.
- Sultan & al (2011) An ex-ante evaluation of seasonal forecasting for millet growers in SW Niger, *International Journal of Climatology*, doi: 10.1002/joc.2308.