



RESEARCH ARTICLE

EFFETS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LA PRODUCTION DU RIZ DANS LES DÉPARTEMENTS DU ZOU ET DES COLLINES AU CENTRE DU BÉNIN, AFRIQUE DE L'OUEST

AJAVON Ayi Yves Césaire¹ et ², KPATINNON N. Rufin¹ et TENTE A. H. Brice

¹Laboratoire de Biogéographie et Expertise Environnementale (LABEE), Université d'Abomey-Calavi

²Direction de la Statistique Agricole

ARTICLE INFO

Article History:

Received 21st April, 2020
Received in revised form
30th May, 2020
Accepted 07th June, 2020
Published online 26th July, 2020

Keywords:

Bénin, Production de riz, changements climatiques, Approche ARDL.

ABSTRACT

Les changements climatiques influent sur la production agricole. La présente recherche se propose d'analyser les effets des changements climatiques sur la production de riz dans les départements du Zou et des Collines. Pour ce faire, des données sont collectées au Météo-Bénin, au MAEP/DSA et de la CT-SAGSA couvrant la période de 1987-2016. Ensuite, il a été procédé à une analyse descriptive de ces données, à une modélisation économétrique suivant l'approche ARDL au moyen des logiciels Excel et E views. En utilisant le test de cointégration de Pesaran Shin et Smith (2001), il en ressort qu'il existe une dynamique de long terme et court terme entre la production du riz et les facteurs climatiques. A long terme et à court terme l'humidité relative influe négativement la production du riz. Par contre les précipitations influent positivement la production de riz à court terme, elles n'ont pas d'effet à long terme.

INTRODUCTION

L'Afrique est l'un des continents les plus vulnérables aux changements climatiques (GIEC, 2007). Hassan et Nhemachena (2008) trouvent qu'en Afrique, la production du riz apparait comme une activité très menacée par les variations climatiques enregistrées ces dernières années. Cette vulnérabilité prend une grande ampleur dans les pays de l'Afrique de l'Ouest où l'agriculture est fortement pluviale (Bipen, 2012). Le Bénin étant un pays de l'Afrique de l'Ouest, Ogouwalé (2004), affirme que la péjoration pluviométrique, la réduction de la durée des saisons agricoles, la persistance des anomalies négatives et la hausse des températures caractérisent les climats du Bénin et modifient les régimes pluviométriques et les systèmes de production agricole. Or, la contribution de l'agriculture à l'économie béninoise reste fondamentale. En effet, le Bénin enregistre une croissance économique moyenne annuelle de 5,1 % sur la période 2011-2015 et le secteur agricole y a contribué pour un taux considérable de 2,4 %. De ce fait, la contribution du PIB agricole dans le PIB national est de 32 %, elle varie de 1,9 % en 2011 à 2,4 % en 2015. Ces résultats sont influencés par le changement climatique, la disponibilité des intrants et le faible niveau d'exportation des produits agricoles (MAEP, 2011). Ces perturbations climatiques constituent donc un véritable défi dans les filières devenues très importantes comme la filière riz. Le riz est la troisième céréale en termes de production au Bénin après le maïs et le sorgho. Sa culture est souvent pratiquée en saison des pluies dans les bas-fonds et les plaines inondables. Cette culture contribue à la sécurité alimentaire du pays, mais elle est aussi pourvoyeuse de revenus pour les différents acteurs qui s'y sont engagés. En effet, depuis la crise alimentaire de 2007-2008, aussi bien le gouvernement, les partenaires techniques et financiers que les acteurs directs de la filière ont engagé des efforts, qui ont hissé la filière riz à un niveau assez élevé (CCR-B, 2014). Cette étude analyse les effets des fluctuations des facteurs climatiques sur la production de riz dans les Départements du Zou et des Collines.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Milieu d'étude: Les départements du Zou et des Collines sont situés au centre du Bénin plus précisément entre 6°54'29" et 8°46'19" de latitude nord et entre 1°36'14" et 2°46'0" de longitude est. Ils sont limités au nord par les Départements de la Donga et du Borgou, à l'est par la République fédérale du Nigéria, au sud par les Départements du Couffo et de l'Atlantique et à l'ouest par la République du Togo. Le Département des Collines compte six communes (Ouèssè, Glazoué, Bantè, Dassa, Savè et Savalou) contrairement à celui du Zou qui compte neuf communes (Abomey, Agbangnizoun, Djidja, Za-Kpota, Zogbodomey, Bohicon, Covè, Zagnanado et Ounhi). La figure 1 présente la situation géographique du secteur d'étude.

*Corresponding author: AJAVON Ayi Yves Césaire,

Laboratoire de Biogéographie et Expertise Environnementale (LABEE), Université d'Abomey-Calavi.

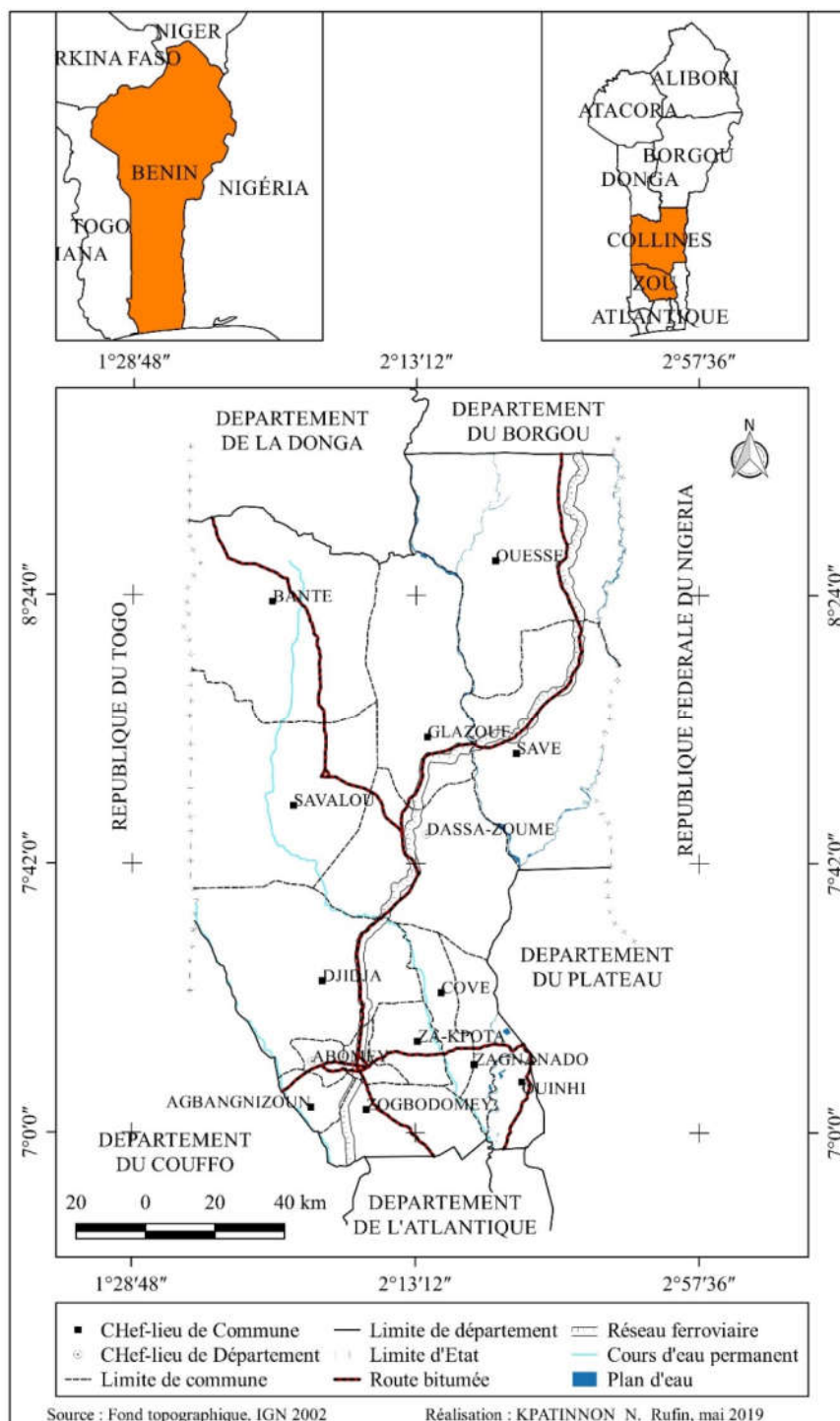


Figure 1. Situation géographique des départements du Zou et des Collines

Données

Source de données: Les données utilisées dans la présente recherche couvrent la période allant de 1987 à 2016. Les données climatiques sont mensuelles, elles ont été collectées à Météo-Bénin pour les communes des départements Zou-Collines. De même, les données sur le prix du riz local sont mensuelles et ont été obtenues à la Cellule Technique de Suivi et d'Appui à la Gestion de la Sécurité Alimentaire (CT-SAGSA). Par contre, les autres données sur riz sont annuelles, elles ont été obtenues au Ministère de l'Agriculture de l'Élevage et de la Pêche (MAEP) et à la Direction de la Statistique Agricole (DSA). Le choix de cette période d'étude s'impose par souci d'éviter les données manquantes. De plus, dans l'optique d'aboutir à des résultats suffisamment concluants, il faut que les estimations se réalisent sur une période assez longue, environ trente (30) années au minimum.

Présentation des variables: Dans la revue parcourue, plusieurs travaux ont mis en exergue les relations entre la production de riz et les facteurs climatiques. En s'appuyant sur cette littérature, trois (03) variables climatiques ont été retenues dans le cadre de cette étude comme variables explicatives. Il s'agit de l'humidité relative (HUMID), la concentration de CO₂ (CONCEN) et la précipitation (PRECI).

Tableau 1. Listes des variables

Variables et Dénominations	Explications	Résultats attendus
Production du riz (PROD_RIZ)	Elle indique la quantité de riz (en tonne) produite	
Prix du riz à production (PRIX_RIZ)	Il indique le prix du riz local (en F CFA). Il est donné en FCFA par kilogramme	+
Humidité relative (HUMID)	Elle désigne le rapport entre la quantité de vapeur d'eau contenue dans un volume d'air à une température donnée et la quantité maximale de vapeur d'eau que peut contenir ce même volume d'air à la même température (en %)	+
Précipitation (PRECI)	Elle indique la quantité d'eau parvenant au sol sous forme liquide (pluie ou rosée) tombant de l'atmosphère (en mm)	+
Concentration de CO ₂ (CONCEN)	Elle indique la concentration de dioxyde de carbone présente dans l'atmosphère. L'unité de mesure est la partie par million (ppm)	+
Superficie du riz (SUP_RIZ)	Elle indique la surface emblavée à la culture du riz (en ha)	+

Source: Réalisé par les auteurs

A ces variables s'ajoutent les variables superficie emblavée par la culture du riz (SUP_RIZ) et le prix du riz local (PRIX_RIZ) comme des variables de proxy pour capturer les facteurs capitaux et travailler dans le modèle à cause de l'indisponibilité sur une longue période des variables comme la main-d'œuvre, la quantité de semences, les engrais et les herbicides et toutes les autres dépenses du capital. La variable à expliquer est la production de riz (PROD_RIZ).

Les données des variables PROD_RIZ et SUP_RIZ sont annuelles. Pour les données des variables PRECI, HUMID, CONCEN et PRIX_RIZ, les valeurs annuelles sont obtenues, en faisant les moyennes arithmétiques des valeurs mensuelles pour chaque année. Le tableau 1 présente la liste des variables utilisées.

Outils et modèle d'analyse

Outils d'analyse: Dans le cadre de cette recherche, les méthodes employées sont aussi bien descriptives qu'explicatives. Les méthodes descriptives ont pour but d'appréhender l'évolution des variables d'intérêt dans le temps, tandis que les méthodes explicatives permettent de valider ou de réfuter les hypothèses de recherche. Les variables sont précédées de (ln) pour désigner le logarithme népérien de la variable à laquelle le logarithme népérien a été appliqué.

Méthodes descriptives: Etant donné que les séries de données de cette recherche sont temporelles, il est procédé à une analyse graphique de l'évolution des différentes variables des départements du Zou et des Collines, prises en compte dans le cadre de cette recherche. Dans un premier temps, un regard est jeté vers le profil de la production riz. Par suite, des analyses sont faites sous Microsoft Office Excel 2016 sur l'évolution temporelle des variables climatiques telles que: la précipitation, l'humidité relative et la concentration CO₂.

Méthodes explicatives: Dans cette recherche, le modèle retenu pour les estimations économétriques est le modèle ARDL pour plusieurs raisons. Tout d'abord, pour le modèle ARDL, il n'est pas nécessaire que toutes les variables soient toutes intégrées de même ordre. Elles peuvent être I(0) ou/et I(1) ou mutuellement cointégrées. Deuxièmement, il est démontré que le modèle ARDL se comporte mieux dans le cas de petits échantillons (Pesaran *et al.*, 2001). Troisièmement, cette procédure permet aux variables d'avoir différents décalages optimaux. Finalement, le modèle ARDL implique la mise en place d'une seule équation, facilitant ainsi la mise en œuvre et les interprétations.

De plus, l'usage d'un modèle à retard échelonné est fait compte tenu des observations passées sur les variables qui président la prise de décision des producteurs. Sur le plan strictement théorique, la justification de l'usage de modèles à retards échelonnés en économie ne présente guère de difficulté, l'abondance de la littérature consacrée à ce sujet pouvant le confirmer, notamment Jorgenson (1966), Dhrymes (1971), Hernard et Mouillart (1980). L'estimation du modèle se fera à partir du logiciel Eviews (version 9).

Modèle Auto Régressif à Décalage Temporel (ARDL) de Pesaran *et al.* (2001): Un ARDL est une régression de moindres carrés contenant des retards des variables dépendantes et explicatives. Les modèles ARDL sont habituellement spécifiés avec la notation $ARDL(p, q_1, \dots, q_k)$, où p est le nombre de retards de la variable dépendante, q_1 est le nombre de retards de la première variable explicative, et q_k est le nombre de retards de la k ième variable explicative. Le modèle ARDL de cette recherche se présente alors comme suit:

$$\ln(\text{PROD_RIZ}_t) = \ln(A) + \sum_{i=0}^p a_i \ln(\text{PROD_RIZ}_{t-i}) + \sum_{i=0}^{q_1} b_i \ln(\text{PRECI}_{t-i}) + \sum_{i=0}^{q_2} c_i \ln(\text{HUMID}_{t-i}) + \sum_{i=0}^{q_3} d_i \ln(\text{CONCEN}_{t-i}) + \sum_{i=0}^{q_4} e_i \ln(\text{PRIX_RIZ}_{t-i}) + \sum_{i=0}^{q_5} f_i \ln(\text{SUP_RIZ}_{t-i}) + \varepsilon_t(2)$$

Où PROD_RIZ_t (resp. PROD_RIZ_{t-i}) désigne la production du riz (resp. son retard) ; PRECI_t (resp. PRECI_{t-i}) la précipitation (resp. son retard) ; HUMID_t (resp. HUMID_{t-i}) l'humidité relative (resp. son retard) ; CONCEN_t (resp. CONCEN_{t-i}) la concentration de CO₂ (resp. son retard) ; PRIX_RIZ_t (resp. PRIX_RIZ_{t-i}) le prix du riz local (resp. son retard) et SUP_RIZ_t (resp. SUP_RIZ_{t-i}) la superficie emblavée par la culture du riz (resp. son retard)

Écrire un modèle ARDL, suppose l'existence d'une relation de cointégration entre les variables qui conditionne même l'estimation des coefficients de court et long terme de ces variables. La littérature économétrique fournit plusieurs tests de cointégration, dont celui de Engle et Granger (1987), celui de Johansen (1988, 1991) et Johansen et Juselius (1990), et celui de Pesaran *et al.* (1996), Pesaran et Shin (1995) et Pesaran *et al.* (2001). Le test de cointégration de Engle et Granger (1991) n'est valide que pour deux variables intégrées de même ordre (soit ordre d'intégration = 1), il est ainsi moins efficace pour des cas multivariés. Bien que le test de Johansen pallie à ce souci, fondé sur une modélisation vectorielle autorégressive à correction d'erreur (VECM), il exige aussi que toutes les variables soient intégrées de même ordre, ce qui n'est pas toujours le cas en pratique. Lorsqu'on dispose de plusieurs variables intégrées d'ordres différents (I(0), I(1)), l'on peut recourir au test de cointégration de Pesaran *et al.* (2001) appelé « test de cointégration aux bornes » ou « bounds test to cointegration » sans se soucier de l'ordre d'intégration des séries. Cette méthode exige par contre que les variables expliquées du modèle soient I(1). Si l'on fait recours au test de cointégration de Pesaran pour vérifier l'existence d'une relation de cointégration entre les variables dans un modèle ARDL, l'on dira que l'on recourt à l'approche « ARDL approach to cointegrating » ou le test de cointégration par les retards échelonnés. Il y a deux étapes à suivre pour appliquer le test de cointégration de Pesaran :

- Détermination du retard optimal avant tout (SIC) ;
- Recourir au test de Fisher pour vérifier les hypothèses.

H_0 . Existence d'une relation de cointégration

H_1 . Absence d'une relation de cointégration

La procédure du test est telle que l'on devra comparer les valeurs de Fisher obtenues aux valeurs critiques (bornes) simulées pour plusieurs cas et différents seuils par Pesaran *et al.* L'on notera des valeurs critiques que la borne supérieure (2^{ème} ensemble) reprend les valeurs pour lesquelles les variables sont intégrées d'ordre 1 I(1) et la borne inférieure (1^{er} ensemble) concernent les variables I(0). Ainsi,

Si $F_{Fisher} > \text{borne supérieure}$. Cointégration existe

Si $F_{Fisher} < \text{borne inférieure}$; Cointégration n'existe pas

Si $\text{borne inférieure} < F_{Fisher} < \text{borne supérieure}$. Pas de conclusion

Grâce à la procédure de Pesaran *et al.* (2001), un modèle à correction d'erreur peut aider à confirmer l'existence ou non de la cointégration entre variables. Ce modèle aura la forme suivante dans le cadre de notre étude.

$$\begin{aligned} \Delta \ln(\text{PROD_RIZ}_t) = & \mu_0 + \mu_1 \ln(\text{PROD_RIZ}_{t-1}) + \mu_2 \ln(\text{PRECI}_{t-1}) + \mu_3 \ln(\text{HUMID}_{t-1}) \\ & + \mu_4 \ln(\text{CONCEN}_{t-1}) + \mu_5 \ln(\text{PRIX_RIZ}_{t-1}) + \mu_6 \ln(\text{SUP_RIZ}_{t-1}) + \sum_{i=1}^{p-1} a_i \Delta \ln(\text{PROD_RIZ}_{t-i}) \\ & + \sum_{j=0}^{q_1-1} b_j \Delta \ln(\text{PRECI}_{t-j}) + \sum_{k=0}^{q_2-1} c_k \Delta \ln(\text{HUMID}_{t-k}) + \sum_{l=0}^{q_3-1} d_l \Delta \ln(\text{CONCEN}_{t-l}) \\ & + \sum_{m=0}^{q_4-1} e_m \Delta \ln(\text{PRIX_RIZ}_{t-m}) + \sum_{n=0}^{q_5-1} f_n \Delta \ln(\text{SUP_RIZ}_{t-n}) + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (3)$$

où $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4, \mu_5$ et μ_6 sont les multiplicateurs de long terme, les paramètres b_j, c_k, d_l, e_m et f_n sont les coefficients de la dynamique de court terme ; p, q_1, q_2, q_3, q_4 et q_5 sont les ordres du modèle ARDL et ε_t est un bruit blanc non autocorrélé avec $\Delta \ln(\text{PRECI}_t), \Delta \ln(\text{HUMID}_t), \Delta \ln(\text{CONCEN}_t), \Delta \ln(\text{SUP_RIZ}_t)$ et $\Delta \ln(\text{PRIX_RIZ}_t)$ et avec les valeurs retardées de $\Delta \ln(\text{PROD_RIZ}_t), \Delta \ln(\text{PRECI}_t), \Delta \ln(\text{HUMID}_t), \Delta \ln(\text{CONCEN}_t), \Delta \ln(\text{SUP_RIZ}_t)$ et $\Delta \ln(\text{PRIX_RIZ}_t)$.

Les relations (2) et (3) feront l'objet d'estimations. Mais avant tout, on a :

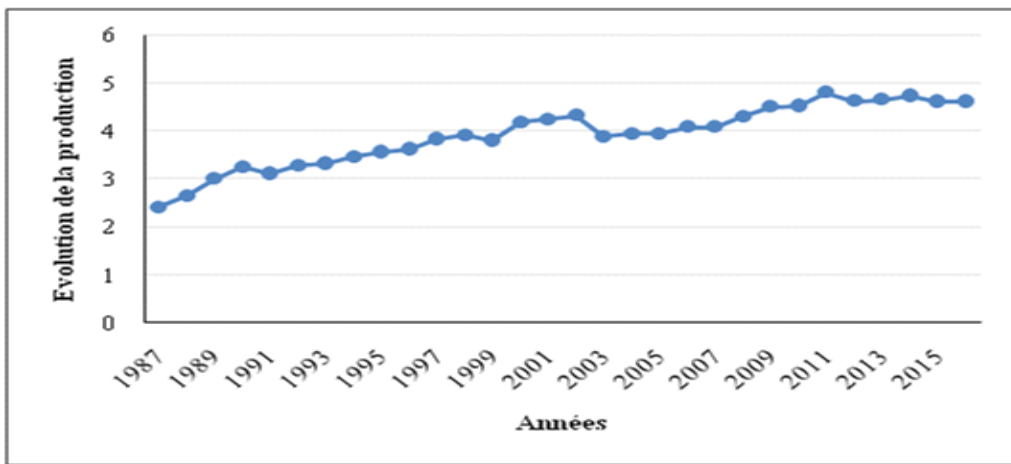
- Déterminer le degré d'intégration des variables (test de stationnarité): Dickey-Fuller Augmenté (ADF),
- Tester l'éventuelle existence d'une relation de cointégration entre variables: test de cointégration de Pesaran *et al.* (2001) ou test de cointégration aux bornes.

Par ailleurs, précisons que le modèle ARDL n'est pas applicable pour des variables intégrées d'ordre à 1.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Analyse descriptive

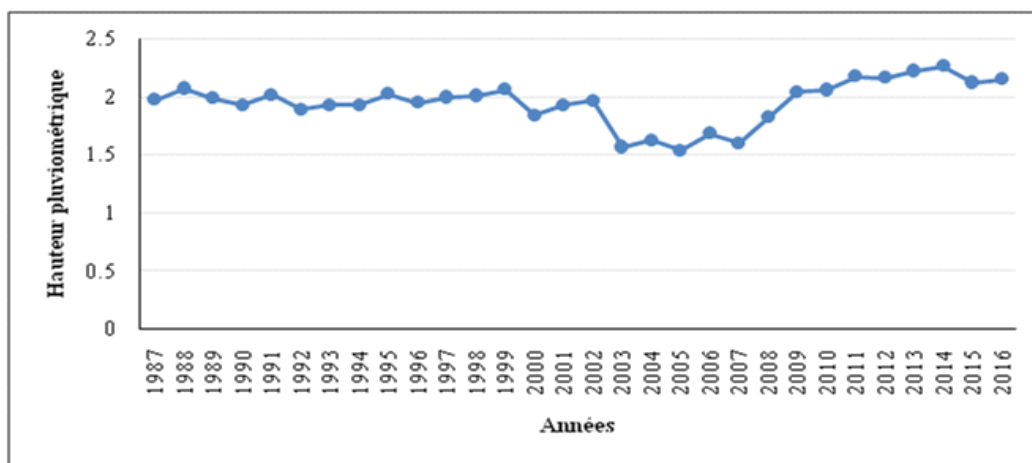
Evolution de la production du riz: La production du riz dans les départements du Zou et des Collines connaît une dynamique. La figure 2 présente l'évolution de cette culture dans ces deux départements. Cette figure montre l'évolution de la production de riz de 1987 à 2016. De son analyse, il se dégage que la production a connu globalement une hausse sur cette période.



Source: Données DSA et traitement des auteurs, mai 2019

Figure 2. Evolution de la production du riz dans les départements du Zou et des Collines

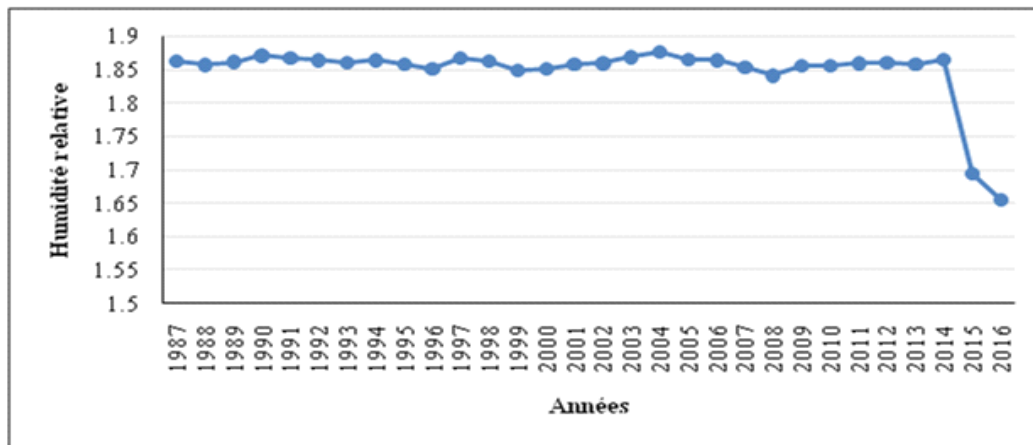
Evolution de la précipitation: Ce graphique présente l'évolution de la précipitation de 1987 à 2016. Il est noté de façon globale une stabilité sur la période. En effet, entre 2002 et 2009, d'importants mouvements sont observés pour la précipitation. En 2005, il est remarqué la valeur la plus basse de la précipitation tandis que 2014 affiche la valeur la plus hausse.



Source: Données Météo-Bénin et traitement des auteurs, mai 2019

Figure 3. Evolution de la précipitation dans les départements du Zou et des Collines

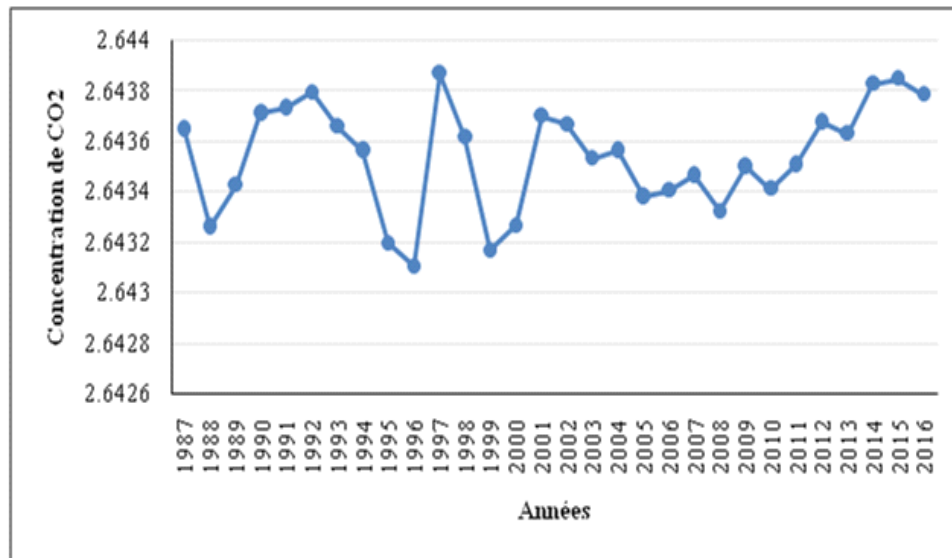
Evolution de l'humidité relative: Cette figure montre l'évolution de l'humidité relative de 1987 à 2016. Il indique une courbe à allure presque constante sur la période de 1987 à 2014. Ensuite, une baisse brutale de 2014 à 2016 est observée. Ainsi, l'humidité relative présente son maximum en 2004 et son minimum 2016.



Source: Données Météo-Bénin et traitement des auteurs, mai 2019

Figure 4. Evolution de l'humidité relative dans les départements du Zou et des Collines

Evolution de la concentration de CO₂: La tendance de la concentration de 1987 à 2016 est irrégulière, alterne, baisse et hausse. De 1992 à 2001, il est remarqué d'importants mouvements de la concentration qui baisse et remonte brusquement. Sur la période de 2001 à 2008, une baisse globale est notée. Juste après cette période, il est observé une hausse globale de la concentration. Le niveau le plus élevé de la concentration est observé en 1997 et son niveau le plus bas est observé en 1996.



Source. Résultats de traitement des auteurs, mai 2019

Figure 5. Evolution de la concentration de CO₂ dans les départements Zou - Collines

Analyse explicative

Analyse de la stationnarité: Le test de Dickey-Fuller Augmenté (ADF) est utilisé pour vérifier l'ordre d'intégration des différentes variables. Les résultats obtenus sont reportés dans le tableau 2. Il ressort des résultats obtenus que toutes les variables sont stationnaires en différence première à l'exception de la variable ln(CONCEN) qui est stationnaire à niveau ; ce qui justifie donc l'utilisation de la méthode ARDL de Pesaran *et al.* (2001).

Tableau 2. Résultats des tests de stationnarité sur les variables des modèles

Variables	En niveau		En différence		Décision
	Statistique du test ADF	Valeur critique	Statistique du test ADF	Valeur critique	
ln(PROD_RIZ)	1,9548	-1,9529	-5,6683	-3,6891*	I(1)
ln(PRECI)	0,1009	-1,9529	-6,6565	-2,6501*	I(1)
ln(CONCEN)	-4,0938	-3,6891*	-	-	I(0)
ln(HUMID)	-1,1465	-1,9529	-4,266	-2,6501*	I(1)
ln(SUP_RIZ)	1,9967	-1,9529	-4,4192	-2,6501*	I(1)
ln(PRIX_RIZ)	1,3326	-1,9538	-4,3588	-2,6534*	I(1)

Légende. * indique la stationnarité des séries au seuil de 5 % Source. Résultats de traitement des auteurs, mai 2019

Test de cointégration de Pesaran *et al.* (2001) (test de Bounds): Après avoir déterminé l'ordre d'intégration des variables, l'étape suivante consiste à examiner s'il existe une relation de cointégration (de long terme) entre celles-ci dans le cas où elles sont intégrées. Comme c'est signalé plus haut, il existe plusieurs tests de cointégration. En ce qui a trait à ce travail, l'approche de cointégration ARDL s'avère être l'option la plus intéressante en raison du fait que les résultats des différents tests de stationnarité ne sont pas concluants quant à l'ordre d'intégration des variables. Ci-dessous sont présentées les différentes étapes relatives à l'approche ARDL

Détermination du retard optimal: La modélisation par l'approche ARDL exige la détermination du retard optimal. En effet, le Critère d'Information de Schwarz (SIC) est utilisé pour déterminer le retard optimal et ensuite le modèle sera estimé. Les résultats d'estimation sont résumés dans le tableau 3.

Des résultats de l'estimation, il ressort que, le modèle ARDL optimal sélectionné sur la base du Critère d'Information Schwarz (SIC minimal) est ARDL (1,1,0,0,2,0). Les résultats d'estimation montrent que tous les coefficients associés aux variables ln(PRIX_RIZ)(-1), ln(SUP_RIZ), ln(PRECI), ln(PRECI)(-2) et ln(HUMID) sont statistiquement significatifs au seuil de 5 %. De plus, la p-value associée à la statistique de Fisher associée (280.2091) indique que le modèle est globalement significatif au seuil de confiance de 95%. Aussi, les variables explicatives du modèle expliquent à 99,29% l'évolution de la variable ln(PROD_RIZ).

Tableau 3. Résultats d'estimation du modèle ARDL (1,1,0,0,2,0)

Variable dépendante. LNPROD_RIZ				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.*
LNPROD_RIZ(-1)	0.043820	0.057436	0.762942	0.4554
LNPRIX_RIZ	0.006727	0.116160	0.057912	0.9545
LNPRIX_RIZ(-1)	-0.260972	0.118484	-2.202586	0.0409
LNSUP_RIZ	1.054867	0.070241	15.01778	0.0000
LNCONCEN	-16.14337	48.49607	-0.332880	0.7431
LNPREDI	0.191530	0.075666	2.531263	0.0209
LNPREDI(-1)	0.026080	0.089011	0.292998	0.7729
LNPREDI(-2)	-0.254322	0.079595	-3.195207	0.0050
LNHUMID	-0.535425	0.216193	-2.476608	0.0234
C	102.2281	295.3837	0.346086	0.7333
R-squared	0.992913	Mean dependent var		9.241703
Adjusted R-squared	0.989370	S.D. dependent var		1.216262
S.E. of regression	0.125401	Akaike info criterion		-1.042142
Sum squared resid	0.283059	Schwarz criterion		-0.566354
Log likelihood	24.58998	Hannan-Quinn criter.		-0.896689
F-statistic	280.2091	Durbin-Watson stat		1.808667
Prob(F-statistic)	0.000000			

Source: Résultats de traitement des auteurs, mai 2019

Tests diagnostic des résidus: En dépit du fait que les coefficients du modèle sont significatifs (individuellement et globalement), il reste toutefois important de vérifier si celui-ci est bel et bien valide. D'où la nécessité de conduire des tests de validité. Les résultats des tests sont les suivants (tableau 4). L'analyse du tableau indique que la p-value associée à la statistique de Breusch-Godfrey est supérieure à 5%, ceci indique une absence d'autocorrélation des résidus. Le test d'hétéroscédasticité de Breusch-Pagan-Godfrey, a fourni une p-value égale à 0,419. Cette p-value est supérieure à 5%, ce qui conduit à accepter l'hypothèse d'homoscédasticité des erreurs. De plus, le test de normalité de Jarque-Bera indique au seuil de 5% qu'il y a normalité des erreurs. Enfin, le test de spécification de Ramsey montre que notre modèle ne souffre d'aucun problème d'omission de variables. Aux vues de tout ce qui précède, le modèle *ARDL (1,1,0,0,2,0)* est validé sur le plan statistique.

Tableau 4. Résultats des tests diagnostiques du modèle ARDL (1,1,0,0,2,0)

Hypothèse du test	Tests	Valeurs (probabilité)
Autocorrélation	Breusch-Godfrey	0,227 (prob. 0,679)
Hétéroscédasticité	Breusch-Pagan-Godfrey	0,979 (prob. 0,419)
Normalité	Jarque-Bera	3,988 (prob. 0,136)
Spécification	Ramsey (Fisher)	0,6002 (prob. 0,440)

Source. Résultats de traitement des auteurs, mai 2019

Test de limites (Bounds test): Les variables intégrées étant d'ordres différents (I(0) et I(1)), le test de cointégration aux bornes (Bounds-test) est fait pour vérifier l'existence d'une relation de cointégration entre les variables du modèle. Les résultats du test montrent que la statistique de Fisher (3,6819) est supérieure à la bonne supérieure au seuil de 10%. L'hypothèse H0 d'absence de relation de long terme est donc rejetée à ce seuil. Ceci donne la possibilité d'estimer les effets de long terme des variables précipitations, l'humidité relative, concentration de CO₂, superficie emblavée par le riz et prix du riz local sur la production du riz.

Tableau 5. Test de BOUNDS

	Valeur	K
F-statistique	3,6819	5
Signification	Bonne inférieure	Bonne supérieure
10%	2,26	3,35
5%	2,62	3,79
2.5%	2,96	4,18
1%	3,41	4,68

Source. Résultats de traitement des auteurs, mai 2019

Estimation de la dynamique de long terme et de court terme

Estimation de la dynamique de long terme: Les résultats obtenus pour l'estimation de la dynamique de long terme sont résumés dans le tableau 6.

L'équation de long terme qui découle de ce modèle est.

$$LNPROD_RIZ = -0.265897(LNPRIX_RIZ) + 1.103211(LNSUP_RIZ) - 16.883194(LNCONCEN) - 0.038395(LNPREDI) - 0.559962(LNHUMID) + 106.913083$$

D'après le test bilatéral de significativité des variables: prix du riz local, superficie emblavée par le riz et l'humidité relative indique que ses variables sont significatives au seuil de 5% à long terme. A long terme, les variables: l'humidité relative et le prix du riz local ont un impact significatif et négatif sur la production du riz dans les départements du Zou et des Collines. Ainsi, une augmentation de 1% du prix du riz local et de l'humidité relative entraîne respectivement la diminution de la production du riz de 0,2658% et de 0,5598%. Par contre, la superficie emblavée par le riz a un impact significatif et positif sur la production du riz. Pour une augmentation de 1% de la superficie emblavée par le riz, la production du riz augmente de 1,1032%.

Tableau 6. Résultats d'estimation de la relation de long terme (dynamique de long terme)

Variable dépendante. LNPROD RIZ				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LNPRIZ_RIZ	-0.265897	0.125850	-2.112813	0.0488
LNSUP_RIZ	1.103211	0.041374	26.664587	0.0000
LNCONCEN	-16.883194	50.886915	-0.331779	0.7439
LNPRECI	-0.038395	0.063648	-0.603238	0.5539
LNHUMID	-0.559962	0.224682	-2.492244	0.0227
C	106.913083	309.987201	0.344895	0.7342

Source. Résultats de traitement des auteurs, mai 2019

Estimation de la dynamique de court terme: Les résultats obtenus pour l'estimation de la dynamique de court terme sont résumés dans le tableau 7. Les résultats du test de limites ont montré qu'il existe bel et bien une relation de long terme entre les deux variables et ce qui est confirmé par le modèle à correction d'erreur. En effet, comme prévu, un coefficient d'ajustement qui est négatif (-0.956180), compris entre 0 et -1 et fortement significatif (Probabilité=0.00). La valeur du coefficient peut être interprétée comme la vitesse d'ajustement ou de retour à l'équilibre (à la relation de long terme) après une déviation à court terme. Elle peut être également vue comme le pourcentage de déséquilibre qui est corrigé. Il ressort des résultats de l'estimation que les précipitations de la période courante et la période antérieure influencent à court terme la production du riz dans les départements du Zou et des Collines. A court terme, l'augmentation des précipitations de la période antérieure et de la période courante de 1% entraîne respectivement l'augmentation de la production de riz de la période courante de 0,25% et de 0,19%. De même, suite à l'augmentation de 1% de la superficie emblavée à la culture du riz, la production du riz augmente de 10,5%: Par contre, la variable humidité relative a un impact significatif et négatif sur la production du riz dans des départements du Zou et des Collines. L'augmentation de l'humidité relative de 1% impliquera une diminution de la production du riz 0,53%.

Tableau 7. Résultats d'estimation de la relation de court terme (dynamique de court terme)

Variable dépendante. DLNPROD RIZ				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LNPRIZ_RIZ)	0.006727	0.116160	0.057912	0.9545
D(LNSUP_RIZ)	1.054867	0.070241	15.017781	0.0000
D(LNCONCEN)	-16.143366	48.496067	-0.332880	0.7431
D(LNPRECI)	0.191530	0.075666	2.531263	0.0209
D(LNPRECI(-1))	0.254322	0.079595	3.195207	0.0050
D(LNHUMID)	-0.535425	0.216193	-2.476608	0.0234
CointEq(-1)	-0.956180	0.057436	-16.647732	0.0000

Source. Résultats de traitement des auteurs, mai 2019

Éléments de diagnostic et vérification des hypothèses (Discussion): Des résultats de nos analyses, il ressort que les précipitations ont un effet à court terme sur la production de riz, mais cet effet ne se poursuit pas à long terme dans les départements du Zou et des Collines. A court terme l'augmentation des précipitations de la période antérieure et de la période courante de 1% entraîne respectivement l'augmentation de la production de riz de la période courante de 0,25% et de 0,19%. Ces effets des précipitations sur la production du riz confirment les résultats obtenus par Atidegla *et al.* (2017).

Par contre, la variable humidité relative possède un impact significatif et négatif à court terme comme à long terme sur la production du riz. L'augmentation de 1% de l'humidité relative provoque une baisse de 0,55% de la production à long terme et une baisse de 0,53% à court terme. Cela pourrait se justifier par l'utilisation de pesticides pour contrôler les maladies, ceci a tendance à étirer les plantes et les rendre moins fortes (Peery, 2017). De plus, des pertes après-récolte se produisent aussi pendant le stockage non seulement en quantité, mais également en qualité à cause de la variation de l'humidité.

Les grains stockés avec un taux d'humidité adéquat (13%) sont en général moins sujets aux infestations d'insectes, tandis que les déplacements d'humidité dans l'entrepôt sont maintenus au minimum (FAO, 2003). Par ailleurs, une augmentation de 1% de la superficie emblavée à la culture du riz et accompagnée de l'augmentation de la production de riz de 1,05% à court terme et de 1,10% à long terme. Par contre, à long terme le prix du riz a un effet négatif sur la production du riz. Une augmentation de 1% du prix du riz local entraîne une diminution de 0,26% de la production du riz. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les consommateurs préfèrent les riz importés lorsque le prix du riz local augmente. Ce qui décourage les producteurs et entraîne donc la baisse de la production de riz.

Tableau 8. Vérification des hypothèses

Hypothèses	Décisions
Les précipitations ont un effet positif sur la production du riz	Acceptée
L'humidité relative a un effet positif sur la production du riz	Rejetée

Source. Résultats de traitement des auteurs, mai 2019

Préconisations opérationnelles: Sur la base des résultats de cette recherche, l'effet négatif attendu du changement climatique sur la production du riz justifie la nécessaire prise de décision d'adaptation aux changements climatiques. Un ensemble de politiques soutiendrait la viabilité et la résilience de la filière riz béninoise dans un contexte de changements climatiques.

Les recommandations suivantes ont été faites afin d'améliorer le potentiel de production du riz.

- Les ONG et le Gouvernement devraient mettre en place des dispositions d'information efficaces sur les perturbations climatiques telles que la pluie et l'humidité afin de permettre aux riziculteurs de continuer à travailler en connaissance de cause. Parmi ces mécanismes d'informations, nous suggérons la mise à disposition des services météorologiques aux riziculteurs ainsi que la création des radios rurales chargées de diffuser essentiellement des informations relatives à l'évolution du climat local.
- Le gouvernement devrait renforcer le service météorologique du climat afin de mieux surveiller et de prévoir l'apparition de la pluie et la présence de l'humidité.
- En ce qui concerne les mesures d'adaptation déjà mises en place par les riziculteurs, des études devraient être menées par des acteurs intervenant aussi bien dans la météorologie que dans la production agricole afin de déterminer si ces mesures contribuent réellement à la réduction de la vulnérabilité aux changements climatiques et ainsi, créer un répertoire des bonnes pratiques.
- Il est également important pour l'Etat d'intensifier la riziculture à travers l'agroécologie afin de profiter des conditions climatiques encore favorables et de développer les filières de consommation locale et d'exportation du riz.
- La mise en place d'un système d'irrigation par l'Etat serait l'une des mesures efficaces pour augmenter la résilience de la riziculture béninoise à la rareté et la mauvaise répartition des pluies. La pratique d'irrigation peut servir d'option viable, car elle permettra de limiter la dépendance de la riziculture béninoise aux variations des pluies et partant, les effets des changements climatiques sur la production rizicole.
- Les institutions agricoles peuvent aider les riziculteurs à développer et à sélectionner des variétés de riz capables de résister aux effets néfastes des changements climatiques, c'est-à-dire survivre à la rareté des pluies et à l'humidité relative.
- Il serait également opportun que les acteurs agricoles construisent des forages pour permettre aux riziculteurs d'avoir l'eau même en temps de sécheresse afin de produire le riz qu'importe la saison.
- Etant donné que de plus en plus de terre seront sollicitées pour la culture rizicole, il serait judicieux pour les riziculteurs, de mettre en place une réglementation sur les espaces cultivables ainsi que des règles contraignantes concernant l'utilisation rationnelle ces espaces.

Conclusion

Cette recherche a été une analyse des effets des changements climatiques qui influent la production de riz dans les départements du Zou et des Collines. Pour vérifier la relation entre les facteurs climatiques et la production du riz, le modèle ARDL (AutoRegressive Distributed Lag model) est estimé. Ce modèle, qui fait partie de la classe des modèles dynamiques, permet de capter les effets temporels (délai d'ajustement, anticipations, etc.) dans l'explication d'une variable. Dans le cadre de notre étude, le modèle ARDL estimé a aidé à saisir les relations entre les facteurs climatiques (les précipitations, l'humidité relative et la concentration de CO₂) et la production du riz, tenant compte d'autres variables de contrôle permettant de capter la part du capital utilisé par les riziculteurs pour la production (prix du riz local et superficie emblavée à la culture du riz). Les variables étant intégrées à des ordres différents (certaines I(1) et d'autres I(0)), la procédure de Pesaran *et al.*, (2001) a amené à conclure qu'il existe une relation de cointégration entre variables grâce au test de cointégration aux bornes ; ce qui a permis d'estimer les dynamiques à court terme et à long terme. L'humidité relative possède un effet négatif à court terme comme à long terme alors que les précipitations affectent positivement la production de riz juste à court terme. La concentration de CO₂ s'est montrée non significative. Il ressort donc que les précipitations et l'humidité relative sont les facteurs climatiques qui affectent la production de riz dans les départements du Zou et des Collines.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Atidegla C. S., Koumassi H. D., Mouzou E. T. et Houssou E., 2017. Variabilité climatique et production maraîchère dans la plaine inondable d'Ahomey-Gblon au Bénin, *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 11(5), ISSN 1991-8631, pp. 2254-2269.
- Bipen, 2012. *Implications économiques des changements climatiques dans le secteur agricole. Direction de la prévision et de la conjoncture*, Rapport, République du Bénin, 110 p.
- CCR-B, 2014. *Rapport de l'étude d'état des lieux de la filière riz au Bénin en 2014*. Rapport final, République du Bénin, 97 p.
- Dhrymes J., 1971. Equivalence of iterative Aitken and maximum likelihood estimators for a system of regression equations, *Australian Economic Papers*, Volume 10, Issue 16, pp. 110-135.

- Engle R. and Granger C., 1987. Cointegration and Error Correction Representation: Estimation and Testing, *Econometrica*, 55: pp. 251-276.
- Engle R. and Granger C., 1991. Cointegration and error correction: representation, estimation and testing, long run economic readings cointegration, *Oxford University Press*, New York, pp. 81-113.
- Fao, 2003. *Guide d'identification des contraintes de terrain à la production du riz*, Rome, 112 p.
- Giec, 2007. *Bilan 2007 des changements climatiques : Impacts, adaptation et vulnérabilité. Contribution du Groupe de travail II au quatrième Rapport d'évaluation*. Rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni, 103 p.
- Hassan R. et Nhemachena C., 2008. Determinants of African farmers' strategies for adapting to climate change: Multinomial choice analysis, Centre for Environmental Economics and Policy in Africa (CEEPA), University of Pretoria, *AfJARE*, Vol 2 No 1, pp. 83-104.
- Hernard D. et Mouillart M., 1980. Estimation spectrale des modèles à retards échelonnés en économie, *Revue de statistique appliquée*, tome 31, no 4 (1983), p. 53-73.
- Johansen D. W., 1966. Rational distributed lag functions, *Econometrica*, Vol.34, n° 1, Janvier, pp. 135-149.
- Johansen S. and Juselius K., 1990. Maximum likelihood estimation and inference on cointegration with an application to the demand for money, *Bulletin of Economics and Statistics*, vol. 52, number 2, Oxford, pp. 169-210.
- Johansen S., 1988. Statistical analysis of cointegration vectors, *Journal of economic dynamics and control*, 12 pp. 231-254.
- Johansen S., 1991. Estimation and hypothesis testing of cointegration vectors in Gaussian Vector Autoregressive Models, *Econometrica*, 59: pp. 1551-1580.
- Maep, 2011. *Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole au Bénin*, Rapport, Cotonou, 115 p.
- Ogouwalé, E., 2004. *Changements climatiques et sécurité alimentaire dans le Bénin méridional*. Mémoire de DEA, UAC/EDP/FLASH, pp.119.
- Peery J., 2017. Comment l'humidité influence-t-elle la qualité des cultures ? (Disponible à www.pthorticulture.com consulté le 24 mai 2019).
- Pesaran M. H. and Shin Y., 1995. An autoregressive distributed lag modelling approach to cointegration analysis, Department of Applied Economics, University of Cambridge, England, pp. 119-147.
- Pesaran M. H., Shin Y. and Smith S. J., 1996. Testing for the existence of a long run relationship, *DAE Working Papers Amalgamated Series*, N° 9622, University of Cambridge, pp. 89-138.
- Pesaran M. H., Shin Y. and Smith S. J., 2001. Bounds testing approaches to the analysis of level relationship. *Journal of Applied Econometrics*, 16, pp. 289-326.
