# ANNALES DE L'UNIVERSITE MARIEN NGOUABI

## *Sciences Économiques et Gestion*

**VOL. 21, N° 2 – ANNEE: 2021**

**ISSN : 1815 – 4433 - www.annalesumng.org**
**Indexation : Google Scholar**

# ANNALES
# DE L'UNIVERSITE MARIEN NGOUABI
## *SCIENCES ECONOMIQUES ET GESTION*

**VOLUME 21, NUMERO 2, ANNEE: 2021** **www.annalesumng.org**

# SOMMAIRE

**1** **Mode d'accès à la terre : quels sont les effets sur la productivité des agriculteurs congolais ?**
MBOULOU S. R.

**15** **Caractéristiques et déterminants de la pauvreté en Afrique : un état des lieux**
BOUTALEB K, BOUTALEB O

**32** **Changement climatique et production agricole au Congo**
MOULOU A., OFFELE OKOPOUE J.

**48** **Perceptions et adaptations au changement climatique dans le sud du Mali**
SOUMAORO T, KONTE M. A.' DAGNOKO S

**66** **Facteurs explicatifs de l'orientation géographique des importations du Congo en Asie et dans l'Union européenne (UE28)**
KOUTIMA BANZOUZI J. M.

**87** **Ouverture commerciale et croissance économique au Togo**
KPEMOUA P.

**106** **Incidence de la qualité de la gouvernance sur la dette publique extérieure au Congo**
OKANI ONUO D. P.

**120** **Effet économique de la pandémie covid-19 sur l'espérance de vie dans les pays de la communauté économique des états de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO)**
KOUDJOM E., ADONKOR K., TSAMBOU A. D.

**132** **Impacts du changement climatique sur la production du maïs au Mali**
KONTE M. A., SOUMAORO

**Directeur de publication**
G. ONDZOTTO

**Rédacteur en chef**
J. GOMA-TCHIMBAKALA

**Rédacteur en chef adjoint**
Mathias M. A. NDINGA

**Comité de Lecture :**
AMOUSSOUGA GERO F. V., Cotonou (Bénin)
BEKOLO-EBE B., Douala (Cameroun) BIAO A., Parakou (Bénin)
BIGOU LARE, Lomé (Togo)
DIATA H., Brazzaville (Congo)
KASSE M., Dakar (Sénégal)
LENGA S. D., Brazzaville (Congo)
MAKOSSO B., Brazzaville (Congo) MANTSIE R., Brazzaville (Congo) N'GBO AKE G., Abidjan (Côte d'Ivoire)
ONDO-OSSA A., Libreville (Gabon) YAO NDRE, Abidjan (Côte d'Ivoire)

**Comité de Rédaction :**
DZAKA KIKOUTA., Brazzaville (Congo)
MAMPASSI J. A., Brazzaville (Congo)

**Webmaster**
R. D. ANKY

**Administration - Rédaction**
Université Marien Ngouabi
Direction de la Recherche
Annales de l'Université Marien Ngouabi
B.P. 69, Brazzaville – Congo
E-mail : annales@umng.cg

**ISSN : 1815 - 4433**

*Annales de l'Université Marien NGOUABI, 2021 ; 21 (2) : 32 - 47*
***Sciences Économiques***
***et Gestion***
***ISSN : 1815 – 4433***
***www.annalesumng.org***

# CHANGEMENT CLIMATIQUE ET PRODUCTION AGRICOLE AU CONGO

*MOULOU A., OFFELE OKOPOUE J.*

*Université Marien NGOUABI*
*Faculté des sciences économiques et LARES*
*E-mail : moulouaug@gmail.com*

***RESUME***

*L'objet de cet article est d'analyser les effets du changement climatique sur la production agricole au Congo, notamment sur la période 1985-2016. À cette fin, nous avons opté pour l'approche d'analyse ricardienne et pour le modèle vectoriel à correction d'erreurs afin de mesurer, les effets de la pluviométrie sur la production agricole. Les résultats de l'estimation attestent que la relation entre la pluviométrie et la production agricole a une forme en U. Ces résultats ont donné lieu aux implications de politique économique à long dans le sens de promouvoir la résilience face au changement climatique.*

***Mots-clés :*** *: Changement climatique, production agricole*
***Classification JEL*** *: Q54, Q15, Q10*

***ABSTRACT***

*The purpose of this paper is to analyze the effects of climate change on agricultural production in Congo, particularly over the period 1985-2016. To this end, we opted for the Ricardian analysis approach and for the vector error correction model to measure the effects of rainfall on agricultural production. The estimation results show that the relationship between rainfall and agricultural production is U-shaped. These results led to long term economic policy implications in the sense of promoting resilience to climate change.*

***Keywords:*** *Climate change, agricultural production*
***JEL Classification : Q54, Q15, Q10****.*

## INTRODUCTION

Défini comme « la variation de l'état du climat que l'on peut déceler par des modifications de la moyenne et/ou de la variabilité de ses propriétés et qui persiste pendant une longue période » , le changement climatique se manifeste par une modification de la pluviométrie, des températures élevées et de façon générale, par une apparition des conditions climatiques extrêmes (ouragans, inondations, tsunamis, sécheresses, disparitions des mers et lacs, canicules, augmentations des températures et des pluviométries torrentielles, fonte des glaces, gel des lacs et fleuves, etc.). Celui-ci a pour sources des émissions des gaz à effets de serre (gaz carbonique, vapeurs d'eau, azote) (GIEC, 2007).

Thématique au centre des préoccupations environnementales mondiales, le changement climatique est considéré comme un bien public mondial en même temps qu'un « mal public mondial » Jahan, (2002) dont les effets sur l'agriculture constituent une source d'inquiétudes. D'ailleurs, dans son rapport 2010, la Banque mondiale attire l'attention de toutes les parties prenantes (décideurs, chercheurs, société civile et travailleurs du secteur agricole) sur le danger du changement climatique en ce qui concerne notamment la sécurité alimentaire. En effet, malgré les multiples colloques et conférences organisés pour la circonstance, les mesures qui en sont sorties n'ont pas encore apporté les résultats escomptés ou une réponse nette à cette délicatesse question qui affecte négativement le secteur agricole. Selon Sarah (2008), les pays africains sont plus vulnérables au changement climatique que les pays développés et que l'agriculture africaine est fortement dépendante du climat. D'où l'enjeu d'une maitrise de la problématique climatique et sa prise en compte dans l'analyse des questions agricoles (Cline, 2017).

Dans ce contexte, il apparait utile d'analyser les effets du changement climatique sur l'agriculture au Congo. Cette préoccupation trouve sa justification par le fait qu'au-delà des différents diagnostics relatifs à la situation du secteur agricole au Congo, la question du climat semble n'avoir pas encore été intégrée dans l'analyse de l'offre agricole. Or, l'agriculture congolaise est considérée comme une agriculture paysanne, peu productive et tributaire du climat. Pour la COMIFAC (2013), l'incidence de la variabilité du climat sur la croissance du produit intérieur brut agricole est plus prononcée pendant les années sèches que les années où les pluviométries sont supérieures à la moyenne. Ainsi, a-t-on observé que le niveau de pluviométrie est passé de 843 mm en 1985 à 553 mm en 2016 et celui de la température de 24, 84 C° en 1985 à 25, 58 C° en 2016. Dans la même période, la valeur ajoutée du secteur agricole (en % du PIB) a régressé passant de 7,44 % en 1985 à 3,71 % en 2016.

S'interroger sur une possible relation entre la variabilité du climat et la croissance du produit intérieur brut agricole peut apparaître intéressant. En clair, la question qui se pose est la suivante : Quels sont les effets du changement climatique sur la production agricole au Congo ?

Par rapport à cette préoccupation, le but de cet article est d'analyser les effets du changement pluviométrique et de température sur la production agricole au Congo. Dans ce but, nous supposons que la variabilité du rythme des pluviométries et des températures influe négativement sur la production agricole au Congo.

La suite de cet article est organisée comme suit : le deuxième point est consacré à la situation du changement climatique et de la production agricole au Congo ; le troisième point présente la revue de la littérature ; le quatrième point fait l'objet de la méthodologie ; le cinquième point traite les résultats et interprétations et, enfin, le sixième point est consacré à la conclusion et les implications de politique économique.

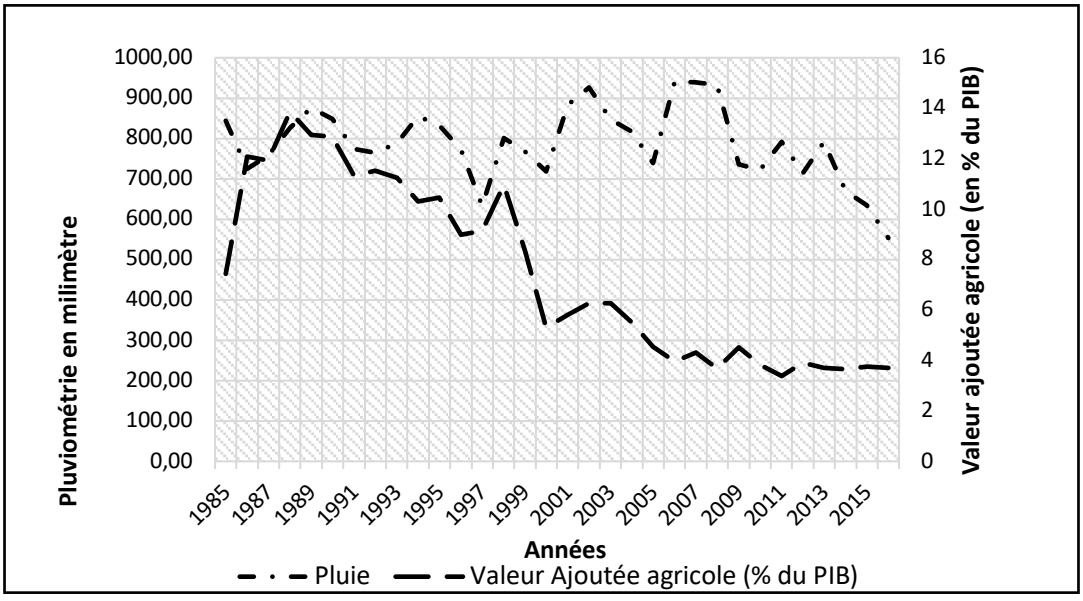
## 2. Changement climatique et production agricole au Congo : quelques faits stylisés

Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), au Congo, le secteur agricole n'a contribué qu'à hauteur de 4,8 % du PIB en 2011. Or, le Congo dispose d'un potentiel agricole porteur :il s'élève à 10 millions d'hectares de terres arables avec une densité démographique de 5 personnes au km2, etc. En dépit de ces atouts, la production agricole peine à satisfaire la demande alimentaire nationale dont le déficit est compensé par des importations massives ayant atteint, en 2015, le montant de 500 milliards de francs CFA, PND (2018-2022).

En effet, la contribution du secteur agricole au PIB est passée de 7,44 % à 10,45 %, 4,54 % puis 3,71 %, respectivement, en 1985, 1995, 2005, et 2016. Par contre, les températures ont connu un pic historique en 1994 (soit 26,51 C°) et depuis 2009 elles n'ont plus été en dessous des 25 C°. S'agissant des pluies, le record en termes de hausse a été observé en 2006 avec 941,52 mm d'eau recueillis et depuis cette date, on observe une tendance à la baisse du niveau de la pluviométrie qui s'est établie à 553,50 mm en 2016.

Les deux graphiques suivants retracent les différentes évolutions observées au cours de la période 1985-2016 au Congo, entre d'une part la pluie et la valeur ajoutée agricole en pourcentage du PIB et d'autre part, entre la température et la valeur ajoutée agricole en pourcentage du PIB.

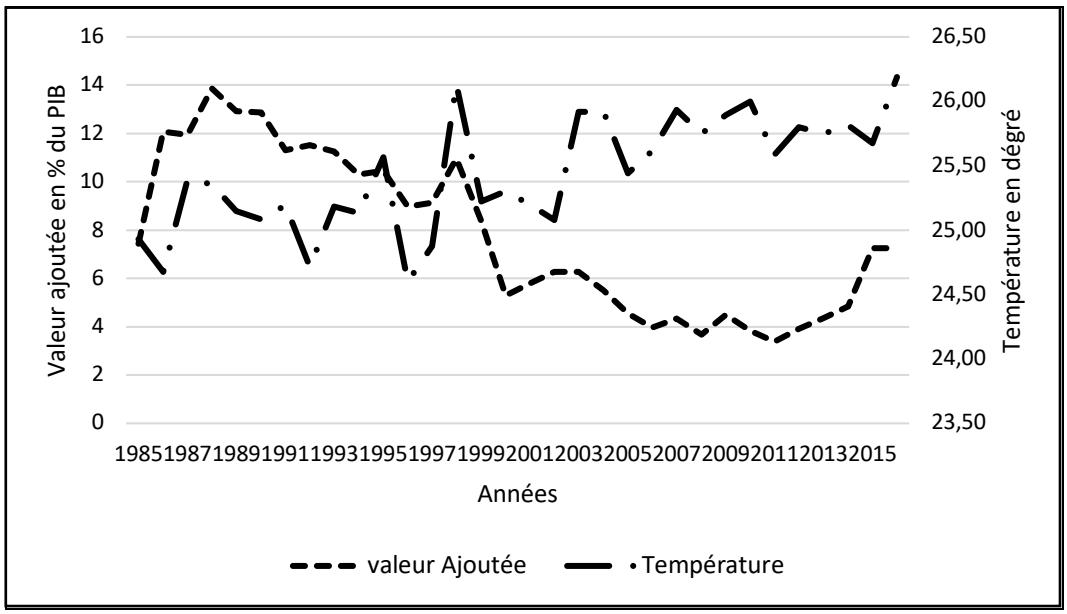
**Graphique 1 : Évolution de la pluviométrie et de la valeur ajoutée agricole (en % du PIB) au Congo de 1985 à 2016**




Source : auteurs à partir des données de l'ANAC et de la Banque Mondiale

Le graphique 1 montre une tendance à la baisse de la valeur ajoutée agricole et de la pluie sur la période 1986-2016. La confrontation des observations de l'évolution de la pluie et de la valeur ajoutée agricole fait ressortir la remarque suivante : de 1985 à 2016, on observe une irrégularité de la pluie, avant d'amorcer une baisse à partir de 2010 pendant que la valeur ajoutée agricole ne cesse de décroître, après un pic entre 1985 et 1990. Une situation tend à confirmer une relation de causalité entre l'évolution de la pluie et celle de la valeur ajoutée agricole, confirmant ainsi la dépendance de cette dernière à la pluviométrie.

**Graphique 2 : Évolution de la température et de la valeur ajoutée agricole (en % du PIB) au Congo de 1985 à 2016**




Source : auteurs à partir des données de l'ANAC et la Banque Mondiale

Le graphique 2 montre une tendance à la hausse des températures et une baisse de la valeur ajoutée agricole. La confrontation observée sur l'évolution des températures et sur la valeur ajoutée agricole tend à confirmer une relation de causalité entre ces deux variables. Ainsi, après un pic en 1994 (26.51 C°), la température est demeurée élevée oscillant entre 24 C° et 25 C° tandis que la valeur ajoutée agricole, après un pic en 1988 a fortement baissé jusqu'à atteindre le niveau de 3.71 % en 2016.

## 3. Revue de la littérature

Ces deux dernières décennies, la problématique du changement climatique et ses effets sur l'agriculture ont donné lieu à une abondante littérature théorique et empirique. Ainsi, la revue de celle-ci permet de tirer quelques enseignements.

### 3.1. Revue théorique

La question de l'offre agricole a été de tout temps une préoccupation des économistes. En remontant dans le temps, plus précisément au 18e siècle, Smith (1776), Quesnay (1765), Malthus (1798), Ricardo (1817), Mills (1874) mettaient déjà au centre de leurs analyses la terre comme « la principale source de la valeur », au même titre que le travail Baggethun, (2009).

Au cours du temps, plusieurs approches ont été proposées dans la littérature afin d'expliquer la variabilité de la production agricole. On peut relever, pour l'essentiel, l'approche fonction de production (Adams et al. (1995), l'approche ricardienne des rendements de culture (Mendelsohn et al. 1994) ou l'approche structurelle (Schimmelpfennig et al, 1996).

S'agissant de l'approche fonction de production, fondée sur l'existence d'une fonction de production pour toute culture, elle met en avant le lieu existant entre la production (ou le rendement) de la culture et son environnement biophysique. Cette approche permet d'obtenir la réponse des cultures face aux mutations climatiques de leur environnement et sur leurs besoins en intrants (luminosité, pesticides, herbicides, engrais, etc.). Dès lors, elle présente un avantage non négligeable dans la mesure où elle fournit des informations sur les réponses biophysiques et économiques des rendements des cultures ainsi que les ajustements possibles. Mais, elle accuse certaines lacunes,

car elle a tendance à surestimer les dommages du changement climatique sur la production.

Par ailleurs, l'approche ricardienne des rendements de culture fut nommée en raison de la théorie de la rente foncière, puisque la rente foncière reflète la productivité nette des terres agricoles. Ainsi, la valeur des terres agricoles conduit à la valeur actualisée des productivités nette future (Mendelsohn et al., 2003). Cette approche met en lumière l'effet du climat sur la valeur des terres et le rendement agricole. Elle repose sur l'hypothèse d'efficience de marché, prend en compte les mesures d'adaptation des agriculteurs face au climat, car, la valeur de terre agricole reflète la valeur actualisée des revenus futurs issus de l'exploitation la plus productive de la terre. En d'autres termes, cette théorie permet d'analyser l'effet des modifications climatiques sur la rente foncière qui est théoriquement un élément d'appréciation de la valeur ajoutée dégagée par l'activité agricole (Destais, 2011), Mendelsohn et al, (2003). Elle présente l'avantage d'intégrer implicitement les mesures d'adaptations aux conditions climatiques locales. Car, un producteur dit rationnel doit être proactif dans la gestion de sa terre, minimisant ses pertes en s'adaptant face aux impacts négatifs et maximisant ses profits en capitalisant sur les effets positifs des changements climatiques sur ses activités (Da Silva, 2009).

En effet, l'approche ricardienne vient corriger le biais lié à l'approche par la fonction de production, en évaluant l'impact direct du climat sur les revenus agricoles en tenant compte des adaptations potentielles aux changements climatiques (substitutions indirectes des intrants, introduction des nouvelles cultures, introduction de nouvelles activités, etc.).

Par contre, l'approche structurelle permet de simuler la réponse des cultures grâce aux modèles interdisciplinaires tout en se basant sur les effets estimés pour simuler les changements dans la production. Cette approche méthodologique présente des avantages dans la mesure où elle 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'adaptation (Schimmelpfennig et al, 1996).

Dans le prolongement de ces travaux, des analyses théoriques en termes de pays ou groupes de pays ont été effectuées. On peut mentionner, par exemple, les travaux de Cline (2008 ; 2017), Mendelsonh et Kurukurusariya (2008), Mariara et Karanja (2006), Sarah (2008). Ces auteurs s'intéressent au cas de l'Afrique et admettent sans équivoque que le changement climatique affecte négativement l'agriculture à cause des fortes augmentations des températures et des pluies ou encore à cause de la rareté des pluies à certains endroits, ce qui décime des récoltes entières. A côté de ceux-ci, des auteurs comme Rosenzweig et Parry (1994), Rosenzweig et Iglesias (1994), Jones et Kiniry (1986), Reilly et al. (1996), Mendelsonh et al. (1994) axé essentiellement leurs travaux sur les pays occidentaux et ils ont abouti aux résultats selon lesquels les effets du changement climatique sur la production agricole sont faibles dans ces pays en raison des politiques de résilience mises en place.

Pour cet article, nous retenons l'approche ricardienne comme soubassement théorique. Deux raisons motivent ce choix. La première raison est que cette approche présente l'avantage d'intégrer implicitement les mesures d'adaptation aux conditions climatiques locales. La seconde raison est que celle-ci repose sur l'hypothèse d'efficience des marchés puisque la valeur des terres agricoles reflète la valeur actualisée des revenus futurs issus de l'exploitation la plus productive de la terre. Ainsi, elle permet d'évaluer l'ampleur du changement climatique sur l'agriculture par la prise en compte les adaptations des agriculteurs individuellement avec le changement climatique.

### 3.2. Revue empirique

Dans la lignée des travaux théoriques sus évoqués, des études empiriques ont été menées sur un certain nombre de pays ou groupe de pays.

Dans une étude portant sur 11 pays africains où 9064 agriculteurs étaient choisis aléatoirement suivant les régions et s'appuyant sur l'approche ricardienne des rendements de culture, Mendelsonh et Kurukulasuriya (2008) sont parvenus aux résultats ci-après : il y a une influence négative de la température sur le revenu net des terres tributaires des précipitations, tandis que cette influence est positive pour le revenu net issu des terres irriguées.

Aussi, de leur côté, Mariara et Karanja (2006) ont, dans le cas du Kenya, analysé l'impact du changement climatique sur le revenu net agricole par superficie des 816 ménages en s'appuyant également sur l'approche ricardienne des rendements des cultures. Les résultats de leurs analyses attestent que le changement climatique, capté à travers la variabilité de la température et des précipitations, a des effets négatifs sur la production et les revenus agricoles.

Par contre, Ouédraogo (2012), dans le cas du Burkina-Faso, a utilisé le modèle ricardien afin de mesurer l'impact du changement climatique sur les revenus nets des 1530 agriculteurs et a abouti aux résultats contraires à ceux obtenus par Mendelsonh et Kurukulasuriya (2008) ou Mariara et Karanja (2006). En effet, Ouédraogo (2012) estime que la relation entre le changement climatique et le revenu net agricole est non linéaire.

Par ailleurs, les études de Mendelsohn et al. (1994), Reinsborough (2003), Deschênes et Greenstone (2007) ont abouti aux résultats selon lesquels l'agriculture des pays occidentaux, particulièrement celles des États-Unis et du Canada, ne seraient que très faiblement touchées par les changements climatiques et ce, en raison des politiques de résilience développées par ces derniers.

Oussama (2012) a analysé, dans le cas de la Tunisie, l'impact de la précipitation et de la température sur la croissance économique via l'agriculture. Partant d'une modélisation VAR appliquée à une fonction de production de type Cobb-Douglas, cet auteur est parvenu aux résultats qui attestent que, dans le court terme, les variables précipitation et température sont statistiquement non significatives contrairement au long terme où ces variables sont statistiquement significatives. Plus précisément, l'auteur montre qu'en Tunisie et à long terme, la précipitation a un effet positif sur le PIB via l'agriculture, ce qui signifie que la hausse de la précipitation est de nature à favoriser la croissance économique. Par contre, la température a un effet direct négatif, car toute hausse de la température est de nature à freiner la croissance agricole et la croissance économique en Tunisie.

Au regard de ce qui précède, deux enseignements peuvent être tirés de cette revue de la littérature :

- La variabilité de la température et des précipitations a des effets sur la production agricole. Ces effets sont souvent négatifs dans le cas des températures et positifs en ce qui concerne les précipitations ;

- Les pays sont diversement touchés par les effets du changement climatique. Dans les pays développés, les effets sont négligeables en raison des politiques de résilience entreprises dans ces derniers, contrairement aux pays en développement.

Ces résultats, bien qu'empiriquement prouvés, ne sauraient être généralisés au cas du Congo. Des analyses spécifiques s'avèrent utiles, d'autant plus que rares sont les études similaires qui portent sur ce pays.

## 4. Méthodologie

Dans l'évaluation des effets du changement climatique sur l'agriculture, on distingue fondamentalement deux grandes approches qui se différencient par leurs méthodologies respectives dont l'une s'oriente vers l'agronomie et l'autre vers l'économie. L'objectif visé dans cet article est d'analyser les effets du changement climatique sur la production agricole. A cet effet, nous allons nous appuyer sur le modèle ricardien standard développé par Mendelsohn et Dinar (2003) dont se sont inspirés Dinar et al. (1998), Kurukulasurya et Mendelsohn (2007) ainsi que Ouédraogo (2012), pour évaluer, respectivement, l'impact du changement climatique sur a) l'agriculture indienne ; b) les terres cultivées en Afrique ; c) les revenus des agriculteurs burkinabè.

### 4.1. Modèle théorique

Le modèle ricardien standard est un modèle quadratique sur le climat. Il se présente comme suit :

$$V = \int PLEe - \delta_t d_t$$

$$V = \int \left[\sum P_i\, Q_i\, (X, F, Z, G - \sum RXn_i\right] e - \delta_t d_t \; avec \; i = 1, 2 \ldots\ldots n \; culture \qquad (3)$$

Où
*PLE* est le revenu net par hectare ;
$P_i$ 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 ;
$X$ est l'ensemble des intrants ;
$R$ est le vecteur des prix des facteurs de production.

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 exogènes F, Z, et G affectent le rendement agricole. Le modèle est basé sur les réponses observées des cultures et des fermiers aux conditions climatiques. Celui-ci utilise les observations actuelles des performances des exploitations agricoles selon les différentes zones climatiques (Mendelsohn et al., 1994 ; Mendelsohn et Dinar, 1998). Il permet également de mesurer comment la rentabilité agricole varie avec le climat local en contrôlant les autres facteurs.

$$V = \beta_0 + \beta_1 F + \beta_2 F^2 + \beta_3 Z + \beta_4 G + \mu \qquad (1)$$

Où $F$ et $F^2$ capturent les termes linéaires et quadratiques pour les températures et les précipitations ; Z est l'ensemble des facteurs édaphiques, $G$ est l'ensemble des prix des facteurs, $\mu$ est le terme erreur. L'introduction des termes quadratiques pour les variables climatiques permet d'analyser la non-linéarité de la relation entre le rendement agricole et le climat. De l'équation (1), nous pouvons dériver l'impact marginal des variables climatiques sur le rendement agricole comme suit :

$$\left[{dV}/{df_i}\right] = [\beta_1, +2 * \beta_2, * f_i] \qquad (2)$$

Concernant l'équation (3), elle est de la forme :

### 4.2. Modèle empirique

Par rapport à l'objectif fixé, les modèles à des fins d'estimation se présentent comme suit :

**Modèle 1 :**

$$VABAG = \alpha_0 + \alpha_1 PLUV + \alpha_2 PLUV^2 + \alpha_3 FBCF + \alpha_4 TBSP + TAG + \varepsilon_t \quad (4)$$

**Modèle 2 :**

$$VABAG = \delta_0 + \delta_1 TEMP + \delta_2 TEMP^2 + \alpha_3 FBCF + \alpha_4 TBSP + COSF + TAG\ \varepsilon_t \quad (5)$$

### 4.3. Présentation des variables et sources des données

- **Présentation des variables**

Au regard de la revue de la littérature et de la disponibilité des données, les variables que nous avons choisies dans le cadre de ce travail sont indiquées ci-dessous :

- **PLUV** : Elle représente la pluviométrie et constitue la première variable expliquée elle a été utilisée par Dinar et Mendelson (2003).
- **TEMP** : Elle désigne la variable température, elle est exprimée en degré Celsius et constitue la deuxième variable endogène (Cline, 2016).
- **VABAG** : Elle désigne la valeur ajoutée du secteur agricole calculée à partir de la production totale du secteur agricole divisée par le nombre de travailleurs du secteur agricole. Elle a été utilisée par Ouédraogo (2012).
- **PLUV²** : La pluviométrie au carré permet de capter les effets à long terme du changement climatique. Elle a été utilisée par Cline (2008), et de Mariara et Karanja (2006).
- **TEMP²** : La variable température au carré, permet de capter les effets marginaux du changement climatique et la production agricole.
- **TBSP** : Le taux brut de scolarisation permet de situer le niveau de connaissance pour bien adapté aux questions de changement climatique
- **FBCF** : La formation brute du capital fixe est constituée par les acquisitions moins cessions d'actifs fixe réalisées par les producteurs
- **COSF** : La consommation des fertilisants
- **TAG** : Les terres agricoles

- **Source de données**

Les données utilisées proviennent de la Banque mondiale (BM) et de l'ANAC. Elles couvrent la période 1985-2016, soit 32 observations. Le choix de cette période est essentiellement dicté par la disponibilité de données. Le tableau 1 récapitule l'ensemble des informations concernant les variables du modèle.

**Tableau 1 : Récapitulatif des variables du modèle**

| Variables | Nature des variables | Dénomination | Signes attendus | | Sources |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Court terme | Long terme | |
| Endogène | | VABAG | - | + | BM |
| | | PLUV | - | + | ANAC |
| | Intérêt | PLUV2 | - | + | ANAC |
| Explicative | | TEMP | - | + | ANAC |
| | | TEMP2 | + | + | ANAC |
| | | TBSP | | | BM |
| | Contrôle | FBCF | | | BM |
| | | COSF | | | BM |
| | | TAG | | | BM |

Source : Auteurs à partir de la littérature

**Tableau 2 : Statistiques descriptives**

| | VABAG | TEMP | PLUV | TAG | COSF | TBSP | FBCF |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Moyenne** | 7,486303 | 25,03204 | 788,2326 | 105447,2 | 2453623 | 66,25365 | 26,51083 |
| **Maximum** | 13,86707 | 26,51034 | 941,5249 | 105680,0 | 11850000 | 82,97096 | 54,48614 |
| **Minimum** | 3,383118 | 24,41958 | 553,4996 | 105200,0 | 284000,0 | 31,88915 | 14,12830 |
| **Ecart-type** | 3,542427 | 0,416390 | 92,57772 | 143,6221 | 2421463 | 12,06657 | 8,475085 |
| **Jarque-Bera** | 3,407347 | 26,08245 | 0,642154 | 1,065314 | 68,43449 | 2,899281 | 15,49814 |
| **Probabilité** | 0,182014 | 0,000002 | 0,725367 | 0,587043 | 0,000000 | 0,234655 | 0,000431 |
| **Observations** | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 |

Source : Auteurs à partir des résultats extraits d'Eviews

Le tableau ci-dessus donne les résultats des statistiques descriptives des variables de l'étude, pour une période allant de 1985 à 2015. Ces résultats retracent ce qu'ont été la moyenne, le maximum et le minimum de chacune des variables compte tenu de la période d'observation. Ils renseignent également sur la situation de la distribution (normalité) de chaque variable. S'agissant des moyennes des différentes variables, elles ont été de 7,48 %, 25,03204 C°, 788,2326 mm, respectivement pour la valeur ajoutée agricole, la température et la pluviométrie. Dans ce même ordre, les maximas représentaient 13,86 %, 26,51034 C° et 941,5249 mm, respectivement pour la valeur ajoutée agricole, la température et la pluviométrie, alors que les valeurs minimales correspondantes étaient de 3,38 %, 24,41958 C° et 553,4996 mm, respectivement pour la valeur ajoutée agricole, la température et la pluviométrie.

Du point de vue de la situation de la distribution, les résultats révèlent que quatre (04) variables sont distribuées normalement, à l'exception des variables température, Consommation des fertilisants et Formation brute du capital fixe. En effet, ces variables présentent des probabilités associées à la statistique de Jarque-Bera inférieure à 0,05, alors que toutes les autres variables ont une probabilité supérieure à 0,05, ce qui permet

de retenir l'hypothèse de la normalité. Autrement dit, les distributions des trois variables ne suivent pas une loi normale. Ce qui permet de procéder aux tests de stationnarités. En somme, notre analyse statistique montre la grande variabilité de la variable Pluviométrie par rapport à la variable Température. Il reste à confirmer cette analyse sur le plan économétrique.

- **Tests de stationnarité**

L'existence d'une stationnarité des variables est une condition primordiale dans l'estimation d'un modèle économétrique en série chronologique. Par définition, une série chronologique est dite stationnaire, lorsque sa moyenne et sa variance sont constantes dans le temps et lorsque la valeur de la covariance entre deux périodes de temps ne dépend que de l'écart entre ces deux périodes et non pas du moment auquel la covariance est calculée. Pour ce faire, les variables sont examinées en utilisant trois tests de stationnarité : le test de Duckey et Fuller Augmenté (ADF), le test de Philips et Perron (PP) et le test de Kwaitkowski, Phillips, Schmidt, shin (KPSS). Le choix de ces trois tests réside dans leur complémentarité. Le tableau 3 présente les différents tests de stationnarité.

**Tableau 3 : Résultats des tests de stationnarité**

| Variables | Type de test | Sans constante et sans trend | Avec constante et sans trend | Avec constante et trend | Valeurs critiques à 5% | Stat du test | Décisions |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TEMP | ADF | Oui | Oui | Oui | -1,953381 | -7,236157 | I (1) |
| | PP | Oui | Oui | Oui | -1,952473 | -13,48853 | I (1) |
| | KPSS | | Oui | Non | 0,463000 | 0,202995 | I (1) |
| PLU | ADF | Oui | Oui | Oui | -1,952473 | -6,510124 | I (1) |
| | PP | Oui | Oui | Oui | -1,952482 | -7,775088 | I (1) |
| | KPSS | Oui | Oui | Non | 0,463000 | 0,393205 | I (1) |
| TX _EDU | ADF | Oui | Oui | Oui | -1,952473 | -7,275744 | I (1) |
| | PP | Oui | Oui | Oui | -1,952473 | -7,195449 | I (1) |
| | KPSS | | Oui | Oui | 0,463000 | 0,388768 | I (1) |
| V_AG | ADF | Oui | Oui | Oui | -1,952910 | -9,003279 | I (1) |
| | PP | Non | Oui | Oui | -1,952910 | -17,85936 | I (1) |
| | KPSS | | Non | Oui | 0,463000 | 0,111505 | I (1) |
| TERRES_AG | ADF | Oui | Oui | Oui | -1,952473 | -5,053900 | I (1) |
| | PP | Oui | Oui | Oui | -1,952473 | -5,055418 | I (1) |
| | KPSS | | Oui | Oui | 0,463000 | 0,463000 | I (1) |
| FBCF_DU_PIB | ADF | Oui | Oui | Oui | -2,963972 | 7,195449 | I (1) |
| | PP | Oui | Oui | Oui | -2,963972 | -5,907391 | I (1) |
| | KPSS | | Oui | Oui | 0,146000 | 0,433426 | I (1) |

Source : Auteurs à partir des résultats extraits d'Eviews

Le tableau 3 présente les résultats issus des différents tests de stationnarités effectuées (Les tests de stationnarité de ADF, de Phillips -Perron et de KPSS).

Les résultats montrent que toutes les variables en étude sont stationnaires en première différence par conséquent intégrées d'ordre 1. Il est maintenant indispensable de

procéder au choix de meilleur modèle afin de tester s'il existe une relation de long terme entre les variables. Dans l'estimation de notre modèle, le nombre de retard est donné par le critère d'information d'Akaike (AIC) (Voir annexe 1).

## 3. Résultats et interprétation

Ce point nous renseigne sur les résultats et interprétation

### 3.1. Résultats

**Tableau 4 : Résultats de l'estimation du modèle**

| VABAG | Modèle 1 (Pluviométrie) | | Modèle 2 (Température) | |
|---|---|---|---|---|
| | **Court terme** | **Long terme** | **Court terme** | **Long terme** |
| Force de rappel | -0,138129** | | -0,111558 | |
| LnPLUV | 95,83886 | -1141,181** | | |
| $LnPLUV^2$ | -6,867118 | 87,28256** | | |
| TEMP | | | 48,10796 | 660,4664** |
| $TEMP^2$ | | | -0,954283 | -12,92261** |
| TBSP | -7,979981** | -19,70882** | -2,963961** | -12,48097** |
| TAG | -414,6556** | -1668,320** | -414,6556** | 411,6289** |
| FBCF | 1,381432 | -1,690444 | 3,341439 | (0,76729) |
| COSF | - | - | -4.206756 | 0,20389 |
| Constante | -0,272741 | | -13132,39 | |
| $R^2$ | **48 %** | | **34,07 %** | |
| Statistique de Fisher | **3,287581*****| | **10,91389**** | |

Source : Auteurs à partir des résultats extraits d'Eviews 9
*, **, *** significatif au seuil respectif de 10 %, 5 % et 1 %.

La lecture du tableau 4 montre que l'on soit dans le cas du modèle-pluviométrie ou modèle-température, les coefficients de déterminations $R^2$ sont faibles, respectivement de 48 % et 34 %. Ces résultats peuvent s'expliquer par l'omission des certaines variables importantes pouvant capter le phénomène.

Concernant les forces de rappel, elles présentent toutes les signes attendus (négatifs) et un coefficient inférieur à l'unité.

La force de rappel associée à la variable pluviométrie (modèle 1) est significative au seuil de 5 %, et la valeur absolue de la statistique de Student est de 3,2875 ; ce qui permet de conclure à une convergence dans le long terme. Par contre, celle associée à la variable température (modèle 2) n'est pas significative. Ce coefficient ne donne en valeur absolue la vitesse d'ajustement des variables du système vers la cible de long terme c'est-à-dire que le modèle 2 n'est pas un bon modèle et ne fera l'objet de discussion.

### 4.4. Discussion des résultats

Au regard des résultats, une principale leçon peut être tirée : Pluviométrie est obstacle pour l'amélioration de la production agricole à long terme

Cet enseignement tient au fait que le coefficient associé à la pluviométrie est négatif et significatif au seuil de 5 %. Par rapport aux résultats, on peut dire que la relation entre changement climatique (pluviométrie) et production agricole est en forme de U simple. Ainsi, une augmente d'une 1% de la pluviométrie entraine, toutes choses égales par ailleurs, une diminution de la production agricole de 1141, 18 points.

Ces résultats corroborent aux travaux de Ouédraogo (2012) au Burkina et Dandonougbo (2014) au Togo et ne confirment pas l'hypothèse de Kuznets (1955), qui présente un U inversé. Par ailleurs, la courbe en U simple dans ce travail, s'explique par le fait que, dans la première phase de la pluviométrie entraine une forte dégradation de la production agricole jusqu'au seuil de 6,53727 mm. Au-delà de ce seuil, on assiste à une amélioration de la production agricole.

En effet, ces résultats trouvent sa justification dans le cadre du Congo du fait que, le pays a un climat tropical et humide. Dans les climats tropicaux humides, il pleut abondamment le long de l'année. Ce qui occasionne une humidité élevée qui est un frein pour la productivité agricole à cause du lessivage des nutriments, de la prolifération des champignons, l'augmentation des insectes ravageurs, des bactéries et adventices (Etat des forêts du bassin du Congo, 2013). Aussi, selon les études de la COMIFAC (2013) qui stipule que la pluviométrie modérées sont favorables à une bonne croissance des cultures et par conséquent à une bonne production agricole et un bon rendement, et corrobore les conclusions de ACTED-Congo (2006), selon lesquelles l'agriculture en République du Congo est particulièrement affectée par le changement climatique, faisant face à une saisonnalité instable et plus difficilement maîtrisable, ce qui contribue au problème de faiblesse de productivité agricole auquel le pays fait face.

## 6. Conclusion et implications de politique économique

L'objectif de cet article était d'analyser les effets du changement climatique sur la production agricole au Congo. Pour atteindre celui-ci, l'usage d'une approche méthodologique au moyen de l'estimation du modèle VECM a été adoptée, pour une période allant de 1985 à 2016. Les résultats obtenus, montrent qu'à long terme, la pluviométrie est un obstacle pour l'amélioration de la production agricole en République du Congo.

En effet, les résultats relèvent l'existence d'une relation non linéaire entre le changement climatique et la production agricole. Dans le contexte congolais, ces résultats montrent que l'agriculture au Congo comme dans d'autres pays d'Afrique subsaharienne est très sensible au changement climatique à long terme, car, le phénomène du changement climatique est plus capté à long terme qu'à court terme.

Au regard de ce qui précède, quelques implications de politique économique ci-après peuvent être formulées :

- La mise en place par l'État des politiques de résilience face au changement climatique (utilisation de l'arrosage artificielle, introduction des semences améliorées, diversification des cultures, d'une banque ou d'un fonds d'appui à l'agriculture, création des banques de semences, etc.).
- La poursuite des initiatives de lutte contre le réchauffement climatique ou de réduction des émissions des gaz à effet de serre et de réorganiser les radios rurales capables d'apporter des informations pertinentes sur les changements climatiques afin de sensibiliser les paysans à mieux planifier leurs activités de production.

## Références bibliographiques

Baggethun, G. (2009), « L'histoire des services éco systémiques dans la théorie et la pratique économiques : du début des notions aux marchés et aux systèmes de paiement, Écologie Économique.

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

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

GIEC (1995), « *Rapport de 1995 du GIEC sur les changements climatiques et leur évolution* ».

GIEC (2001), « *Bilan des changements climatiques, les éléments scientifiques résumés pour les décideurs* »

GIEC (2007), « *Bilan 2007 des changements climatiques : rapport de synthèse. Genève* ».

JahanE (2002), « Mondialisation et régulation : problématiques des biens publics mondiaux appliqués au changement climatique »

Mendelsohn R., Nordhaus W. and Shaw D. (1994), « The impact of global warming on agriculture: A Ricardian analysis », *American Economic Review*, Vol.84, pp. 753 – 771.

Mendelsohn R. and Dinar A. (2003), « Climate, Water and Agriculture », *Land Economics*, Vol.79, pp. 328-341.

Mill J. (1874), « *La Nature* », ADEP, Paris.

Nordhaus W. (1977), « Economic growth and climate: The case of carbon dioxide », *American Economic Review*, Vol. 67, No.1, pp. 341-346.

Nordhaus W. (1991), « To slow or not to slow: The economics of the greenhouse effect », *The Economic Journal*, Vol.101, pp. 920-937.

Nordhaus W. (1993), « Rolling the DICE: An optimal transition path for controlling greenhouse gases », *Resource and Energy Economics*, Vol.15, pp. 27-50.

Nordhaus W. (1994), « Reflections on the concept of sustainable growth », *in* L.L.

Pasinetti et R.M. Solow (éds.), *Economic growth and the structure of long-term development*, Macmillan, Londres, pp. 309-325.

Ouédraogo M. (2012), « Impacts des changements climatiques sur les revenus agricoles au Burkina Faso », *Journal of Agriculture and Environnement Development- JAEID,* Vol.106, No.1, pp. 3-21.

Paturel J., Servat E., Delattre M. (1998), « Analyse de séries pluviométriques de longue durée en Afrique de l'Ouest et Centrale non sahélienne dans un contexte de variabilité climatique », *Journal-des Sciences Hydrologiques,* Vol. 43, No.6, pp. 937-946.

Picard P. (2004) « Quelques réflexions sur la gestion du risque climatique » *in Treut*

Reilly et Hervya E., Glaz K., 1997. Climate change and agricultural trade: who benefits, who loses? *Global environmental change* 4 (1) 24-36 pp.

Reilly J., Hohmann N. and Kane S. (1994), *Climate change and agricultural trade: who benefits, who loses?* », *Global environmental change*, Vol.4, pp.24-36.

Reinsborough, Michelle J, 2003, « A Ricardian Model of Climate Change in Canada ». *Canadian Journal of Economics*, 36, no. 1 (February) : 21 – 40.

Ricardo D. (1817), « *On the Principles of Political Economy and Taxation* », John Murray, London.

Rosenzweig C., et Parry M.L., 1994. « Potential impact of climate change on world food supply », *Nature*, 367, pp 133-138.

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

Schimmelpfennig, D., J. Lewandrowski, J. Reilly, M. Tsigas, et I. Parry. 1996. « Agricultural Adaptation to Climate Change: Issues of Long run Sustainability ». Vortraggehalten auf der Konferenz Agricultural Economic Report, No. 740, Natural Resources and Environment Division, Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture.

Smith A. (1776), « *An Inquiry into the nature and Causes of the Wealth of nations.* », Ed. Edward G. Wakefield. Vol.1.4. London : Charles Knight & Co., 1843.

Van Ypersele J.P et al (2004), « Impact, adaptation et vulnérabilité » in Le Treut H, Van Ypersele J.P, Hallegatte S. et Hourcade J.C (sous la direction), *Science du changement climatique. Acquis et controverses, éd. Claire Weill.*

## ANNEXES

**Annexe 1** : Résultats de la détermination du nombre optimal de retards

| Lag | LogL | LR | FPE | AIC | SC | HQ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 220.2986 | NA | 2.52e-14 | -14.28657 | -14.00634 | -14.19692 |
| 1 | 284.1482 | 97.90267 | 4.14e-15 | -16.14321 | -14.18154* | -15.51566 |
| 2 | 333.4167 | 55.83767* | 2.34e-15* | -17.02778* | -13.38467 | -15.86232* |

**Annexe 2** : Résultats des tests de cointegration

| Data Trend: | None | None | Linear | Linear | Quadratic |
|---|---|---|---|---|---|
| Test Type | No Intercept | Intercept | Intercept | Intercept | Intercept |
| | No Trend | No Trend | No Trend | Trend | Trend |
| Trace | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| Max-Eig | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| *Critical values based on MacKinnon-Haug-Michelis (1999) | | | | | |

**Annexes 3** : Résultats du Modèle : 1- Pluviométrie

| CointegratingEq: | CointEq1 |
|---|---|
| LVAB(-1) | 1.000000 |
| LPLUVIOMETRIE(-1) | -1141.181<br>(488.799)<br>[-2.33466] |
| LPUVIO2(-1) | 87.28256<br>(36.5690)<br>[ 2.38679] |
| LFBCF(-1) | -1.690444<br>(1.51843)<br>[-1.11328] |
| TX_D_ETUCATION(-1) | -0.197088<br>(0.05073)<br>[-3.88512] |
| LTERRES_AGRICOLES(-1) | -1668.320<br>(338.072)<br>[-4.93481] |
| @TREND(85) | 0.062519 |
| C | 23038.05 |

| Error Correction: | D(LVAB) | D(LPLUVIOMETRIE) | D(LPUVIO2) | D(LFBCF) | D(TX_D_ETUCATION) | D(LTERRES_AGRICOLES) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CointEq1 | -0.138129<br>(0.06458)<br>[-2.13885] | -0.018888<br>(0.00694)<br>[-2.72104] | -0.251427<br>(0.09234)<br>[-2.72297] | -0.000740<br>(0.01775)<br>[-0.04169] | -0.129230<br>(0.56347)<br>[-0.22935] | 0.000143<br>(7.4E-05)<br>[ 1.93087] |
| D(LVAB(-1)) | 0.066323<br>(0.16727)<br>[ 0.39649] | 0.028957<br>(0.01798)<br>[ 1.61061] | 0.381838<br>(0.23916)<br>[ 1.59655] | 0.021385<br>(0.04596)<br>[ 0.46527] | 0.716385<br>(1.45948)<br>[ 0.49085] | -9.82E-05<br>(0.00019)<br>[-0.51217] |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| D(LPLUVIOMETRIE(-1)) | 95.83886 | -36.28462 | -484.2165 | 2.029873 | 644.6924 | 0.025792 |
| | (176.801) | (19.0030) | (252.785) | (48.5805) | (1542.60) | (0.20266) |
| | [ 0.54207] | [-1.90941] | [-1.91553] | [ 0.04178] | [ 0.41793] | [ 0.12727] |
| D(LPUVIO2(-1)) | -6.867118 | 2.727605 | 36.39836 | -0.129077 | -46.41710 | -0.002347 |
| | (13.2699) | (1.42628) | (18.9729) | (3.64623) | (115.780) | (0.01521) |
| | [-0.51750] | [ 1.91239] | [ 1.91844] | [-0.03540] | [-0.40091] | [-0.15431] |
| D(LFBCF(-1)) | -0.136109 | -0.025673 | -0.323503 | -0.105839 | -0.298188 | -0.000180 |
| | (0.85390) | (0.09178) | (1.22088) | (0.23463) | (7.45030) | (0.00098) |
| | [-0.15940] | [-0.27973] | [-0.26498] | [-0.45109] | [-0.04002] | [-0.18367] |
| D(TX_D_ETUCATION(-1)) | -0.079800 | -0.003596 | -0.047188 | -0.004801 | -0.487398 | 5.68E-05 |
| | (0.03003) | (0.00323) | (0.04293) | (0.00825) | (0.26198) | (3.4E-05) |
| | [-2.65766] | [-1.11422] | [-1.09916] | [-0.58192] | [-1.86044] | [ 1.65110] |
| D(LTERRES_AGRICOLES(-1)) | -733.6247 | -4.795139 | -58.84841 | -32.54810 | -740.3138 | 0.340655 |
| | (198.735) | (21.3605) | (284.145) | (54.6073) | (1733.97) | (0.22780) |
| | [-3.69147] | [-0.22449] | [-0.20711] | [-0.59604] | [-0.42695] | [ 1.49540] |
| C | -0.272741 | 0.047316 | 0.623174 | -0.055625 | -1.593368 | 0.000196 |
| | (0.38497) | (0.04138) | (0.55042) | (0.10578) | (3.35887) | (0.00044) |
| | [-0.70847] | [ 1.14352] | [ 1.13218] | [-0.52586] | [-0.47438] | [ 0.44337] |
| @TREND(85) | 0.029667 | -0.003806 | -0.050034 | 0.003928 | 0.153022 | -1.72E-05 |
| | (0.02161) | (0.00232) | (0.03090) | (0.00594) | (0.18857) | (2.5E-05) |
| | [ 1.37268] | [-1.63860] | [-1.61915] | [ 0.66139] | [ 0.81148] | [-0.69397] |
| R-squared | 0.479990 | 0.447808 | 0.446360 | 0.064034 | 0.235058 | 0.322919 |
| Adj. R-squared | 0.281891 | 0.237450 | 0.235450 | -0.292525 | -0.056348 | 0.064983 |
| Sum sq. resids | 18.92130 | 0.218588 | 38.67970 | 1.428577 | 1440.403 | 2.49E-05 |
| S.E. equation | 0.949218 | 0.102024 | 1.357163 | 0.260821 | 8.281945 | 0.001088 |
| F-statistic | 2.422984 | 2.128784 | 2.116351 | 0.179588 | 0.806634 | 1.251936 |
| Log likelihood | -35.65452 | 31.25830 | -46.37992 | 3.099624 | -100.6404 | 167.4829 |
| Akaike AIC | 2.976968 | -1.483887 | 3.691995 | 0.393358 | 7.309358 | -10.56553 |
| Schwarz SC | 3.397327 | -1.063528 | 4.112354 | 0.813718 | 7.729717 | -10.14517 |
| Meandependent | 0.175152 | -0.009027 | -0.116473 | 0.008237 | 0.536663 | -4.75E-05 |
| S.D. dependent | 1.120136 | 0.116834 | 1.552133 | 0.229415 | 8.058029 | 0.001125 |

| | |
|---|---|
| Determinant resid covariance (dof adj.) | 5.64E-12 |
| Determinantresid covariance | 6.63E-13 |
| Log likelihood | 165.2196 |
| Akaike information criterion | -7.014640 |
| Schwarz criterion | -4.212245 |