UNIVERSITÉ DU BURUNDI
GRENIER DU SAVOIR DU BURUNDI
Dépôt institutionnel officiel
https://repository.ub.edu.bi

# Impact de la volatilité des prix des principales céréales sur la sécurité alimentaire dans la CEA : cas du riz et du maïs

**Bizimana, Egide; Sous la direction de : Dr. Ir. Ntakirutimana Léonard**

**2022-12**
UB, FABI
https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/466

Document téléchargé depuis le **Grenier du Savoir du Burundi** — https://repository.ub.edu.bi

**UNIVERSITE DU BURUNDI**

**FACULTE D'AGRONOMIE ET DE BIO-INGENIERIE (FABI)**

**DEPARTEMENT DE SOCIO-ECONOMIE RURALE**

**MASTER EN DEVELOPPEMENT RURAL ET AGRO-BUSINESS**

# *« IMPACT DE LA VOLATILITE DES PRIX DES PRINCIPALES CEREALES SUR LA SECURITE ALIMENTAIRE DANS LA CEA : CAS DU RIZ ET DU MAÏS ».*

Par :

**Egide BIZIMANA**

**MÉMOIRE**

Présenté en vue d'obtenir un

**Diplôme de Master**

**Spécialité** : Développement Rural et Agro-business

**Sous la direction de** :

Dr. Ir. NTAKIRUTIMANA Léonard (Directeur)

Dr. Ir. NIMENYA Nicodème (Co-Directeur)

Bujumbura, Décembre 2022

# IDENTIFICATION DES MEMBRES DU JURY

**Pr. NDAYITWAYEKO Willy-Marcel** : Président

**Dr. Ir. NTAKIRUTIMANA Léonard** : Directeur

**Dr. Ir. NIMENYA Nicodème** : Co-Directeur

**Dr. NKURUNZIZA Jean de Dieu** : Membre

# DEDICACE

A mes regrettés parents **Louis NKURIKIYE** et **M. Laetitie NABASHENGEZI**

A mes frères et sœurs

A mes ami(e)s

**Nous dédions ce travail de mémoire**

# REMERCIEMENTS

Il est de mon devoir éminent de remercier du fond de mon cœur d'abord le **Tout Puissant l'Eternel ; le Dieu de Bonté** qui m'a prêté la vie jusqu'à l'heure actuelle, à toutes les personnes qui ont contribué directement ou indirectement à la réalisation de mon travail de mémoire qui, sans eux, ce travail n'aurait pas eu une issue positive.

Que nos sincères remerciements arrivent à l'endroit du Dr. Ir. NTAKIRUTIMANA Léonard et du Dr. Ir. NIMENYA Nicodème, mes Directeurs de mémoire qui, malgré leurs multiples engagements se sont donnés corps et âme pour que ce travail puisse aboutir à sa réalisation. Grâce à leurs ingéniosités scientifiques, leurs riches conseils et remarques constructives ont permis à l'aboutissement de ces travaux condensés de ce mémoire.

Nous passons également nos cordiaux remerciements à tous ceux qui ont passé devant moi de l'école primaire à l'université, à tous les professeurs de la Faculté d'Agronomie et de Bio-Ingénierie (FABI) et plus précisément ceux du Département de la Socio-Economie Rural (SER) notamment Pr. Ir. NDIMUBANADI Jean, Dr. Ir. GAHUNGU Antoine, Pr. Ir. NIRAGIRA Sanctus. Je remercie aussi Pr. NDORICIMPA Arcade de la FSEG qui m'a donné un coup de main sûr et m'a ouvert les yeux. Je tiens également à remercier également Pr. Pinar Deniz, Pr. Thanasis Stengos et Pr. Josip Arnerić de leurs contributions et remarques constructives.

Je saisis cette occasion pour remercier vivement ma regretté mère qui s'est battue acharnement pour que je puisse arriver jusqu'à ce niveau, j'en serait toujours convenant. J'adresse mes sincères gratitudes à tous mes frères et sœurs qui m'ont apporté un soutien tant moral que matériel durant tout mon parcours estudiantin, à la famille NSHIMIRIMANA Rénovat ; de par son soutien si valeureux durant mon parcours académique ; et à tous mes ami(e)s et connaissances.

**J'adresse mes plus vifs remerciements**

**BIZIMANA Egide**

## RESUME

Depuis la crise alimentaire de 2007/2008, la volatilité des prix des produits alimentaires est l'un des problèmes prioritaires auxquels les politiques agricoles essaient d'apporter des solutions durables à cause de leur impact sur la sécurité alimentaire et aussi sur les déséquilibres budgétaires. En effet, à cause d'un prix élevé de l'alimentation équilibrée, 3 milliards de la population (pauvre) mondiale en 2017 ne pouvaient pas se procurer une alimentation saine et équilibrée ce qui a fait que beaucoup de personnes, et plus particulièrement les femmes enceintes et allaitantes ainsi que les enfants souffrent des maladies non transmissibles résultantes de multiples fardeaux de la malnutrition. L'Afrique subsaharienne est plus particulièrement concernée par ce fardeau de la malnutrition car c'est la région qui, en plus de la démographie galopante, héberge un bon nombre de personnes souffrant de la faim avec un taux de 22%. C'est ainsi que nous avons voulu analyser les effets de l'incidence de la volatilité des prix agricoles sur la disponibilité et l'accessibilité du riz et du maïs dans les pays de la CEA. En utilisant un modèle GARCH pour capturer la variable de la volatilité des prix à la production, nous avons trouvé que la volatilité des prix agricoles n'a pas d'effet significatif sur la production agricole sauf au Rwanda où une augmentation de 1% du prix d'une tonne de riz va causer après 9 mois une diminution de la production du riz de 0,052%. Les effets de la volatilité sur l'accessibilité des produits alimentaires diffèrent dans le temps et dans l'espace selon les produits. Les résultats trouvés au Kenya montrent que si le prix à la production de 1kg de maïs parvenait de croître de 1%, il y aurait après 9 à 12 mois une diminution considérable de la prévalence de l'anémie chez les femmes en âge de procréer alors que l'augmentation de 1% du prix à la production du riz entraîne pendant le même trimestre une augmentation de 8,102% la prévalence de l'anémie chez les femmes en âge de procréer tandis qu'après une année cette variation de la volatilité va diminuer la prévalence de l'anémie en âge de procréer de 17,303%. Les facteurs responsables des changements climatiques constituent un obstacle pour le développement agricole dans la zone car l'agriculture reste pluviale. La croissance démographique, avec son effet de forte pression sur les terres agricoles, forme un enjeu préjudiciable pour la sécurité alimentaire dans la zone car l'augmentation de la production agricole repose sur l'extensification.


**Mots clés** : Volatilité des prix, GARCH, Sécurité alimentaire, Changements Climatiques

## ABSTRACT

Since the food crisis of 2007/2008, food price volatility has been one of the priority problems to which agricultural policies are trying to provide lasting solutions because of their impact on food security and also on budgetary imbalances. Indeed, due to the high price of balanced food, 3 billion of the (poor) world population in 2017 could not obtain a healthy and balanced diet, which meant that many people, and more particularly the pregnant and lactating women and children suffer from non-communicable diseases resulting from multiple burdens of malnutrition. Sub-Saharan Africa is particularly concerned by this burden of malnutrition because it is the region which, in addition to the galloping demography, is home to a good number of people suffering from hunger with a rate of 22%. The analysis was on the effects of the impact of agricultural price volatility on the availability and accessibility of rice and maize in EAC countries. Using a GARCH model to capture the producer price volatility variable, we found that agricultural price volatility has no significant effect on agricultural production except in Rwanda where an increase of $1 on the price of a ton of rice will cause a decrease after 9 months in production of 0.052 tons of rice. The effects of volatility on the accessibility of food products differ in time and space depending on the product. The results found in Kenya show that if the producer price of 1 kg of maize managed to increase by 1%, there would be after 9 to 12 months a considerable reduction in the prevalence of anemia among women of childbearing age, then that the increase of 1 on the production price of rice leads during the same quarter to an increase of 8.102% in the prevalence of anemia among women of childbearing age, while after one year this variation in volatility goes decrease the prevalence of anemia in childbearing age by 17.303%. The factors responsible for climate change constitute an obstacle for agricultural development in the area because agriculture remains rainfed. Population growth, with its effect of strong pressure on agricultural land, is a detrimental issue for food security in the area because the increase in agricultural production is based on extensification.


**Keywords**: Price volatility, GARCH, Food security, Climate change

# TABLE DES MATIERES

IDENTIFICATION DES MEMBRES DU JURY……..**I**
DEDICACE ..... ii
REMERCIEMENTS ..... iii
RESUME ..... iv
ABSTRACT.....v
TABLE DES MATIERES ..... vi
LISTE DES TABLEAUX ..... viii
LISTE DES FIGURES ..... ix
LISTE DES SIGLES ET LES ABREVIATIONS .....x
AVANT PROPOS..... xii
CHAPITRE I. INTRODUCTION GENERALE .....1
I.1. CONTEXTE .....1
I.2. PROBLEMATIQUE .....3
I.3. OBJECTIFS.....4
I.3.1. Objectif général.....4
I.3.2. Objectifs spécifiques .....4
I.4. HYPOTHESES.....5
CHAPITRE II. REVUE LITTERAIRE.....6
II.1. LITTERATURE THEORIQUE .....6
II.1.1. Situation de l'agriculture dans la sous-région.....6
II.1.2. Volatilité .....7
II.1.2.1. Volatilité historique.....7
II.1.2.2. Volatilité conditionnelle .....8
II.1.3. Volatilité des prix agricoles et sécurité alimentaire .....13
II.1.4. Croissance démographique et disponibilité des produits agricoles.....16
II.1.5. Sécurité alimentaire et changement climatique .....18
II.1.6. Inflation (agricole) et accessibilité des produits agricoles.....20
II.2. LITTERATURE EMPIRIQUE.....22
II.2.1. Disponibilité.....22
II.2.2. Utilisation .....28
CHAPITRE III. METHODOLOGIE DE TEST D'HYPOTHESES .....30
III.1. INTRODUCTION .....30
III.2. CADRE CONCEPTUEL .....30

III.3. SOURCE ET NATURE DE DONNEES ..... 32
III.4. CADRE ANALYTIQUE ..... 32
CHAPITRE IV. RESULTATS ET INTERPETATION ..... 37
IV.1. RESULTATS PRELIMINAIRES ..... 37
IV.1.1. Statistiques descriptives ..... 37
IV.1.2. Comportement des variables pendant la période de l'étude ..... 40
IV.2. TEST DE RACINE UNITAIRE ..... 47
IV.3. RESULTATS D'ANALYSES ECONOMETRIQUES ..... 50
IV.3.1. Autocorrélation des erreurs ..... 50
IV.3.2. Test d'homogénéité ..... 51
IV.3. 3. Interprétation des résultats économétriques ..... 53
IV.3. 3. 1. Burundi ..... 53
IV.3. 3. 2. Kenya ..... 57
IV.3. 3.3. Tanzanie ..... 62
IV.3. 3.4. Rwanda ..... 65
CHAPITRE V. CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS ..... 70
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES ..... 72
ANNEXE ..... 80

# LISTE DES TABLEAUX

Tableau III-1: Définitions des variables du modèle de disponibilité alimentaire .....34
Tableau III-2: Définition des variables du modèle de l'utilisation alimentaire.....36
Tableau IV-1: Résultats du test de racine unitaire .....48
Tableau IV-2: Résultats du test d'autocorrélation de DW .....50
Tableau IV-3: Résultats d'estimation du modèle de l'équation 27 pour le Burundi.....53
Tableau IV-4: Résultats d'estimation du modèle de l'équation 28 pour le Burundi.....56
Tableau IV-5: Résultats d'estimation du modèle de l'équation 27 pour le Kenya .....57
Tableau IV-6: Résultats d'estimation du modèle de l'équation 28 pour le Kenya .....60
Tableau IV-7: Résultats d'estimation du modèle de l'équation 27 pour la Tanzanie .....62
Tableau IV-8: Résultats d'estimation du modèle de l'équation 28 pour la Tanzanie .....64
Tableau IV-9: Résultats d'estimation du modèle de l'équation 27 pour le Rwanda.....65
Tableau IV-10: Résultats d'estimation du modèle de l'équation 28 pour le Rwanda.....68

# LISTE DES FIGURES

Figure II-1: La face hachurée représente $N(X)$ .....10
Figure III-1: Cadre conceptuel .....31
Figure IV-1: Evolution des productions du maïs pendant la période d'étude .....40
Figure IV-2: Évolution des productions du riz depuis 1966 à 2018 .....41
Figure IV-3: Evolution des prix du maïs en $/T dans le temps .....42
Figure IV-4:Evolution des prix du riz en $/T dans le temps .....42
Figure IV-5: Volatilité du prix du maïs pendant la période de l'étude .....43
Figure IV-6: Volatilité du prix du riz pendant la période de l'étude .....43
Figure IV-7: Evolution du PIB par habitant pendant la période de l'étude .....43
Figure IV-8: Croissance démographique de la zone d'étude .....44
Figure IV-9: Evolution de la prévalence de l'anémie chez les femmes en âge de procréer depuis 2000 à 2018 .....45
Figure IV-10: Evolution de l'indice d'ouverture commerciale dans la zone d'étude depuis 2000 à 2018 .....46

# LISTE DES SIGLES ET LES ABREVIATIONS

| | |
|---|---|
| $ | : Dollar |
| % | : Pourcentage |
| (A)DF | : (Augmented) Dickey-Fuller |
| ANCOVA | : Analyse de la Covariance |
| ARCH | : Autoregressive Conditional Heteroscedasticity |
| ARMA | : Autoregressive and Moving Average |
| CEA | : Communauté Est-Africaine |
| CV | : Coefficient de Variation |
| DW | : Durbin et Watson |
| EA | : East Asia |
| EM | : Emerging Market |
| FABI | : Faculté d'Agronomie et de Bio-Ingénierie |
| FAO | : Food and Agriculture Organization |
| FAOSTAT | : Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database |
| FSEG | : Faculté des Sciences Économiques et de Gestion |
| GARCH | : Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity |
| GARCH-M | : Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity in Mean |
| GES | : Gaz à Effet de Serre |
| IPS | : Im-Pesaran-Shin |
| ISTEEBU | : Institut de Statistiques et d'Etudes Economiques du Burundi |
| Kg | : kilogramme |
| LA&C | : Latin America and Caraïbe |
| LD | : Low Developed Country |
| LM | : Lagrange Multiplier |
| MCO | : Moindres Carrés Ordinaires |
| MENA | : Middle East and North Africa |
| NEPAD | : New Parternship for Africa's Development |
| NEU | : Non-European Union |
| OCDE | : Organisation de Coopération et de Développement Economiques |
| ODD | : Objectifs du Développement Durable |

| | |
|---|---|
| ONG | : Organisation Non Gouvernementale |
| PAM | : Programme Alimentaire Mondial |
| PCCC | : Portail de Connaissances sur le Changement Climatique |
| R&D | : Recherche et Développement |
| SA | : South Asia |
| SBC | : Schwarz-Bayesian Criterion |
| SS | : Sub-Saharian |
| T | : Tonne |
| UE | : Union Européenne |
| UN | : United Nations |
| UNDP | : United Nations Development Programme |

# AVANT PROPOS

Cette dissertation rentre dans le cadre de la satisfaction des exigences pour le Master en sciences agronomiques, dans l'option de développement rural et agro business. La volatilité des prix des produits alimentaires est un problème sérieux qui entrave la sécurité alimentaire des ménages du monde entier et de la CEA en particulier. Depuis le champ à l'assiette, les conséquences de la volatilité s'observent dans les pays de la région. En premier, les prix jouent un rôle incitateur à la production agricole par biais de compensation ou de bénéfice de chaque activité pour un agent économique. Ce point crée alors un dilemme au point de vue des décideurs politiques car en favorisant le prix élevé, les intérêts des producteurs sont promu au moment où les consommateurs sont en désolation. Ce fait engendre en effet un faible pouvoir d'achat des ménages au niveau microéconomique et une perte de la valeur de la monnaie au point de vue macro-économique. Si le prix n'incite pas alors les producteurs afin de renverser la tendance inconsciemment par la loi de l'offre et la demande, l'économie en pâtisse.

L'objectif de notre étude est d'analyser l'incidence de la volatilité des prix des principales céréales sur la sécurité alimentaire des ménages dans les pays de la CEA.

Des difficultés n'ont pas manqué. Le manque des données sur tous les pays de la région a été le premier obstacle. Le second problème concerne les données à fréquence (annuelle) non spécifique au type de modèle d'analyse de la volatilité nécessitant ainsi un traitement préliminaire.

# CHAPITRE I. INTRODUCTION GENERALE

## I.1. CONTEXTE

La volatilité des prix des produits alimentaires depuis la crise alimentaire de 2007/2008 constitue l'un des problèmes prioritaires auxquels les politiques agricoles tentent de répondre ces dernières années. Cette attention est dû de leur impact de court terme sur le pouvoir d'achat des consommateurs, mais aussi de long terme sur l'incitation qu'a les producteurs à produire davantage (IPAR, 2010) et par conséquent les déséquilibres budgétaires s'en suivent (Temple *et al*., 2009). Les consommateurs craignent une hausse des coûts d'accès aux produits vivriers tandis que les producteurs redoutent une chute drastique de leurs revenus (Achille & Denis, 2016). Dans un cas ou dans l'autre, les effets des perturbations renforcent la précarité et fragilisent les acteurs au point de forcer les décideurs politiques à prendre des mesures pour atténuer l'incertitude des prix sur les marchés agricoles.

Compte tenu de sa richesse en ressources humaines, matériels, en savoir-faire et un vaste marché, le continent Africain dispose d'un immense potentiel qui doit lui permettre non seulement de se nourrir, d'éliminer la faim et l'insécurité alimentaire mais aussi de devenir un acteur majeur des marchés internationaux (NEPAD, 2013). Cependant, l'Afrique est le continent qui abrite un taux élevé de personnes souffrant de la malnutrition (FAO *et al.,* 2020) avec un taux de 19,1% des personnes sous-alimentées (qui est plus le double de la moyenne mondiale : 8,9 % en 2019) contre 17,6% en 2014, c'est-à-dire que dans 10 personnes sous-alimentées dans le monde, 4 sont africaines, et un africain sur quatre souffrent de sous-alimentation (Rabin, 2011 ; Hall et *al.,* 2017).

L'Afrique subsaharienne est plus particulièrement concernée par ce fardeau de la sous-alimentation car c'est la région qui, en plus de la démographie galopante, héberge un bon nombre de personnes souffrant de la faim avec un taux de 22%. Dans cette région de l'Afrique, la Communauté Est-Africaine (CEA) est la seconde après l'Afrique centrale à connaître un taux de sous-alimentation le plus élevé en 2019 (27,2%) (FAO *et al.,* 2020). Et au sein des familles, les jeunes enfants ainsi que les femmes enceintes et allaitantes sont les plus touchés et encore plus sensibles aux carences alimentaires (NEPAD, 2013). A signaler que la malnutrition infantile, peut affecter durablement les capacités intellectuelles et physiques et hypothéquer l'avenir de franges entières de la population (MEASURE DHS+, 2002 ; FAO *et al*., 2019)

Le même rapport de FAO *et al.,* (2019) souligne qu'en termes des chiffres et des perspectives, toute chose restant égale par ailleurs, avec les tendances observées au cours de la dernière décennie, le monde et en particulier l'Afrique et plus encore l'Afrique Orientale est de loin pouvoir relever le défi redoutable d'atteindre l'objectif « Faim Zéro » de l'Agenda 2030 des Objectifs du Développement Durable (ODD). On estime que le taux des personnes sous-alimentées en 2030 sera de 33,6% en Afrique de l'Est sans considérer l'impact de la pandémie de Covid-19.

Pour éradiquer cette insécurité alimentaire qui a fort longtemps secoué le continent, les chefs d'Etats africains ont élaborés des documents stratégiques et se sont fixés des objectifs mettant l'Agriculture et l'Agriculteur au centre du développement ce qui est une évidence pour un continent à vocation agricole à 48% de la population (70% pour l'Afrique de l'Est) et dont le PIB compte largement sur l'agriculture (NEPAD, 2013). Dans cette rubrique, la CEA est dotée d'une politique agricole et de développement rural depuis 2006. Elle a adopté un plan d'action sur la sécurité alimentaire en 2011, aligné sur les priorités du Plan Détaillé du Développement de l'Agriculture en Afrique (PDDAA)[1](NEPAD, 2013). Ces politiques ont permis une augmentation de la production mais la productivité est restée un désir à l'échelle continentale.

Malgré les efforts conjugués de ces politiques qui ont permis une hausse de la production en générale sauf pour ces dernières années que la production chute suite aux dérèglements climatiques, aux phénomènes d'El Niño et des sauterelles qui ont dernièrement dévastées les cultures, les prix agricoles ont gardé une volatilité à tendance haussière entraînant ainsi une baisse du pouvoir d'achat des ménages et implicitement une perte de valeur des monnaies locales.

Notre travail va alors montrer l'incidence de la volatilité des prix des produits alimentaires sur la production et l'accessibilité des produits agricoles, particulièrement le riz et le maïs ; produits qui constituent l'alimentation de base dans le bloc de la CEA et qui occupent une part importante dans l'apport calorique dans l'alimentation.

[1] Ce programme repose sur quatre piliers qui sont : (i) extension des superficies bénéficiant d'une gestion durable des terres et d'une maîtrise fiable des eaux ; (ii) amélioration des infrastructures rurales et des capacités commerciales d'accès aux marchés ; (iii) accroissement de l'approvisionnement en aliments, pour réduire la faim et améliorer la réaction aux crises alimentaires et (iv) amélioration de la recherche agricole, de la diffusion et de l'adoption de technologies (FAO, 2013)

## I.2. PROBLEMATIQUE

Les flambées et la volatilité des prix des produits alimentaires, et leurs conséquences pour la sécurité alimentaire sont une source grandissante d'inquiétude pour les responsables politiques, les milieux spécialisés et le grand public. Cela fait que de nombreuses études ont été consacrées à cette fin car c'est une question de fond de première importance partout dans le monde (HLPE, 2011). La sécurité alimentaire est devenue l'un des grands enjeux du développement des pays africains, et particulièrement pour les moins avancés d'entre eux comme les pays de la CEA. La faim constitue un élément majeur de l'insécurité alimentaire. Selon l'Indice de la faim dans le monde, l'Afrique est un « continent qui a faim » depuis longtemps (FAO, 2013).

Cependant, à cause d'un prix élevé de l'alimentation équilibrée (prix excédant le seuil international de pauvreté établi à 1,9$ à parité de pouvoir d'achat), 3 milliards de la population (pauvre) mondiale en 2017 ne pouvaient pas se procurer une alimentation saine et équilibrée (FAO *et al.*, 2020). Cela a fait que beaucoup de personnes, et plus particulièrement les femmes enceintes et allaitantes ainsi que les enfants souffrent des maladies non transmissibles résultantes de multiples fardeaux de la malnutrition.

Selon la FAO *et al.* (2019), en 2016, une femme en âge de procréer (15-49 ans) sur trois (32,8 pour cent) dans le monde souffrait encore d'anémie. Cela a des effets directs sur les fœtus car la dénutrition durant la période fœtale et les premiers mois de vie contribue à des problèmes de santé à la fois immédiats et à long terme : retard de croissance, cardiopathie coronarienne, accident vasculaire cérébral, diabète et obésité abdominale, sans compter le coût économique de la perte de capital humain. En Afrique, le taux des enfants de moins de 5ans en retard de croissance a légèrement baissé et a passé de 30,6% en 2012 à 30% en 2018, le taux d'enfants (-5 ans) souffrant d'émaciation était de 7,1% en 2018 tandis que ceux qui ont un excès pondéral ont légèrement augmenté passant de 4,8% en 2012 à 4,9% en 2018. En 2015, une naissance sur sept avait un poids insuffisant. L'insuffisance pondérale à la naissance augmente le risque de décès dans les 28 premiers jours d'existence ; les enfants qui survivent ont aussi un plus grand risque de présenter un retard de croissance et un quotient intellectuel (QI) diminué, puis de développer des maladies chroniques à l'âge adulte, dont l'obésité et le diabète.

Tous ces indicateurs de sous-alimentation reflètent l'insécurité alimentaire en ses différentes formes et sont le fruit probant d'une faible disponibilité et accessibilité des produits alimentaires au sein des familles. Depuis 2015, selon les données de la FAOSTAT, parmi les pays de la

CEA, seule la Tanzanie atteint la disponibilité alimentaire nécessaire en tenant compte de la référence établie à 2300 kcal/personne/jour.

C'est pour ces raisons que nous avons pensé à élucider le fardeau d'insécurité alimentaire qui pèse sur les ménages des anciens pays du bloc de la CEA à travers cette étude intitulée : « ***Impact de la volatilité des prix des principales céréales sur la sécurité alimentaire dans la CEA : Cas du Riz et du Maïs ».***

Dans la perspective de cette étude, on peut se poser la question : « A quelle degré la volatilité des prix impacte la sécurité alimentaire ? » A la suite de cette question principale, on peut également se poser les questions suivantes :

- Est-ce que la volatilité des prix des produits agricoles a-t-elle une incidence significative sur la production des produits de base ?
- Est-ce que la volatilité des prix des produits agricoles a-t-elle une incidence significative sur l'anémie chez les femmes en âge de procréer ?
- Quel est le rôle du changement climatique dans la production des principales denrées alimentaires ?

## I.3. OBJECTIFS

### I.3.1. OBJECTIF GENERAL

L'objectif général de cette étude est d'analyser l'incidence de la volatilité des prix agricoles sur la disponibilité et l'utilisation (nous avons pris la prévalence de l'anémie chez les femmes en âge de procréer comme indicateur de l'utilisation alimentaire) du riz et du maïs dans les pays de la CEA pour une période allant de 1966 à 2018 d'une part pour la disponibilité alimentaire et une période allant de 2000 à 2018 pour l'utilisation alimentaire.

### I.3.2. OBJECTIFS SPECIFIQUES

- Analyser les effets de la volatilité sur la production du riz et du maïs ;
- Analyser les effets de la volatilité sur la prévalence de l'anémie chez les femmes en âge de procréer ;
- Analyser l'impact des changements climatiques sur la disponibilité en quantité du riz et du maïs.

## I.4. HYPOTHESES

Pour trouver les réponses aux questions que nous nous sommes posées au niveau de la problématique, les hypothèses suivantes ont été formulées :

- La volatilité des prix influence négativement la quantité disponible des produits alimentaires ;
- Les gaz à effet de serre influencent négativement la quantité disponible des produits alimentaires ;
- La volatilité des prix influence positivement la prévalence de l'anémie chez les femmes en âge de procréer ;

# CHAPITRE II. REVUE LITTERAIRE

Ce chapitre est réservé à la littérature théorique et empirique. Nous avons pu parcourir en long et en large l'état de l'agriculture dans la région d'étude, le concept de la volatilité et de la sécurité alimentaire. Nous avons analysé ce que les autres auteurs ont parlé et comment ils ont pu appréhender ces deux thèmes. Dans la littérature théorique, nous avons distingué différents types de volatilité et dans la littérature empirique, nous avons répertorié différents auteurs qui ont traités des sujets similaires au nôtre.

## II.1. LITTERATURE THEORIQUE

### II.1.1. SITUATION DE L'AGRICULTURE DANS LA SOUS-REGION

Les pays de la CEA sont à vocation agricole. Cependant, la production et la productivité agricoles restent faibles par rapport aux normes mondiales (EAC, 2019). Les agriculteurs de la région ont des difficultés à augmenter la production et la productivité suite à des facteurs politiques, naturels et technologiques. Les problèmes politiques susceptible de limiter la production et la productivité saisissent spécifiquement un cadre juridique et réglementaire inadéquat et un cadre institutionnel faible. Les facteurs naturels qui limitent la productivité comprennent : la dégradation des ressources naturelles ainsi que le changement climatique. Les principaux facteurs technologiques comprennent ; utilisation limitée d'intrants améliorant le rendement tels que les semences améliorées, les engrais, le fourrage, les aliments pour animaux, les vaccins, le matériel et les machines agricoles. Ces défis s'accumulent aux mauvaises pratiques générales de gestion agricole. La majorité des agriculteurs de la CAE sont engagés dans une petite agriculture de subsistance sur de petit lopin de terre(Baptiste, 2017 ; Konandreas *et al.*, 2015). Ils sont confrontés à une multitude de défis tel que l'accès au financement pour acheter des intrants pour accroitre le rendement jumeler à l'instabilité des prix des produits agricoles sur le marché. Les problèmes transversaux affectant la production comprennent : l'incidence élevée de la pauvreté, l'inégalité entre les sexes et la non-inclusion des jeunes dans l'agriculture. La nature des défis auxquels la région est confrontée exige une stratégie qui applique un système de production agricole plus résilient.

### II.1.2. VOLATILITE

La volatilité est très souvent utilisée sur le marché des actifs financiers. Dans cette partie nous allons plus nous pencher dans le domaine de la finance car la notion de volatilité trouve une bonne définition dans ce domaine que dans d'autres. Selon Engle (2003), la volatilité est simplement due à l'arrivée de nouvelles informations sur le marché. La volatilité est une mesure de la variabilité du prix ou des quantités (Gilbert & Morgan, 2010) ou tout simplement la fluctuation du prix autour du prix d'équilibre de long terme (moyenne) ou de sa tendance (Kalkuhl *et al.*, 2016 ; Kane, 2018). En effet, selon Previdoli (2015), la valeur d'un actif financier dépend du gain futur que les investisseurs espèrent recevoir de par sa détention. Pour les entreprises agricoles, White & Dawnson (2005) soulignent que les décisions de plantation sont prises sur la base du prix attendu à la récolte. Conséquemment, une hausse des prix pourrait donner aux producteurs la possibilité d'augmenter leur production et leurs profits et constituer un signal de marché indiquant la nécessité de produire plus (White & Dawnson, 2005 ; Kamgnia, 2011). Or, ce revenu est incertain car il dépend de la situation économique future de l'entreprise et de son environnement qui sont tous inconnus au moment de l'investissement. Dans l'objectif d'estimer un prix équitable d'un actif, les investisseurs établissent des prévisions à base des informations qu'ils disposent en temps réel. La diffusion de nouvelles informations par la suite nécessite une révision des prévisions, puis une réévaluation de la valeur de l'actif, expliquant ainsi la fluctuation de sa cote.

La volatilité est alors une mesure importante car elle renseigne sur l'incertitude ou le risque que peut comporter l'investissement. Par exemple, une volatilité élevée signifie que le prix de l'actif peut potentiellement évoluer de manière importante en un court laps de temps, tant à la hausse qu'à la baisse (Previdoli, 2015). La disposition d'un investisseur à accepter une volatilité élevée dépendra de son profil et du rendement souhaité.

Il existe deux types de volatilités distinctes : la volatilité historique et la volatilité conditionnelle

#### *II.1.2.1. VOLATILITE HISTORIQUE*

La volatilité historique (ex post) ou non conditionnelle suppose une variance constante au cours du temps et mesure uniquement la variabilité réalisée des prix d'un article sur une longue série d'observations (Previdoli, 2015 ; Kalkuhl *et al.*, 2016 ; Algieri & Leccadito, 2019 ; Beauchamp, 2019) et permet de mesurer la dispersion des valeurs d'une série par rapport à la moyenne (Traore & Diop, 2021) . La volatilité ex-post est calculée en faisant l'écart-type annualisé du prix du produit :

$$HV = \left[ \frac{1}{n-1} \sum (r_t - \bar{r})^2 * 365 \right]^{0,5} \quad (1)$$

Avec $r_t = \ln\left( \frac{p_t}{p_{t-1}} \right)$ et $\bar{r} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{t} r_t$

Où $p_t$ est le prix de clôture et $r_t$ le rendement.

La volatilité historique (HV) est facilement interprétable mais possède un désavantage de ne pas pouvoir permettre une comparaison de la volatilité entre deux séries ou distributions de valeurs ayant des échelles ou des unités de mesure différentes (Traore & Diop, 2021). Pour résoudre ce défi, le Coefficient de Variation (CV) est utilisé. Le CV est une mesure de dispersion relative et est défini comme suit :

$$CV = s / \mu \quad (2)$$

Avec $s$ qui est l'écart-type et $\mu$ la moyenne de la série de la variable d'intérêt considérée pour l'étude (Minot, 2012). Le $CV$ est pour la plupart des cas exprimé en pourcentage et plus il est élevé, plus la dispersion des valeurs autour de la moyenne est grande (Tathova, 2011). Dans le cas d'une analyse de volatilité des prix, le $CV$ est pratique pour déterminer le degré de volatilité-prix et pour comparer la volatilité-prix de divers produits et pour différentes périodes (Piot-lepetit & M'Barek, 2011; Minot, 2012 ; Traore & Diop, 2021).

Pourtant, les séries des prix sont moins fréquemment stationnaire ce qui offre un désavantage à ces deux mesures de la variabilité des prix (Minot, 2012). Il convient alors de recourir à d'autres types d'analyse permettant de traiter une analyse des séries non stationnaires, donc des séries qui ont une volatilité non constante.

#### *II.1.2.2. VOLATILITE CONDITIONNELLE*

La volatilité conditionnelle (dynamique) ou ex-ante fait référence à la prédiction de la volatilité future du marché à base des informations disponibles. La littérature s'accorde sur un point commun que les séries des prix des biens économiques ont une tendance (Gilbert & Morgan, 2010) (les prix agricoles en ont ou pas, ils démontrent souvent une saisonnalité) ce qui nécessite des analyses standards ou économétriques permettant de prendre en compte le fait que la variance peut changer avec le temps (Kane *et al.*, 2017). Avec respect, le tout premier modèle à pouvoir traiter ce genre de problème fût le fameux modèle de Black & Scholes (1973) qui traite jusqu'à nos jours la volatilité implicite. Elle permet de prédire la volatilité future d'un

actif et ainsi trouver le prix d'achat (*Call*) ou de vente (*Put*) d'une option et nécessite les éléments suivants pour son calcul :

- La date d'expiration $T$ ,
- Le prix d'exercice $K$
- Le prix du sous-jacent $S$ ,
- Le dividende si existant,
- Le taux d'intérêt répandu sur le marché $r$ ,
- La volatilité $\sigma$ .

Voici les fameuses formules de BS[2] permettant de calculer le *Call* (C) et le *Put* (P) :

$$C = S_0 N(d_1) - K e^{-rT} N(d_2) \quad (3)$$

$$P = K e^{-rT} N(-d_2) - S_0 N(-d_1) \quad (4)$$

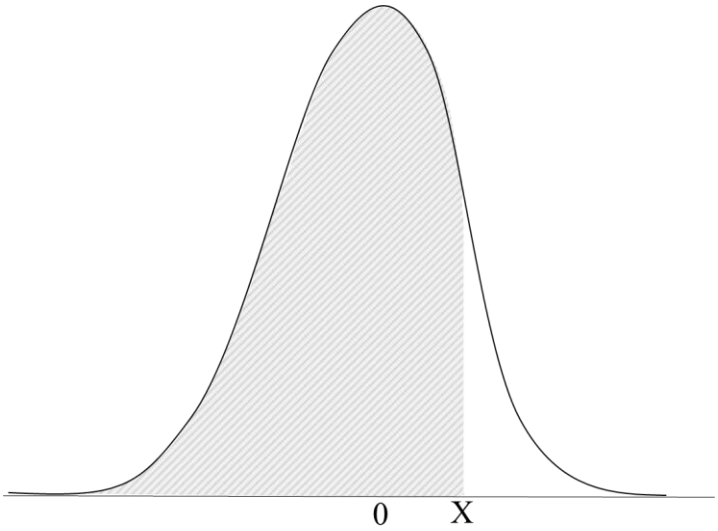
Où :

$$d_1 = \frac{\ln(S_0 / K) + (r - \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}} \quad (5)$$

$$d_2 = \frac{\ln(S_0/K) + (r - \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T} \quad (6)$$

[2] Consulter (Hull, 2002) pour aller plus loin.

***Figure II-1: La face hachurée représente*** $N(X)$




Source : Hull (2002)

La fonction $N(x)$ est la fonction de distribution de probabilité cumulée pour une variable avec une distribution normale standard. En d'autres termes, c'est la probabilité qu'une variable avec une distribution normale standard soit inférieure à $x$ . Il est illustré à la Figure II-1. Les variables $C$ et $P$ sont le prix d'achat et de vente européen, $S_0$ est le cours de l'action au temps zéro, $K$ est le prix d'exercice, $r$ est le taux sans risque composé en continu, $\sigma$ est la volatilité du cours de l'action, et $T$ est le temps jusqu'à l'échéance de l'option.

Jusqu'ici, les outils empruntés pour mesurer la volatilité supposent l'hypothèse que la volatilité est homoscédastique (constante) alors que c'est le cas rare pour les prix des produits alimentaires et des actifs financiers (Bollerslev *et al.*, 1994). La famille de modèle ARCH (Autoregressive Conditional Heteroscedasticity) introduite par Engle (1982) se base sur un paramétrage endogène de la variance conditionnelle, permettant de modéliser ce type de caractéristique. Les processus ARCH et GARCH sont les plus largement utilisés pour prédire la volatilité mais le plus souvent les modèles de famille GARCH ont une grande réputation du fait qu'ils estiment la volatilité conditionnelle sur base des chocs et volatilités antérieures (Andersen et al., 2014 ; Kalkuhl *et al.*, 2016). L'idée derrière ces deux processus est qu'ils nous permettent d'estimer la volatilité du processus en fonction de ses valeurs historiques. En pratique, la différence majeure réside dans le fait que les processus ARCH utilisent un modèle moyenne mobile (MA) (Beauchamp, 2019) pour estimer la volatilité, tandis que les processus GARCH généralisent les processus ARCH en utilisant un modèle ARMA qui prend en compte l'effet de mémoire permanent de la volatilité (Traore & Diop, 2021).

Le processus ARCH(q) introduit par Engle (1982) est définit de la manière suivante :

En supposant le processus suivant concernant l'innovation $\varepsilon_t$ du rendement $r_t$ d'un actif, on a

: $r_t = \mu + \varepsilon_t$ (7)

Avec $\varepsilon_t \sim N(0, h_t)$

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{p} \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 \equiv \alpha_0 + \alpha_i(L)\varepsilon_{t-i}^2 \quad (8)$$

Où $L$ indique l'opérateur de retard ; $L^i y_t \equiv y_{t-i}$. Pour que ce modèle soit bien défini et que la variance soit strictement positive, il faut que ses paramètres remplissent les suivantes conditions : $\alpha_0 > 0 et \alpha_1, \alpha_2, ....., \alpha_q \geq 0$.

Dans les applications empiriques du modèle ARCH, on fait souvent appel à plusieurs retards dans la spécification de l'équation de la variance conditionnelle, et pour éviter le problème avec la variance négative

Dans les applications empiriques du modèle ARCH, un décalage relativement long dans l'équation de la variance conditionnelle est souvent requis, et pour éviter les problèmes avec les estimations négatives des paramètres de variance, une structure de décalage fixe est généralement imposée (Engle, 1982). C'est dans cette optique qu'il semble d'un intérêt pratique immédiat d'étendre la classe de modèles ARCH pour permettre à la fois une mémoire plus longue et une structure de décalage plus flexible (Bollerslev, 1986). Cela est alors possible tout en laissant $\varepsilon_t$ désignées un processus stochastique à temps discret à valeur réelle, et $\psi_t$ ; l'ensemble d'informations disponibles au cours du temps *t*. Le processus GARCH (p, q) (Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity) est alors donné par :

$$\varepsilon_t \mid \psi_{t-1} \sim N(0, h_t),$$

$$\begin{aligned} h_t &= \alpha_0 + \sum_{i=1}^{q} \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^{p} \beta_i h_{t-i} \\ &= \alpha_0 + A(L)\varepsilon_t^2 + B(L)h_t \end{aligned} \quad (9)$$

Où:

$p \geq 0, \quad q > 0$

$\alpha_0 > 0, \quad \alpha_i \geq 0, \quad i = 1,\ldots\ldots,q$

$\beta_i \geq 0, \quad i = 1,\ldots\ldots,p$

Lorsque $p = 0$ le processus est réduit au processus ARCH(q), et si $p = q = 0$ $\varepsilon_t$ est simplement un bruit blanc. Dans le processus ARCH(q), la variance conditionnelle est spécifiée comme une fonction linéaire des variances d'échantillon passées uniquement, tandis que le processus GARCH (p, q) autorise également l'entrée de variances conditionnelles décalées. Cela correspond à une sorte de mécanisme d'apprentissage adaptatif. Le modèle de régression GARCH(p,q) est obtenu en laissant les $\varepsilon_t$ être des innovations dans une régression linéaire

$$\varepsilon_t = Y_t - X_t^{'} b \qquad (10)$$

Où $Y_t$ est la variable dépendante, $X_t$, un vecteur de variables explicatives et $b$ un vecteur de paramètres inconnus.

### II.1.3. VOLATILITE DES PRIX AGRICOLES ET SECURITE ALIMENTAIRE

La volatilité des prix alimentaires et ses implications sur la sécurité alimentaire ne sont pas une préoccupation récente pour les chercheurs. En 1966, Abel a trouvé que les causes des crises liées aux prix des denrées alimentaires ont changé avec les contextes politico-économiques comme la transmission des crises des milieux ruraux ; de l'agriculture aux zones urbains et la prévalence des crises régionales ont changé en raison plus ou moins de l'intégration des marchés. Elle gagné le cœur des débats des décideurs politiques après la crise alimentaire des années 70. Selon Valdes en 1981, les analyses des crises alimentaires des années 70 se sont concentrées sur les chocs de production et commerciaux, et de ce fait le concept large de sécurité alimentaire a évolué. Aujourd'hui, rentrer dans le bercail de la volatilité des prix alimentaires est de très grande importance en raison des changements contextuels supplémentaires et des progrès dans les méthodes d'étude des causes et des effets.

La volatilité mesure l'ampleur et la rapidité de l'évolution du prix d'un actif sur une période donnée comme le prix du produit agricole par exemple. Bien que ce concept paraisse évident, une définition précise de la volatilité est approximative et l'estimation est entachée de subjectivité. En théorie économique, la volatilité est liée à deux concepts : le premier décrit l'évolution des variations du prix tandis que le second fait référence aux variations imprévisibles (FAO, 2010). Donc, elle décrit l'ampleur des fluctuations des prix, le risque de changement de prix important et imprévu (Kalkuhl *et al.*, 2016).

En principe, la fluctuation des prix est un attribut normal et une condition essentielle au bon fonctionnement d'un marché concurrentiel. Economiquement parlant, une ressource ou un bien rare est cher et des investissements importants sont alloués dans la production de ce bien (FAO, 2010). Cependant, l'efficacité du système des prix commence à flancher lorsque les fluctuations sont incertaines et sujettes de fortes oscillations sur une période prolongée.

Dans ces dernières décennies, il se remarque une volatilité notoire des prix alimentaires et agricoles. Cet effet a de lourdes conséquences dans les pays en développement surtout pour les ménages à faibles revenus qui consacrent une part importante de leur revenu essentiellement pour la consommation alimentaire (Kornher & Kalkuhl, 2013). Une forte volatilité des prix a donc pour conséquences la réduction des échanges commerciales c'est-à-dire : les consommateurs réduisent la quantité du bien et les producteurs sont découragés à la production de ce bien (Haile *et al.*, 2013). Cela entraîne alors la réduction du panier du consommateur en cas de la flambée des prix car la substitution n'est pas du tout évidente dans le court terme pour les ménages à revenus maigres et en cas d'une chute énorme, les producteurs sont fauchés.

L'instabilité des prix constitue alors l'un des problèmes prioritaires auxquels les politiques agricoles tentent de répondre en raison de leur impact de court terme sur le pouvoir d'achat des consommateurs, mais aussi de long terme sur l'incitation qu'ont les producteurs à produire davantage. Il est alors évident que les prix constituent des variables cruciales dans la prise de décision concernant la production (disponibilité physique) et la consommation (accessibilité économique) des produits (Kalkuhl *et al.,* 2016).

Par conséquent, une grande partie du débat concernant les différentes approches politiques de la production agricole et la sécurité alimentaire tourne toujours autour du dilemme politique traditionnel qui est soit l'adoption des prix élevés pour soutenir la production soit les prix bas pour encourager la consommation (Timmer *et al.,* 1983). Des prix agricoles et alimentaires élevés pourraient déboucher à une surproduction et améliorer la disponibilité physique tout en rendant la consommation plus coûteuse et réduisant ainsi l'accessibilité économique. L'inverse aggraverait la disponibilité physique mais améliorerait l'accès économique.

La volatilité des prix des denrées alimentaires est alors étroitement liée au concept de sécurité alimentaire, c'est-à-dire à ses quatre piliers que sont la disponibilité, l'accès économique et physique à la nourriture, l'utilisation et la stabilité alimentaire dans le temps. La lenteur des progrès dans la réduction de la faim et la malnutrition et le rôle des marchés agricoles instables dans les crises alimentaires de 2007/2008 et de 2010 ont alimenté les inquiétudes concernant la stabilité et la fiabilité du système alimentaire mondial. Donc ; ils sont tous les deux intimement liés à tel point que parler de l'un fait insinuer l'autre.

La sécurité alimentaire quant à elle est un concept qui trouve racine profonde d'une façon indirecte dans la Déclaration Universelle des Droits de l'Homme ratifié en 1948 dans laquelle on reconnaît en son article 25 le droit à l'alimentation suffisante pour tous. Le Conseil Alimentaire Mondial reprit le thème en 1974 et déclara que : "Chaque homme, femme et enfant a le droit inaliénable d'avoir à manger et ne doit pas souffrir de malnutrition afin de se développer pleinement et de conserver ses facultés physiques et mentales".

La FAO (1996) a alors défini la sécurité alimentaire au milieu des années 80 comme étant l'accès pour tout le monde et à tout moment à une nourriture suffisante afin de mener une vie active et saine. L'individu est l'élément central de cette définition. Afin d'arriver à une bonne situation nutritionnelle pour chaque individu, il faut à chaque fois passer par les étapes suivantes :

a) Mettre à disposition une alimentation suffisante ;
b) Permettre l'accès individuel à une alimentation suffisante et adéquate ;
c) Acquérir individuellement une alimentation suffisante et adéquate ;
d) Consommer individuellement une alimentation suffisante et adéquate ;
e) Digérer l'alimentation consommée.

Le concept de la sécurité alimentaire a évolué au fil des années. Dans les années 70, le déficit au niveau de la consommation alimentaire était principalement attribué à une offre insuffisante et non garantie de nourriture (étape a) sur le plan national et international, pour laquelle la quantité nécessaire était calculée sur la base de besoins physiques objectivement établis. Sen (1981) a lancé l'idée dans les années 80 que ce n'était pas tant une offre insuffisante et non garantie de nourriture qui était à la base de la famine et de la sous-alimentation mais bien une carence dans l'accès aux denrées alimentaires. Les famines se sont d'ailleurs souvent présentées dans un environnement où la nourriture abonde. La disponibilité alimentaire est seulement une condition nécessaire, mais pas du tout suffisante à la consommation alimentaire (étape b). En outre, la recherche sur le terrain apprend pourtant que même un accès assuré à une alimentation en suffisance ne constitue pas la garantie d'un bon état nutritionnel. La nourriture doit être obtenue (étape c). Ainsi ceux qui se trouvent en insécurité alimentaire préfèrent parfois avoir faim plutôt que de vendre directement une partie de leurs actifs en échange de denrées alimentaires. Le capital physique peut être divisé en capital productif tel que la terre, les animaux, les arbres, l'équipement, et en capital non productif tel que les bijoux, une habitation et l'épargne. Le capital humain d'une personne comprend son travail, sa connaissance technique et sa santé. Son capital social se construit à partir de sa position sociale, de sa famille, de sa parenté et de son cercle d'amis. Un individu vit généralement dans une famille. Ainsi l'acquisition finale de la nourriture se fait au niveau de la famille, tandis que la consommation réellement individuelle est aussi définie par la répartition à l'intérieur de la famille. Le rôle de la femme semble être ici crucial (étape d). Pour arriver à un bon état nutritionnel, la santé, les soins portés aux enfants et l'environnement sanitaire jouent finalement aussi un rôle important (étape d-e). La voie vers une bonne situation nutritionnelle se trouve donc parsemée d'obstacles.

### II.1.4. CROISSANCE DEMOGRAPHIQUE ET DISPONIBILITE DES PRODUITS AGRICOLES

La disponibilité de nourriture suffisante pour une population croissante est une préoccupation majeure des pays aussi développés qu'en développement. Dans son Essai « Principe de la population » ; Malthus (1798) indique que la pénurie alimentaire est un problème important pour la population croissante du globe. Ainsi, il développa un cadre théorique entre la capacité de production de la terre et la croissance démographique. Il conclut en disant que le pouvoir de la population est indéfiniment plus grand que le pouvoir de la terre de produire la subsistance de l'homme. La réalité environnementale témoigne que la disponibilité d'eau potable et de terres cultivables se raréfie alors que la population croît à un rythme constant. Cette augmentation alarmante de la population place l'être humain dans une famine universelle comme l'affirme Malthus dans son Essai ; ce qui est d'ailleurs le cas actuel selon FAO *et al.* (2015) la cause de l'accroissement nombre des personnes sous-alimentées dans le monde.

Une croissance démographique modérée a des effets positifs sur le niveau de vie à long terme tant dans les pays développés que dans les pays en développement comparé avec une croissance stationnaire ou rapide de la population. Cela paraît évident du fait que chaque personne additionnelle exerce une pression des besoins à ses parents, la société ainsi qu'à l'environnement (Simon, 2012). Certains auteurs tel que Simon (2014) soulignent que les données empiriques ne supportent pas ce seul point de vue priori de Malthus à l'aide des exemples historiques concrets ; la croissance démographique peut être un atout pour les pays en développement. Mais le phénomène le plus important dans l'étude de la population est le changement de la taille de la population par le fait qu'il affecte les ressources disponibles pour les gens. La richesse d'un groupe de gens ou de sa progéniture (en nourriture, produits manufacturés, espace et autres ressources) est fortement corrélée avec la taille de la population. Les ressources sont la principale raison pour laquelle l'étude de la population est importante, et les ressources sont l'objet de l'économie.

A l'échelle mondiale, le continent africain connaît une croissance galopante de la population et plus particulièrement l'Afrique subsaharienne. Les pays du bloc de la CEA viennent dans plus proches rangs des pays avec une forte croissance, dont l'Ouganda en premier lieu avec sa 5è place suivi par le Burundi (9è place) avec un taux de 2,94% en 2020[3]. Dans cette région, connaissant une croissance accélérée de la population, elle connaît également un taux de sous-alimentation très prononcé car dans quatre personnes une personne souffre de sous-alimentation (Rabin, 2011 ; Hall *et al.*, 2017).

[3] https://www.indexmundi.com/g/r.aspx?v=24

Alors que la population augmente avec une croissance exponentielle, les ressources ne suivent pas cette cadence. Cet effet a de multiples retombés sur cette même population et sur l'environnement puisque l'augmentation de la population implique un accroissement de la demande de biens et services ce qui implique une pression supplémentaire sur l'environnement (Guillebaud & Hayes, 2008). Comme la production ne suit pas le rythme de la population, un accroissement sans précédent de différentes formes de malnutrition s'observe dans différentes tranches d'âges du tissu social. Conscient de ce phénomène, l'homme cherche à résilier ce déficit par l'intensification et l'industrialisation ce qui entraîne l'érosion de la biodiversité et de l'environnement en général soit par pollution (émission des GES et pollution du sol) ou par extension des terres arables (implication sur la déforestation), etc (Guillebaud & Hayes, 2008). Ce phénomène nous place à juste face d'un effet boule de neige que la race humaine ne sera plus capable de se dégourdir sauf par prise de conscience.

### II.1.5. SECURITE ALIMENTAIRE ET CHANGEMENT CLIMATIQUE

Le système alimentaire est depuis longtemps sous la pression des facteurs de stress de nature non climatiques ; à savoir la croissance démographique et des revenus, la demande de produits d'origine animale, et du changement climatique. Ces stress climatiques et non climatiques ont des implications directes sur la sécurité alimentaire (en ses quatre piliers : disponibilité, accessibilité, utilisation et stabilité). Le changement climatique est un des principaux enjeux que le monde a voulu dompter mais qui reste sans issue et cela est plus particulièrement dans les pays en développement.

Selon Kinda & Badolo (2019), la plupart des pays en développement sont très vulnérables aux chocs climatiques du fait que leurs économies reposent sur un secteur (agriculture) qui est tellement sensible aux changements climatiques. La majorité des personnes dépendent de ce secteur et il contribue énormément au PIB, les pays africains sont les plus vulnérables aux dérèglements climatiques en diminuant la production agricole, induisant ainsi l'accroissement de l'insécurité alimentaire et d'autres diverses maladies (Ikeme, 2003). Battisti & Naylor (2009) soulignent que des températures plus élevées pendant la période de croissance peuvent avoir un impact significatif sur la productivité agricole, les revenus agricoles ainsi que la sécurité alimentaire. La variabilité et le changement climatique affectent la production agricole, mais les effets peuvent différer d'une culture à une autre (Ochieng *et al.*, 2016). Pour chaque augmentation de température de 1°C, il y a diminution progressive du taux de photosynthèse des feuilles des plantes.

Ben-Asher *et al.* (2008) ont trouvé que chez le maïs, un taux plus élevé de photosynthèse est obtenu avec une température de 25/20°C (éclairé/obscur) alors que ce taux peut diminuer jusqu'à 60% lorsque la température passe à 40/35°C. Ils ont également constaté que l'exposition du maïs à des températures de 35°C a entraîné des réductions de rendement drastiques causées par les effets de la température sur la pollinisation et la nouaison des grains. Herrero & Johnson (1980) et Dupuis & Dumas (1990) ont observé que l'exposition du maïs à une température de 35°C est mortelle pour la viabilité de son pollen. Pour le riz, une diminution très prononcée de la germination des graines à haute température a également été constatée. Jagadish *et al*. (2007) ont observé que l'exposition du riz au pic de l'anthèse à 34°C pendant 1h vers 11h00 provoque la stérilité, tandis que Satake & Yoshida (1978) ont prouvé que l'exposition des épillets de riz à 35°C pendant 5 jours à l'anthèse induit une stérilité complète. Chez le riz, Matsui *et al.* (1997) ont observé une variation génotypique de la stérilité des épillets à haute température attribuée aux différences de seuil de température requis pour induire la stérilité (Nakagawa *et al.*, 2002).

En plus de ces derniers effets, les températures chaudes peuvent influencer chez les plantes l'augmentation des attaques des insectes ou des maladies fongiques ce qui a une incidence directe sur la diminution de la production s'ils ne sont pas traités. Battacharjee *et al.* (2011) ont démontré que l'observation des périodes de sécheresse très fréquentes traduit chez les cacahuètes l'augmentation du risque de contamination par l'aflatoxine qui est un carcinogène très dangereux pour la santé alors que l'augmentation des précipitations à un niveau indésirable provoque chez les arachides l'incidence des maladies virales et surtout au lendemain de la récolte, elles entraînent le retard de maturité des graines ce qui, potentiellement augmentera pendant le stockage le niveau de mycotoxine comme l'aflatoxine et qui, plus tard diminue le taux de germination des semences. Également, des précipitations élevées peuvent inhiber la croissance normale chez certaines plantes comme le haricot et peuvent aussi entraîner une perte de récolte si elles surviennent au lendemain des récoltes. Les effets du changement climatique ne se limitent pas seulement à la disponibilité, ils peuvent jusqu'à perturber l'accessibilité.

Selon Kinda & Badolo (2019), la variabilité climatique peut affecter directement ou indirectement les revenus agricoles ce qui entraîne des effets sur la sécurité alimentaire. Cette réduction des revenus agricoles va alors contaminer d'un dysfonctionnement global l'économie considérée par réduction de la demande des biens et services. Il s'ensuit alors une baisse de la croissance nationale (croissance économique) par diminution des recettes gouvernementales (taxes). La variabilité climatique devient dans ce cas un facteur contribuant à l'insécurité alimentaire puisqu'elle fait que le gouvernement n'a plus la capacité ni de s'approvisionner sur le marché extérieur les produits alimentaires pour combler le déficit intérieur, ni investir dans les services et technologies qui appuient la croissance de la production agricole ni pouvoir financer les services publics et investir dans la santé et éducation. Tous ces effets conjugués débouchent à l'inflation.

### II.1.6. INFLATION (AGRICOLE) ET ACCESSIBILITE DES PRODUITS AGRICOLES

Mesurée par l'indice des prix à la consommation (IPC), l'inflation est un facteur pouvant inciter les producteurs et qui entraîne la sécurité alimentaire et sociale. Selon Mundlak *et al.* (1997), l'inflation est une mesure incitative pouvant affecter la productivité au-delà de son effet indirect résultant de l'allocation et de l'accumulation des ressources à travers l'investissement. Selon Goetz & Weber (1986), ce sont les prix qui conduisent à des revenus qui offrent des incitations aux participants par le biais de récompenses (bénéfices) et de pénalités (pertes). Les prix servent donc de moyen efficace pour rechercher les possibilités et le potentiel de production, ainsi que pour allouer ressources rares au sein d'une économie. Mundlak *et al.* (1997) soulignent alors que l'inflation est un risque de marché à l'échelle de l'économie, elle mesure la volatilité des prix pour l'ensemble de l'économie. Ainsi, l'inflation agricole est calculée comme le taux de variation du déflateur de la somme des valeurs ajoutées agricoles. Cependant, il est possible que l'inflation influence la capacité des producteurs à gérer le risque de prix, en réduisant les prix réels payés aux producteurs ainsi que la valeur réelle de leur épargne.

Subervie (2007) souligne qu'à la suite d'un choc des prix, les producteurs qui n'ont pas constitué une épargne de précaution sont probablement sous le risque de réduire leur offre du fait que le stock de capital a été affecté ou bien parce qu'ils peuvent entreprendre une nouvelle activité qui comporte moins de risque par rapport à l'agriculture. Selon la gravité du choc (forte instabilité de prix), les producteurs peuvent être contraints jusqu'à liquider leurs actifs ce qui n'a aucunement de profit (Rosenzweig & Wolpin, 1993). Toutefois, les producteurs peuvent adopter une stratégie de réduction de leur consommation au lieu de liquider leurs actifs productifs.

Pour ce qui est des consommateurs, suite à l'inflation, ils sont contraints de réduire leurs paniers. Par exemple, en Avril 2020, au Burundi le taux d'inflation des produits alimentaires s'établissait à +3,6% (ISTEEBU, 2020). Cela fait que la part des revenus des ménages consacrés s'élève de plus en plus. Les résultats de l'étude du PAM (2017) révèlent une moyenne de dépenses alimentaires de 67,62% avec des différences significatives entre zones de moyens d'existence. Cela faisant, les données de la Banque Mondiale montre que le revenu par habitant ne cesse de dégringoler depuis 1991 pour ledit pays. Selon OCDE (2011), chez les consommateurs plus vulnérables dont la part du budget alimentaire atteint parfois les $^{3}/_{4}$ des dépenses du ménage, l'inflation pousse à consommer des aliments de substitution à faible valeur nutritive, à réduire les quantités journalières, à abandonner certaines dépenses de santé et

d'éducation, ou bien même arriver à vendre des moyens de production pour le cas des petits fermiers (y compris les animaux reproducteurs pour les agro-pasteurs).

Les travaux de recherche menés par la FAO en Afrique orientale et australe sur l'impact de la hausse des prix 2007-08 révèlent qu'au Malawi, par exemple, une augmentation de 50% du prix des produits alimentaires entraînait un accroissement de 9,7% du budget alimentaire, et ce malgré une réduction de 8,5 % de la consommation journalière de maïs. Ainsi, la hausse des prix entraînait plus de ménages vulnérables dans la pauvreté et l'insécurité alimentaire : + 5,4% de ménages en insécurité alimentaire en Zambie et plus 16 % au Malawi.

Selon Rapsomanikis (2009), dans sa simulation de l'impact des hausses de prix sur la sécurité alimentaire au Malawi, en Zambie et en Ouganda, une augmentation de 50 % du prix de toutes les céréales conduirait les consommateurs à réduire leur consommation de maïs de 8,5 pour cent au Malawi et de 15,6 pour cent en Zambie. Il a également trouvé que les ménages non pauvres et en situation de sécurité alimentaire réduisaient la consommation de ce principal aliment de base plus que ne le faisaient les ménages pauvres et en situation d'insécurité alimentaire (réduction de 4,4% contre 11,8 % pour les ménages riches et en situation de sécurité alimentaire).

## II.2. LITTERATURE EMPIRIQUE

### II.2.1. DISPONIBILITE

Pour Deniz *et al.*(2020) en réexaminant le lien qui est entre la croissance économique et la volatilité, l'impact de la volatilité sur la croissance s'avère significatif et positif pour sept groupes de pays sur neuf. À l'exception des deux groupes de pays, à savoir les marchés émergents (ME) et les pays les moins avancés (LD), ils ont soutenu qu'une volatilité plus élevée est associée à une croissance plus élevée. L'impact de la croissance sur la volatilité, qui est capturé par $\mu$ , varie également d'un groupe à l'autre. Cet effet s'avère significatif dans sept des neuf groupes de pays, à l'exclusion des groupes de pays les moins avancés et de l'UE. Parmi ces sept groupes, cinq reflètent un effet positif, à l'exception des pays développés non européens et du groupe MENA (Middle East and North Africa). Un résultat positif suggère qu'une croissance plus élevée entraîne une volatilité plus élevée, ce qui implique que plus la croissance est élevée, moins elle est prévisible. La variable institutionnelle est observée comme étant significative pour sept des neuf groupes de pays à l'exception de EM et SS. Pour quatre groupes de pays sur sept (hors UE, SA, LA&C, LD), ils ont observé un impact négatif sur la croissance. Ils ont fait qu'une augmentation de la variable institutionnelle fait référence à une baisse de la qualité institutionnelle. Ainsi, pour la majorité des groupes de pays, l'augmentation de la qualité institutionnelle augmente la croissance. Pour les autres groupes de pays (UE, MENA et EA), la variable institutionnelle reflète un impact positif, c'est-à-dire que la qualité institutionnelle entrave la croissance, ce qui peut être attribué aux procédures bureaucratiques. En ce qui concerne l'effet sur la volatilité, noté $\nu c$ , tous les groupes à l'exception de SA reflètent un impact positif, suggérant que plus la qualité institutionnelle est bonne, plus le taux de volatilité de la croissance sera faible. On observe que l'ouverture commerciale $(\tau)$ contribue au taux de croissance dans tous les groupes à l'exception des NEU et LA&C et contribue à réduire la volatilité $(\nu t)$ en Afrique du Sud, MENA et EA. Pour les groupes de pays NEU, EM et SS, l'ouverture commerciale augmente la volatilité de la production. Les dépenses publiques $(\theta)$ n'affectent positivement la croissance que pour les pays de la région MENA. Les résultats négatifs obtenus pour SA, LA&C et EA sont cohérents avec la théorie néoclassique selon laquelle une augmentation des dépenses publiques est susceptible d'augmenter les taux d'intérêt, ce qui réduira encore la croissance de la production dans un contexte dynamique. L'effet des dépenses publiques sur la volatilité $(\nu g)$ semble être significatif dans sept groupes de pays à l'exclusion des ME et LA&C. Pour deux d'entre eux (SS, LD), une augmentation des dépenses

publiques pousse la volatilité à la hausse, alors que pour cinq d'entre eux, l'effet est en sens inverse. Ils ont trouvé aussi que le coefficient autorégressif de l'équation de la moyenne, $\alpha$, s'avère être significatif pour tous sauf pour les pays les moins avancés qui néglige la persistance de la croissance pour ces pays comme attendu en raison de leurs structures économiques instable et imprévisible. Leur analyse est basée sur un modèle GARCH-M en panel qui est le suivant :

$$y_{i,t} = \beta + \alpha\, y_{i,t-1} + \kappa\sigma_{i,t} + \eta CL_{i,t} + \theta GOV_{i,t} + \tau TO_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \qquad (11)$$

Avec la variance conditionnelle et le processus de covariance qui sont définies par les équations suivantes respectivement :

$$\sigma^2_{i,t} = \varphi_i + \delta\sigma^2_{i,t-1} + \gamma\varepsilon^2_{i,t-1} + \mu\, y_{i,t-1} + \nu_c CL_{i,t} + \nu_t TO_{i,t} + \nu_g GOV_{i,t} \qquad (12)$$

$$\sigma_{i,t} = \phi_i + \lambda\sigma_{i\,j,t-1} + \rho\varepsilon_{i,t-1}\,\varepsilon_{j,t-1} + \zeta_c CL_{i,t} + \zeta_t TO_{i,t} + \zeta_g GOV_{i,t} \qquad (13)$$

Avec $y$ la croissance de la production captée par le taux de croissance du PIB à prix constant. La volatilité est l'écart type conditionnel d'un modèle GARCH-M de panel augmenté pour inclure des régresseurs supplémentaires qui se répartissent en trois catégories principales à savoir l'ouverture, les variables institutionnelles et politiques. L'ouverture commerciale, $TO$, a été choisie comme approximation de l'ouverture étant donné la disponibilité des données pour l'ensemble des pays qu'ils avaient à leur disposition. Elle est définie comme le total des importations et des exportations en tant que ratio du PIB. Comme variable de politique, ils ont choisi les dépenses publiques, $GOV$, pour la même raison, exprimées en ratio du PIB. L'indice des libertés civiles (CL) a été choisi comme indicateur des institutions car il présente plus de variations dans le temps que l'indice des droits politiques. Les indices prennent des valeurs de 1 à 7, où i correspond au niveau de liberté le plus élevé (le plus libre) et 7 au niveau le plus bas (le moins libre). L'étude porte sur une période allant de 1970 à 2014 pour 82 pays répartis selon leur niveau développement.

Haile *et al.* (2014) trouve en utilisant les Méthodes Généralisés des Moments (GMM) qu'en général, la superficie et le rendement aux prix propres sont positives et statistiquement significatif en réponse à la production agricole. Les résultats indiquent que des prix de production plus élevés incitent les producteurs à augmenter la superficie et à investir dans l'amélioration du rendement des cultures, ce qui implique que la réponse de l'offre alimentaire mondiale aux prix semble se produire via les changements de superficie et de rendement. La réponse de la production aux prix propres est plus importante que les réponses respectives de la superficie et du rendement (à l'exception de la réponse du rendement du blé). Les réponses

de la superficie et du rendement aux prix sont de même ordre de grandeur. Le modèle utilisé est le suivant :

$$Q_{ik,t} = \pi Q_{ik,t-1} + \sum_{j=1}^{4} \alpha_{ij}\, p_{jk,t_k} + \sum_{j=1}^{4} \varphi_{ij} Vol(p)_{jk,t_k} + \lambda_{i1} W_{ik,t_k} + \lambda_{i2} YS_{ik,t_k} + \mu_{i,t} + \eta_{ik} + u_{ik,t} \qquad (14)$$

Lee (2010) dans l'analyse du lien entre la croissance de la production et la volatilité à travers un modèle GARCH en données de panel à effets fixes, il a considéré les données des pays membres du G7 (N=7). Dans son étude, la production est mesurée par l'indice de production industrielle en logarithme dont un échantillon mensuel couvrant une période de 1965 :1 à 2007 :9 (T=513).

Il a trouvé qu'une croissance élevée de la production est associée avec une forte volatilité des innovations à la croissance mais qu'il est difficile de soutenir l'idée qu'une forte croissance entraine à plus d'incertitude économique. Son modèle est le suivant :

$$Y_{it} = \mu_i + \sum_{k=1}^{k} \alpha_k Y_{i,t-k} + X_{it}\beta + \varepsilon_{it} \qquad (15)$$

Avec $i = 1,....,N; t = 1,...,T$

Où $\mu_i$ capture les effets spécifiques des pays, $X_{i,t}$ le vecteur des variables exogènes, $\beta$ est le vecteur des coefficients et $\varepsilon_{i,t}$ le terme des erreurs de moyenne nulle et normalement distribués.

Haile *et al.* (2015) dans leur analyse de la réaction mondiale de la superficie et du rendement à la variation et à la volatilité des prix internationaux : une analyse dynamique des données de panel pour le blé, le riz, le maïs et le soja, ils ont trouvé que les prix de production plus élevés incitent les producteurs à augmenter les superficies cultivées et à investir dans l'amélioration des rendements des cultures, ce qui implique que la réponse de l'offre alimentaire mondiale aux prix semble se produire à travers les changements de superficie et de rendement. Les réponses de la production aux prix propres sont plus importantes que les réponses respectives de la superficie et du rendement (à l'exception de la réponse du rendement du blé). Les élasticités de la superficie et du rendement aux prix propres sont généralement similaires dans leur ordre de grandeur.

Leurs résultats montrent également que le soja et le maïs ont les réponses les plus importantes en matière de production aux prix des cultures propres, suivis par le blé et le riz. Sous réserve d'autres covariables, une hausse de 10% du prix de l'auto culture attendu entraîne une augmentation de la production d'environ 4% pour le soja, 2% pour le maïs, 1% pour le blé et 0,6% pour le riz à court terme. Ces réactions de la production reflètent généralement les

ajustements des superficies et des rendements. Une augmentation équivalente des prix internationaux des cultures incite les agriculteurs à accroître leurs terres allouées à la culture du soja et du maïs d'environ 1,5% et 0,7%, respectivement. Le rendement du soja et du maïs réagit également à la hausse des prix internationaux des cultures propres dans un ordre de grandeur similaire à celui des surfaces respectives ; les élasticités à court terme sont respectivement de 0,15 et 0,09. La superficie et le rendement mondiaux du blé réagissent également aux prix à la production, avec des élasticités à court terme de 0,08 et 0,17, respectivement. Conformément aux résultats de la réponse de la production, les réponses de la superficie et du rendement du riz aux prix propres sont relativement plus faibles. Dans certaines régions, la culture du riz nécessite des investissements en capital (tels que la construction de canaux et de vannes) pour garantir l'inondation au moment de la plantation. Ces investissements sont des décisions à long terme, ce qui implique que les réactions des prix à court terme sont inévitablement faibles. En outre, les élasticités croisées des prix statistiquement significatives ont des signes négatifs, ce qui est cohérent avec la théorie économique.

La hausse des prix du blé est négativement corrélée à la production de soja, et les producteurs de maïs répondent à la hausse des prix internationaux du riz en réduisant la production de maïs. Les élasticités croisées des prix montrent que le maïs et le soja sont en concurrence pour les terres au niveau mondial, l'effet du prix du maïs sur la superficie de soja étant plus fort que l'effet inverse. En outre, la hausse des prix internationaux du blé entraîne une diminution des terres destinées à la production de soja. Contrairement aux niveaux de prix des cultures propres, la volatilité des prix propres n'a pas un effet uniforme sur l'offre de toutes les cultures.

La volatilité des prix semble affecter le plus la production de blé et de riz. Les résultats révèlent qu'une augmentation de la volatilité des prix internationaux du blé et du riz amène les producteurs à allouer moins de terres à ces cultures et à réduire les investissements destinés à améliorer le rendement, ce qui entraîne une baisse de la production de blé et de riz. Dans une certaine mesure, la réaction négative de la superficie consacrée au blé à la volatilité des prix propres pourrait être compensée si les prix des cultures concurrentes telles que le maïs et le soja présentent également une telle volatilité. Pour le maïs, l'impact négatif sur l'offre de la volatilité des prix propres est dû principalement à la baisse des rendements. Les producteurs de maïs réagissent à la hausse des prix des cultures propres en utilisant davantage d'intrants pour améliorer la productivité, tandis que le risque lié au prix du maïs incite les producteurs à réorienter leurs intrants vers la production de maïs. Pour la superficie de soja, en revanche, le coefficient estimé de la volatilité des prix propres a un signe statistiquement positif

Les coefficients des variables prix-risque sont statistiquement et économiquement significatifs dans les modèles de réponse de l'offre pour le blé et le riz et dans les modèles de réponse du rendement pour toutes les cultures. En plus d'inciter les producteurs à réaffecter des terres à la culture du blé et du riz, une plus grande volatilité des prix à la production affaiblit l'incitation des producteurs à investir dans l'amélioration du rendement. Pour le maïs, la volatilité des prix des cultures propres a peu ou pas d'impact sur l'allocation des surfaces, mais elle a un impact négatif sur le rendement. Par conséquent, la réduction de la volatilité des prix agricoles est susceptible d'accroître l'offre de denrées alimentaires au niveau mondial et, surtout, dans les pays en développement. Certains producteurs agricoles, cependant, n'hésitent pas à faire des investissements afin d'obtenir des rendements plus élevés, qui sont associés à des risques de prix plus importants. Ces producteurs ne sont pas nécessairement affectés par la volatilité des prix à la production. Les résultats de cette analyse suggèrent que c'est le cas pour la majorité des producteurs de soja dans le monde, comme l'indique le coefficient positif statistiquement significatif de la volatilité des prix propres dans le modèle de réponse des superficies. L'équation de ce modèle économétrique qui repose sur une base de données complète couvrant la période 1961-2010 est le suivant :

$$Q_{ik,t} = \pi_i Q_{ik,t-1} + \sum_{j=1}^{4} \alpha_{ij} p_{jk,ti,k} + \sum_{j=1}^{4} \varphi_{ij} Vol(p)_{jk,ti,k} + \lambda_{i1} W_{ik,ti,k} + \lambda_{i2} YS_{ik,ti,k} + \mu_{it} + \eta_{ik} + u_{ikt} \qquad (16)$$

Où $Q_{ikt}$ désigne la production totale (ou la superficie cultivée) de la culture $i$ (1=blé, 2=maïs, 3=soja et 4=riz), $p_{jk,ti,k}$ désigne un vecteur soit prix au comptant ou à terme qui sont utilisés comme approximation des prix attendus de la propre récolte et des cultures concurrentes au moment de la plantation, $Vol(p)_{jk,ti,k}$ est un vecteur des mesures de volatilité pour prix des cultures propres et des cultures concurrentes, $W_{ik,ti,k}$ fait référence aux prix des intrants variables (tels que l'engrais), $YS_{ik,ti,k}$ fait référence à un choc de rendement pour chaque culture, $\mu_{it}$ tiennent compte de certains changements structurels ou de politiques nationales, $\eta_{ik}$ dénote des effets fixes par pays pour contrôler l'hétérogénéité invariante dans le temps entre les pays, et $u_{ikt}$ est le choc idiosyncratique. $\pi_i, \alpha_{ij}, \varphi_{ij}, \lambda_{i1}$ et $\lambda_{i2}$ sont des paramètres à estimer. Le paramètre $\alpha_{ij}$ est interprété comme une élasticité-prix de l'offre si $j = i$ et comme une élasticité-prix croisée de l'offre si $j \neq i$. L'indice $k$ désigne le pays. Les indices $i$ et $k$ sur $t$ indiquent que les longueurs de décalage des éléments suivants sont spécifiques au pays et à la culture : les prix à

terme et au comptant pertinents, la volatilité des prix de la production, le prix des intrants et les variables de choc de rendement.

Kamgnia (2011) dans son travail intitulé « Économie politique des récents chocs mondiaux des prix alimentaires : gagnants, perdants et mécanisme de compensation » a trouvé que le coefficient du facteur interactif, *(Log du prix × Importations nettes en pourcentage)* n'est pas statistiquement significatif, traduisant ainsi un effet presque nul. On pourrait dire que ce n'est que dans les pays exportateurs nets de produits alimentaires que la flambée des prix des produits alimentaires à l'échelle mondiale constitue une incitation suffisante pour que ces pays augmentent leur production locale de produits alimentaires, comme l'indique le coefficient significativement positif de la variable Prix. Dans les pays importateurs nets de produits alimentaires, en revanche, l'augmentation des prix des denrées alimentaires ne constitue pas une incitation à accroître la production locale de denrées alimentaires. En effet, les pays importateurs nets de produits alimentaires sont les pays les moins développés, et sont donc contraints par des factures d'importation élevées et des ressources limitées. De plus, l'augmentation des prix du carburant et des engrais, suite à la hausse des prix du pétrole, est plutôt synonyme d'augmentation des coûts de production agricole. Par conséquent, la hausse rapide des prix des denrées alimentaires ne constitue pas une opportunité d'augmenter la production alimentaire et les revenus agricoles que dans les pays en développement les moins vulnérables.

Ce point est encore renforcé par les effets des variables de contrôle telles que le PIB par habitant, les terres irriguées et les terres cultivées. Bien que seuls quelques-uns des effets de ces variables soient statistiquement significatifs, ils sont tous positifs. Comme prévu, les chocs climatiques ont un impact négatif sur la production locale de nourriture, de même que la variabilité des prix alimentaires, qui a un effet significativement négatif. Enfin, il a noté également la forte inertie de la production alimentaire sur la période considérée, comme le révèle le coefficient de la production décalée, qui est significativement inférieur à un. Plus important encore, il apparaît que les pays en développement ne sont pas tous les plus mal lotis face à la flambée des prix alimentaires mondiaux. Si l'inflation alimentaire accroît la malnutrition, pousse les dépenses publiques et pèse sur les balances courantes des pays vulnérables, elle constitue une opportunité financière pour les pays moins vulnérables, ou pour les pays vulnérables mais exportateurs nets de produits alimentaires. Toutefois, le cadre d'identification des impacts hétérogènes pourrait être amélioré en tenant compte des spécificités des pays africains. En outre, alors que l'atmosphère conflictuelle est susceptible d'exacerber les

effets négatifs de la hausse rapide des prix des denrées alimentaires, ces effets pourraient être atténués par la position d'un pays donné en tant qu'exportateur de produits primaires et agricoles, en général, et de pétrole, en particulier. Le modèle utilisé dans cette analyse est le suivant :

$$lfood_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 lfood_{it-1} + \beta_1 ly_{it} + \beta_2 land_{it} + \beta_3 shock_{it} + \beta_4 irrig_{it} + \beta_5 v_{it} + \beta_6 P_{it} + \beta_7 \left(P_{it} \times \overline{net\,imports_i}\right) + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (17)$$

Pendant que $lfood$ est le logarithme de l'indice de production alimentaire, $ly$ est le logarithme du PIB par habitant, $land$ est la surface cultivée, $shock$ définit le choc climatique, $irrig$ indique le pourcentage de terres irriguées et $v$ spécifie l'instabilité des prix alimentaires qui est définie comme une mesure d'incertitude. La variable $net imports$ spécifie la valeur moyenne du rapport entre les importations alimentaires et les importations totales pour les pays considérés sur la période 1995-2006.

### II.2.2. UTILISATION

Turki-abdelhedi *et al.*(2014) analysent les déterminants de la sécurité alimentaire en Afrique en utilisant une approche des données de Panel et ils ont trouvé que l'effet du développement agricole sur la sécurité alimentaire est positif, alors que la croissance démographique affecte négativement la sécurité alimentaire. Cependant, le pouvoir d'achat (PA) et la balance commerciale alimentaire (XM) présentent un effet non significatif sur la sécurité alimentaire parce qu'ils possèdent une p-value supérieure à 5%. Leur modèle est le suivant :

$$IA_{i,t} = \alpha_i + \beta_1 CROISS_DEMOGR_{i,t} + \beta_2 PA_{i,t} + \beta_3 XM_{i,t} + \beta_4 AGR_PIB_{i,t} + \beta_5 PROD_AGR_{i,t} + \beta_6 POP_AGR_{i,t} + \varepsilon_t$$

(18)

Kamgnia (2011) a trouvé que le coefficient significativement négatif du logarithme additif de l'indice des prix indique qu'une augmentation des prix des aliments réduit le pourcentage de personnes sous-alimentées dans les pays moins vulnérables, ce qui est conforme aux faits stylisés. En effet, les pays moins vulnérables sont généralement des exportateurs nets de denrées alimentaires, de sorte que les augmentations du prix des denrées alimentaires ont tendance à avoir des effets positifs sur le revenu de leurs populations.

D'autres résultats intéressants de cette étude sont les effets des variables de contrôle. Le niveau de développement, capturé par le logarithme du PIB par habitant, est un facteur de réduction de la malnutrition. De même, une augmentation de la disponibilité alimentaire (mesurée par la quantité de nourriture produite) réduit le pourcentage de personnes sous-alimentées. Mais, une

expansion démographique entraîne une aggravation de la malnutrition car elle tend à limiter les ressources disponibles. Il en est de même pour le coût de la vie (taux d'inflation) et les chocs climatiques. De plus, les chocs climatiques ont tendance à avoir un effet d'autant plus important sur la malnutrition que la valeur ajoutée de l'agriculture est élevée dans le pays considéré. Le modèle emprunté est le suivant :

$$\eta_{it} = \alpha + \beta_1 ly_{it} + \beta_2 lfood_{it} + \beta_3 \pi_{it} + \beta_4 popgro_{it} + \beta_5 shock_{it} + \beta_6 \left(shock_{it} \times agri_i\right) + \beta_7 P_{it} + \beta_8 \left(P_{it} \times Vul_i\right) + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (19)$$

où $\eta$ désigne le taux de malnutrition, $lfood$ définit le logarithme de l'indice de la production alimentaire, $\pi$ est le taux d'inflation, $popgro$ est le taux de croissance annuel de la population, $shock$ spécifie le choc climatique et agri est la valeur moyenne de la production agricole dans chaque i$^{ème}$ pays. Le modèle est estimé par les Moindres Ordinaires sous un contrôle pour les hétérogénéités de temps et de pays (MCO à effets fixes).

Après avoir parcouru toute cette littérature, pour le modèle de disponibilité et d'accessibilité alimentaire, nous préférons suivre le modèle de Kamgnia (2011) et l'adapter en fonction de la disponibilité des données dans notre zone d'étude pour mener une étude empirique sur notre sujet « ***Impact de la volatilité des prix des principales denrées sur la sécurité alimentaire dans la CEA : Cas du Riz et du Maïs ».***

# CHAPITRE III. METHODOLOGIE DE TEST D'HYPOTHESES

## III.1. INTRODUCTION

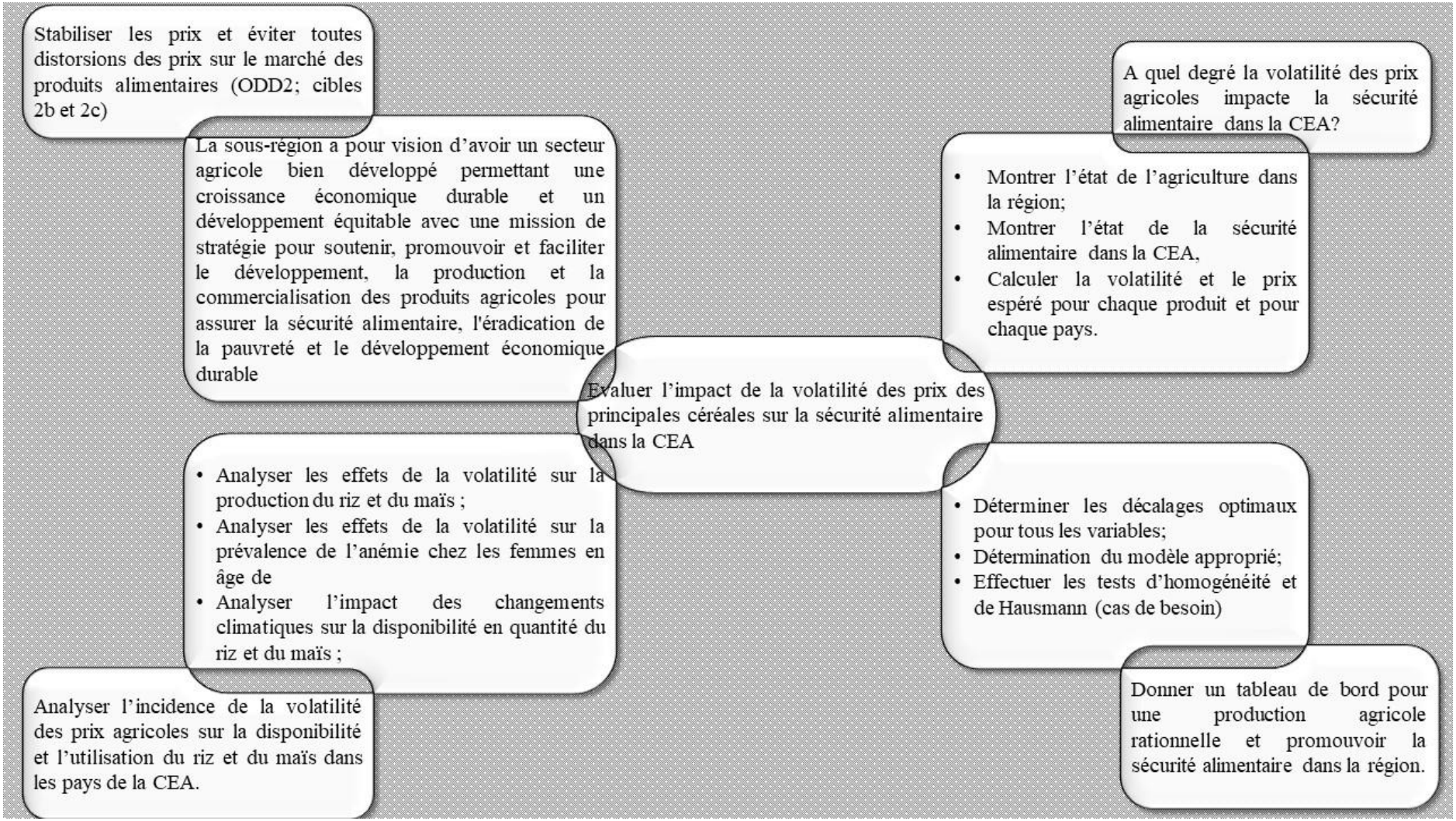
Notre étude s'est focalisée sur la CEA et en raison de l'irrégularité des données pour le Sud Soudan et l'Ouganda, nous avons tenu à ne considérer que les 4 pays anciens membres de cette communauté à savoir le Burundi, le Kenya, le Rwanda et la Tanzanie. Pour mener à bien notre recherche, nous avons adopté une approche documentaire portant sur la lecture des ouvrages généraux, des mémoires, des thèses, des articles et publications en rapport avec mon sujet.

## III.2. CADRE CONCEPTUEL

L'agriculture est le socle du développement dans toute société. Lorsque la production n'est plus uniquement destinée pour l'autoconsommation, le prix du marché devient un élément crucial pouvant inciter la croissance de la production. Ainsi, dans l'agenda 2030 « Faim Zéro » adopté par les Nations Unies en 2015, deux cibles (dans son deuxième objectif) étaient consacrées à stabiliser les prix et à éviter toute distorsion des prix sur le marché des produits alimentaires (OMS, 2018). L'importance du prix des produits agricoles dans un contexte de sécurité alimentaire se remarque également dans la place qui lui a été accordé dans la Stratégie de développement agricole et rural de la CAE qui a comme mission stratégique de soutenir, promouvoir et faciliter le développement, la production et la commercialisation des produits agricoles pour assurer la sécurité alimentaire, l'éradication de la pauvreté et le développement économique durable (EAC SECRETARIAT, 2006).

En effet, la variabilité ou volatilité des prix est une limite pour la sécurité alimentaire (en tous ses piliers). Les projections futures de la disponibilité, de l'accès, de la stabilité et de l'utilisation des aliments sont généralement exprimées en termes de tendances moyennes sont fonction de l'évolution du prix des produits alimentaires ainsi que d'autres déterminants spécifiques. Cela témoigne l'importance de la stabilisation des prix afin de renforcer la sécurité alimentaire des ménages. Dans la CEA, cette volatilité est due principalement à quatre facteurs qui sont notamment la croissance démographique, le changement climatique, les réformes des politiques commerciales mondiales ainsi que les effets spatiaux (Konandreas *et al*., 2015 ; Habyarimana & Nkunzimana, 2018). La figure suivante montre le schéma structurel de notre étude.

***Figure III-1: Cadre conceptuel***




Source : Réalisation de l'Auteur

## III.3. SOURCE ET NATURE DE DONNEES

Pour ce faire, les sources des données que nous avons utilisées sont des bases de données existantes des institutions internationales chargées des statistiques comme la Banque Mondiale et FAOSTAT. C'est sur ces données que va porter l'étude quantitative.

Cette étude est faite sur une période de 53 ans (de 1966 à 2018) d'une part pour le modèle de disponibilité alimentaire et sur une période de 19 ans ; couvrant la période allant de 2000 à 2018 d'autre part pour le modèle d'accessibilité alimentaire suite à l'absence des données sur certaine variable couvrant une longue période. En ce qui concerne la collecte, saisie, traitement et analyse des données, les logiciels Excel, Stata et/ou Eviews ont été utilisés.

Sur base de l'approche de la FAO (1996) qui retient quatre dimensions pour caractériser la sécurité alimentaire, à la suite de Fidoline *et al.* (2013), deux modèles permettant de caractériser les déterminants de la sécurité alimentaire dans la CEA ont été développés : un modèle de disponibilité alimentaire et un modèle d'utilisation (consommation alimentaire au sein des familles). En s'inscrivant dans une logique temporelle, et en utilisant la quantité disponible pour l'alimentation du riz et du maïs comme indicateur de la disponibilité alimentaire et l'anémie chez les femmes en âge de procréer comme indicateur de non utilisation alimentaire, ces modèles permettent de couvrir les quatre dimensions de la sécurité alimentaire.

## III.4. CADRE ANALYTIQUE

Pour tester nos hypothèses de recherche, une régression linéaire multiple a été utilisée pour caractériser l'utilisation et la disponibilité. Un modèle GARCH (p, q) (Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity) développé par Bollerslev (1986) sur base du modèle ARCH introduit par Engle (1982) a été emprunté pour trouver la variable de la volatilité. Le modèle ARCH permet à la variance conditionnelle de changer dans le temps en fonction des erreurs passées laissant la variance inconditionnelle constante (Bollerslev, 1986). L'équation générale d'estimation des modèles est $y_{i,t} = f(P^e_{i,t}, h_{i,t}, X_{i,t})$. $y_{i,t}$ désigne la production locale totale d'un bien déterminé ou la prévalence de l'anémie chez les femmes en âge de procréer et $P^e_t$ est le prix espéré tandis que $h_t$ représente la variance espérée du prix qui mesure la volatilité et $X_t$ la matrice des autres variables explicatives. Par hypothèse de linéarité, une spécification empirique du modèle de disponibilité est la suivante :

$$y_{i,t} = \alpha_0 + \beta P^e_{i,t} + \gamma h_{i,t} + \delta X_{i,t} + \varepsilon_{1i,t} \qquad (20)$$

Avec :

$\varepsilon_{1t} \sim N(0, \sigma_{11}^2)$ ;

Le processus GARCH (p, q) est alors utilisé pour générer les variables $P_t^e$ et $h_t$. Le prix étant une fonction des informations $\psi$ du prix qu'on dispose à l'instant $t-1$ et sont donnés par :

$$P_t \mid \psi_{t-1} = c_0 + \sum_{i=1}^{n} c_i P_{t-i} + \varepsilon_{2t} \qquad (21)$$

$P_t^e$ étant la moyenne espérée du prix et sous l'hypothèse d'homoscédasticité, nous avons :

$$E(P_t \mid \psi_{t-1}) = P_t^e = c_0 + \sum_{i=1}^{n} c_i P_{t-i} \qquad (22)$$

La détermination du nombre de retard n à prendre en compte est fait avec les critères d'information sous le logiciel Eviews. Les erreurs de l'équation 21 sont normalement distribués de moyenne nulle et de variance $h_t$ :

$$\varepsilon_{2t} \mid \psi_{t-1} \sim N(0, h_t)$$

$$\mathrm{h_t} = b_0 + \sum_{i=1}^{q} b_{1i} \varepsilon_{2t-i}^2 + \sum_{i=1}^{p} b_{2i} h_{t-i} \qquad (23)$$

$$\begin{aligned}
&\boldsymbol{où} \\
&p \geq 0, q > 0 \\
&\alpha_0 > 0, b_{1i} \geq 0, i = 1, \ldots, q, \\
&b_{2i} \geq 0, i = 1, \ldots, p \\
&\sum b_{1i} + \sum b_{2i} < 1.
\end{aligned}$$

Et c'est cette dernière condition qui définit la stationnarité du modèle (Bollerslev, 1986). L'utilisation de ce modèle vient de l'inspiration du modèle de la disponibilité agricole établie par Rezitis & Stavropoulos (2009) et que nous l'avons étendu en faisant un panel sous l'inspiration du travail de Lee (2010). En raison de la subtilité de ce modèle nécessitant les données de courte fréquence, les données annuelles sont transformées en données de fréquence trimestrielle suivant la méthode de Denton sous le logiciel Eviews. En adoptant les modèles de Kamgnia, (2011) et en l'adaptant avec nos variables, les équations de nos modèles sont les suivantes :

### 1. Modèle de disponibilité alimentaire

Le volume de la production agricole est utilisé comme indicateur de la disponibilité alimentaire.

$$LFP_{it} = \beta_{0it} + \beta_1 LPE_{it} + \beta_2 PGR_{it} + \beta_3 LGDPC_{it} + \beta_4 GDPG_{it} + \beta_5 LRPR_{it} + \beta_6 LUPR_{it} + \beta_7 F_{it} + \beta_8 LHA_{it} + \beta_9 RF_{it} + \beta_{10} GH_{it} + \beta_{11} T_{it} + \beta_{12} LLI_{it} + \beta_{13} H_{it} + \beta_{14} XM_{it} + u_{it}$$

(24)[4]

Dans cette équation, nous étudions les effets de la volatilité des prix à la production représenté par $(H)$ sur le volume de la production agricole $(FP)$. Cette volatilité est trouvée grâce à l'équation 23.

Les variables de contrôle ; déterminants de la production ; que nous avons considéré dans le modèle sont :

***Tableau III-1: Définitions des variables du modèle de disponibilité alimentaire***

| Variables | Définition |
|---|---|
| PE | Le prix espéré à la récolte trouvé grâce à l'équation 22 qui joue comme incitateur à la production et à l'importation. Le prix est exprimé en dollar par tonne de production. |
| PGR | Croissance démographique qui est un indicateur de l'augmentation de la population en générale et de la main d'œuvre agricole (population rurale) en particulier surtout que dans les pays de la zone considérée 70% de la population sont des agriculteurs. |
| GDPC | Le PIB par habitant représente la source d'investissement des agriculteurs. Il mesure à la fois le niveau de développement du pays et le revenu moyen par tête et est attendu qu'il affecte positivement la production agricole. Il exprimé en dollar. |
| GDPG | La croissance économique est un indicateur de niveau de développement des richesses nationales source du budget national affecté dans différents secteurs d'activités |
| RPR | La population affectée dans le domaine agricole qui est un proxy de la main d'œuvre agricole |
| UPR | Le taux de la population urbaine est à la fois un indicateur de la diminution de la main d'œuvre agricole et des terres arables, marché potentiel d'écoulement des produits alimentaires, source des assistances des ménages ruraux et aussi indicateur du développement secteur. Il est attendu que le taux d'urbanisation affecte négativement la disponibilité alimentaire. |

[4] Ici L représente le logarithme

| | |
|---|---|
| GH | Pollution qui est un proxy des changements climatiques dus aux émissions des Gaz à Effet de Serre (GES). Elle est représentée par l'équivalent en $CO_2$ de tous les gaz émis au niveau national. Il est attendu qu'elle affecte négativement le niveau de la production agricole. |
| HA | L'étendue des terres agricoles affecté à la culture qui sont susceptibles d'affecter positivement la production. |
| LI | L'étendue des terres arables équipées d'infrastructure d'irrigation sont des innovations susceptibles de contribuer à l'augmentation de la production |
| RF | Les précipitations moyennes annuelles sont une condition nécessaire pour une bonne production agricole mais qui peuvent être néfaste selon la quantité et le moment du développement des cultures. |
| T | Les températures moyennes annuelles. |
| F | Fertilisants utilisés qui sont représentés par la quantité moyenne de fertilisant appliqué par hectare. |
| XM | Mesurées par la différence entre les importations et les exportations, les importations nettes ou balance commerciale alimentaire captent le degré de dépendance du pays vis-à-vis des marchés internationaux. Il est attendu que les importations nettes influencent négativement le niveau des disponibilités alimentaires locales. |

Source : Adaptation de l'auteur

**2. Modèle d'utilisation**

Pour caractériser l'influence de la volatilité des prix $(H)$sur l'utilisation alimentaire (pilier de sécurité alimentaire), nous avons considéré la prévalence de l'anémie chez les femmes en âge de procréer (15-49 ans) $(WA)$ (variable dépendante) qui est un indicateur de l'utilisation des aliments au sein des familles. L'équation détaillée est la suivante :

$$WA = \beta_{0it} + \beta_1 GDPC_{it} + \beta_2 FPI_{it} + \beta_3 PE_{it} + \beta_4 OTI_{it} + \beta_5 PGR_{it} + \beta_6 CPI_{it} + \beta_7 H_{it} + \nu_{it} \quad (25)$$

La signification des autres variables de contrôle est présentée dans le tableau suivant.

***Tableau III-2: Définition des variables du modèle de l'utilisation alimentaire***

| Variables | Définition |
|---|---|
| GDPC | Le PIB par habitant indique à la fois le niveau de développement du pays et le revenu moyen par tête et est sensé négativement la prévalence de l'anémie chez les femmes en âge de procréer. |
| FPI | L'indice de production vivrière est un indicateur de diversité alimentaire dans la consommation dans les ménages. Le signe attendu de cette variable donne une information ambiguë. Un signe positif serait synonyme d'un régime alimentaire à forte composante céréalière, alors qu'un signe négatif serait le signe d'un régime alimentaire orienté vers la consommation des autres produits vivriers |
| PE | Prix à la production espéré est incitateur à la production et à l'importation et est donc sensé affecté négativement la prévalence de l'anémie chez les femmes en âge de procréer dans un système de production rationnel et inversement dans les pays en développement. |
| OTI | L'indice d'ouverture commerciale est indicateur de dépendance d'un pays vis à vis au commerce extérieur et varie entre 0 et 1 ; elle est calculée de la façon suivante : $OTI = \frac{(M+X)/2}{PIB} \times 100$ (26) Avec : M et X qui sont respectivement la valeur courante des importations et des exportations. |
| PGR | La croissance démographique est susceptible de contribuer positivement à la prévalence d'anémie chez les femmes en âge de procréer. |
| CPI | L'indice du prix à la consommation est un indicateur de l'inflation censée influencer positivement la production dans un système de production rationnelle et par conséquent influence négativement la prévalence d'anémie chez les femmes en âge de procréer. |

Source : Adaptation de l'auteur

# CHAPITRE IV. RESULTATS ET INTERPRETATION

## IV.1. RESULTATS PRELIMINAIRES

Cette partie est consacrée à l'analyse descriptive des variables, au comportement des variables dans le temps (évolution dans la période de l'étude), aux statistiques ainsi qu'aux tests de racine unitaire.

### IV.1.1. STATISTIQUES DESCRIPTIVES

| Burundi | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Variables | Moyenne | Mediane | Min | Max | Std, Dev, | Skew[5]. | Kurt[6]. | J.B[7] | pv | Obs.[8] |
| F | 3,738 | 2,523 | 0,126 | 23,781 | 4,685 | 2,709 | 10,523 | 189,815 | 0,000 | 53 |
| FP(riz) | 25263,340 | 26680,000 | 934,000 | 97804,000 | 20244,070 | 0,880 | 4,205 | 10,041 | 0,007 | 53 |
| FP(maïs) | 146326,900 | 138875,000 | 111937,500 | 290498,000 | 33981,360 | 2,378 | 9,423 | 141,073 | 0,000 | 53 |
| GDPC | 175,269 | 175,905 | 70,589 | 289,049 | 68,868 | -0,091 | 1,734 | 3,611 | 0,164 | 53 |
| GDPG | 2,582 | 2,952 | -7,950 | 14,359 | 4,030 | -0,092 | 3,924 | 1,961 | 0,375 | 53 |
| GH | 3095,867 | 2985,000 | 2202,687 | 5520,000 | 833,908 | 1,322 | 4,193 | 17,171 | 0,000 | 49 |
| HA(riz) | 14804,380 | 12284,000 | 962,000 | 63751,000 | 13424,530 | 1,560 | 5,726 | 37,921 | 0,000 | 53 |
| HA(maïs) | 122435,300 | 117230,500 | 106218,400 | 190003,000 | 16103,080 | 2,759 | 11,004 | 208,718 | 0,000 | 53 |
| LI | 18,045 | 18,000 | 14,000 | 23,000 | 4,037 | 0,220 | 1,238 | 7,286 | 0,026 | 53 |
| P(maïs) | 249,483 | 277,778 | 57,471 | 526,308 | 104,875 | -0,103 | 2,752 | 0,230 | 0,891 | 53 |
| P(riz) | 269,937 | 257,641 | 80,000 | 756,695 | 135,259 | 1,392 | 5,890 | 35,562 | 0,000 | 53 |
| PGR | 2,412 | 2,563 | 1,023 | 3,296 | 0,712 | -0,554 | 2,136 | 4,356 | 0,113 | 53 |
| RF | 1219,000 | 1226,463 | 1001,828 | 1357,569 | 76,107 | -0,334 | 3,009 | 0,987 | 0,611 | 53 |
| RPR | 93,783 | 92,287 | 91,898 | 97,458 | 1,977 | 0,583 | 1,711 | 6,669 | 0,036 | 53 |
| TP | 21,637 | 21,611 | 21,163 | 22,206 | 0,275 | 0,063 | 2,078 | 1,912 | 0,384 | 53 |
| UPR | 6,997 | 6,707 | 2,435 | 13,032 | 3,162 | 0,282 | 1,896 | 3,393 | 0,183 | 53 |
| XM(riz) | 4580,642 | 1561,000 | -2683,000 | 28547,000 | 6627,584 | 1,842 | 6,030 | 50,249 | 0,000 | 53 |
| XM(maïs) | 13561,380 | 267,500 | 0,000 | 73888,130 | 19899,180 | 1,385 | 3,779 | 18,296 | 0,000 | 53 |

| **Kenya** | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Variables | Moyenne | Mediane | Max. | Min | Std, Dev, | Skew. | Kurt. | J-B | p-v | Obs. |
| F | 23,165 | 21,920 | 40,296 | 9,045 | 8,575 | 0,216 | 1,990 | 2,667 | 0,264 | 53 |
| FP (maïs) | 2491017,000 | 2426250,000 | 4013777,000 | 1221250,000 | 655285,000 | 0,332 | 2,563 | 1,392 | 0,499 | 53 |
| FP (riz) | 52715,260 | 44554,000 | 138204,000 | 15938,000 | 28586,500 | 1,491 | 4,414 | 24,057 | 0,000 | 53 |
| GDPC | 615,561 | 509,457 | 1708,002 | 119,250 | 375,382 | 1,315 | 4,125 | 18,070 | 0,000 | 53 |
| GDPG | 4,829 | 5,057 | 20,265 | -0,367 | 3,321 | 2,070 | 10,437 | 159,981 | 0,000 | 53 |
| GH | 39871,480 | 37397,470 | 78830,000 | 0,000 | 19668,790 | 0,285 | 2,840 | 0,774 | 0,679 | 53 |
| HA(maïs) | 1563282,000 | 1477028,000 | 2273283,000 | 1081250,000 | 320575,100 | 0,862 | 2,708 | 6,752 | 0,034 | 53 |
| HA(riz) | 1554343,000 | 1450939,000 | 2337586,000 | 985000,000 | 326790,900 | 0,764 | 2,847 | 5,213 | 0,074 | 53 |
| LI | 77,613 | 67,000 | 150,600 | 18,125 | 45,196 | 0,574 | 1,829 | 5,946 | 0,051 | 53 |
| P (maïs) | 167,376 | 128,075 | 387,521 | 38,587 | 97,314 | 0,713 | 2,431 | 5,209 | 0,074 | 53 |
| P(riz) | 274,243 | 201,731 | 949,822 | 20,189 | 219,494 | 1,172 | 3,613 | 12,960 | 0,002 | 53 |
| PGR | 3,172 | 3,198 | 3,864 | 2,306 | 0,498 | -0,034 | 1,516 | 4,870 | 0,088 | 53 |
| RF | 683,053 | 667,233 | 929,140 | 531,808 | 96,217 | 0,635 | 2,898 | 3,589 | 0,166 | 53 |
| RPR | 81,973 | 82,544 | 90,983 | 72,970 | 4,939 | -0,023 | 2,151 | 1,597 | 0,450 | 53 |
| TP | 16,398 | 16,410 | 17,080 | 15,551 | 0,354 | -0,188 | 2,736 | 0,466 | 0,792 | 53 |
| UPR | 18,027 | 17,456 | 27,030 | 9,017 | 4,939 | 0,023 | 2,151 | 1,597 | 0,450 | 53 |
| XM(maïs) | 140143,900 | 106053,800 | 1022269,000 | -247363,400 | 287787,600 | 1,337 | 4,923 | 23,957 | 0,000 | 53 |
| XM(riz) | 139732,700 | 42377,000 | 728729,000 | -115944,000 | 208032,500 | 1,529 | 4,298 | 24,374 | 0,000 | 53 |

[5] Skewness
[6] Kurtosis
[7] Jarque-Berra
[8] Les observations sont annuelles

| Tanzanie (Maïs) | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Variables | Moyenne | Mediane | Min | Max | Std, Dev, | Skew. | Kurt. | J-B | p-v | Obs. |
| F | 5,108 | 4,336 | 1,460 | 15,858 | 3,060 | 1,606 | 5,491 | 36,497 | 0,000 | 53 |
| FP | 2771239,000 | 2266500,000 | 574625,000 | 6527905,000 | 1701125,000 | 0,794 | 2,702 | 5,761 | 0,056 | 53 |
| GDPC | 454,996 | 377,473 | 173,309 | 1041,036 | 255,392 | 1,039 | 2,952 | 9,541 | 0,008 | 53 |
| GDPG | 5,265 | 5,600 | 0,817 | 7,494 | 1,828 | -1,071 | 3,199 | 5,784 | 0,055 | 30 |
| GH | 89,851 | 116,223 | -17,632 | 158,362 | 65,066 | -0,662 | 1,814 | 2,897 | 0,235 | 22 |
| HA | 2024347,000 | 1664081,000 | 953231,300 | 4129918,000 | 1039623,000 | 0,800 | 2,135 | 7,298 | 0,026 | 53 |
| LI | 175,990 | 148,875 | 30,750 | 364,000 | 108,586 | 0,569 | 2,146 | 4,471 | 0,107 | 53 |
| P | 196,542 | 198,368 | 119,889 | 288,594 | 41,889 | 0,167 | 2,801 | 0,170 | 0,919 | 27 |
| PGR | 2,975 | 3,002 | 2,328 | 3,399 | 0,231 | -1,001 | 4,060 | 11,337 | 0,003 | 53 |
| RF | 1012,010 | 1011,208 | 882,625 | 1223,849 | 75,978 | 0,708 | 3,275 | 4,589 | 0,101 | 53 |
| RPR | 80,369 | 80,340 | 66,224 | 93,736 | 7,677 | -0,031 | 2,115 | 1,738 | 0,419 | 53 |
| TP | 22,609 | 22,686 | 22,048 | 23,150 | 0,306 | -0,165 | 1,902 | 2,905 | 0,234 | 53 |
| UPR | 19,631 | 19,660 | 6,264 | 33,776 | 7,677 | 0,031 | 2,115 | 1,738 | 0,419 | 53 |
| XM | 35953,250 | 10560,250 | -175483,800 | 242746,900 | 89052,930 | 0,192 | 3,006 | 0,324 | 0,850 | 53 |

| Rwanda | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Variables | Moyenne | Mediane | Min | Max | Std, Dev, | Skew. | Kurt. | J-B | p-v | Obs. |
| F | 2,795 | 1,059 | 0,090 | 16,389 | 4,081 | 1,959 | 5,763 | 49,804 | 0,000 | 52 |
| FP (riz) | 28183,510 | 8100,000 | 10,000 | 119932,000 | 36249,100 | 1,192 | 2,902 | 12,579 | 0,002 | 53 |
| FP (maïs) | 154562,800 | 87483,500 | 42237,500 | 636056,600 | 158552,800 | 1,803 | 4,890 | 36,608 | 0,000 | 53 |
| GDPC | 330,815 | 277,403 | 40,922 | 783,337 | 216,193 | 0,857 | 2,723 | 6,663 | 0,036 | 53 |
| GDPG | 5,296 | 6,656 | -23,911 | 26,795 | 7,031 | -1,527 | 10,171 | 134,163 | 0,000 | 53 |
| GH | 58,174 | 55,578 | -4,048 | 104,381 | 38,687 | -0,250 | 1,762 | 2,079 | 0,354 | 28 |
| HA (riz) | 107435,900 | 79250,000 | 40000,000 | 297447,000 | 71552,470 | 1,512 | 4,071 | 22,740 | 0,000 | 53 |
| HA(maïs) | 109182,400 | 78815,500 | 42237,500 | 296806,500 | 72591,950 | 1,450 | 3,771 | 19,877 | 0,000 | 53 |
| LI | 6,198 | 5,375 | 4,000 | 9,525 | 2,269 | 0,214 | 1,190 | 7,643 | 0,022 | 53 |
| P (maïs) | 208,525 | 199,991 | 32,536 | 409,260 | 112,217 | 0,057 | 1,981 | 2,323 | 0,313 | 53 |
| P (riz) | 466,576 | 314,621 | 120,000 | 1095,890 | 317,699 | 0,546 | 1,672 | 6,533 | 0,038 | 53 |
| PGR | 2,520 | 2,967 | -6,243 | 7,867 | 2,617 | -1,624 | 6,899 | 56,866 | 0,000 | 53 |
| RF | 951,989 | 951,581 | 736,216 | 1077,070 | 62,502 | -0,570 | 4,538 | 8,086 | 0,018 | 53 |
| RPR | 90,187 | 93,328 | 82,789 | 97,035 | 5,868 | -0,222 | 1,226 | 7,384 | 0,025 | 53 |
| TP | 19,167 | 19,118 | 18,601 | 19,829 | 0,322 | 0,204 | 2,151 | 1,960 | 0,375 | 53 |
| UPR | 9,813 | 6,672 | 2,965 | 17,211 | 5,868 | 0,222 | 1,226 | 7,384 | 0,025 | 53 |
| XM (riz) | 17913,230 | 6227,000 | 289,000 | 134536,000 | 28947,650 | 2,629 | 9,702 | 160,252 | 0,000 | 53 |
| XM (maïs) | 39708,270 | 21657,000 | -268,875 | 137318,000 | 43957,760 | 0,807 | 2,326 | 4,841 | 0,089 | 38 |

**Utilisation**

| Burundi | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Moyenne | Médiane | Minimum | Maximum | Std, Dev, | Skewness | Kurtosis | J-B | p-v | Obs.[9] |
| CPI | 9,500 | 8,524 | -2,815 | 24,432 | 5,507 | 0,625 | 3,444 | 5,346 | 0,069 | 73 |
| FPI | 103,328 | 103,763 | 49,810 | 144,700 | 18,322 | -1,255 | 5,748 | 42,125 | 0,000 | 73 |
| GDPC | 208,510 | 212,137 | 113,567 | 305,550 | 63,463 | -0,072 | 1,487 | 7,025 | 0,030 | 73 |
| HC | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | -1,822 | 6,310 | 67,640 | 0,000 | 67 |
| HR | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,011 | 0,002 | 2,818 | 12,105 | 320,094 | 0,000 | 67 |
| OTI | 4,677 | 2,383 | 0,003 | 14,041 | 4,532 | 0,715 | 2,024 | 9,122 | 0,010 | 73 |
| PEC | 0,326 | 0,320 | 0,175 | 0,635 | 0,088 | 1,086 | 5,735 | 34,050 | 0,000 | 67 |
| PER | 0,401 | 0,384 | 0,186 | 0,742 | 0,135 | 0,701 | 2,814 | 5,579 | 0,061 | 67 |
| PGR | 2,975 | 3,172 | 1,310 | 3,301 | 0,496 | -2,066 | 6,106 | 81,271 | 0,000 | 73 |
| WA | 30,238 | 27,400 | 25,600 | 41,300 | 5,050 | 0,819 | 2,207 | 10,080 | 0,006 | 73 |

[9] Les observations sont trimestrielles

| Kenya | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Variables | Moyenne | Médiane | Min | Max | Std, Dev, | Skewness | Kurtosis | J-B | p-v | Obs. |
| CPI | 97,547 | 96,190 | 38,088 | 180,515 | 45,844 | 0,240 | 1,700 | 5,847 | 0,054 | 73 |
| FPI | 85,716 | 84,780 | 59,530 | 107,580 | 13,786 | -0,291 | 1,789 | 5,491 | 0,064 | 73 |
| GDPC | 1166,744 | 1118,891 | 990,568 | 1469,384 | 144,905 | 0,484 | 1,996 | 5,912 | 0,052 | 73 |
| HC | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | -1,806 | 6,522 | 75,286 | 0,000 | 71 |
| HR | 0,003 | 0,003 | 0,000 | 0,003 | 0,001 | -2,363 | 8,357 | 153,107 | 0,000 | 72 |
| OTI | 4,376 | 4,858 | 0,203 | 6,144 | 1,543 | -1,383 | 4,433 | 29,517 | 0,000 | 73 |
| PEC | 0,269 | 0,278 | 0,141 | 0,420 | 0,077 | -0,010 | 1,717 | 4,872 | 0,088 | 71 |
| PER | 0,507 | 0,539 | 0,164 | 0,942 | 0,204 | 0,166 | 2,465 | 1,189 | 0,552 | 72 |
| PGR | 2,649 | 2,712 | 2,306 | 2,769 | 0,136 | -1,252 | 3,214 | 19,201 | 0,000 | 73 |
| WA | 31,716 | 30,100 | 28,100 | 39,800 | 3,869 | 0,692 | 2,015 | 8,772 | 0,012 | 73 |

| Tanzanie | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Variables | Moyenne | Médiane | Max | Min | Std, Dev, | Skew. | Kurtosis | J-B | p-v | Obs. |
| CPI | 104,422 | 94,162 | 181,155 | 51,708 | 43,031 | 0,402 | 1,665 | 7,388 | 0,025 | 73 |
| FPI | 67,633 | 56,720 | 108,030 | 33,940 | 22,863 | 0,312 | 1,648 | 6,741 | 0,034 | 73 |
| GDPC | 689,853 | 690,529 | 1041,036 | 375,942 | 241,254 | 0,040 | -1,579 | 7,019 | 0,030 | 73 |
| HC | 3,8E-05 | 3,8E-05 | 3,8E-05 | 3,8E-05 | 3,8E-05 | 0,749 | 2,421 | 7,206 | 0,027 | 67 |
| HR | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,000 | 0,001 | -2,363 | 8,357 | 153,107 | 0,000 | 72 |
| OTI | 2,680 | 2,710 | 3,542 | 1,369 | 0,433 | -0,473 | 3,430 | 3,284 | 0,194 | 73 |
| PEC | 0,199 | 0,199 | 0,303 | 0,122 | 0,047 | 0,543 | 2,695 | 3,548 | 0,170 | 67 |
| PER | 0,507 | 0,539 | 0,942 | 0,164 | 0,204 | 0,166 | 2,465 | 1,189 | 0,552 | 72 |
| PGR | 2,869 | 2,873 | 3,002 | 2,469 | 0,130 | -1,108 | 3,927 | 17,542 | 0,000 | 73 |
| WA | 42,545 | 42,200 | 46,500 | 39,000 | 2,670 | 0,143 | 1,415 | 7,890 | 0,019 | 73 |

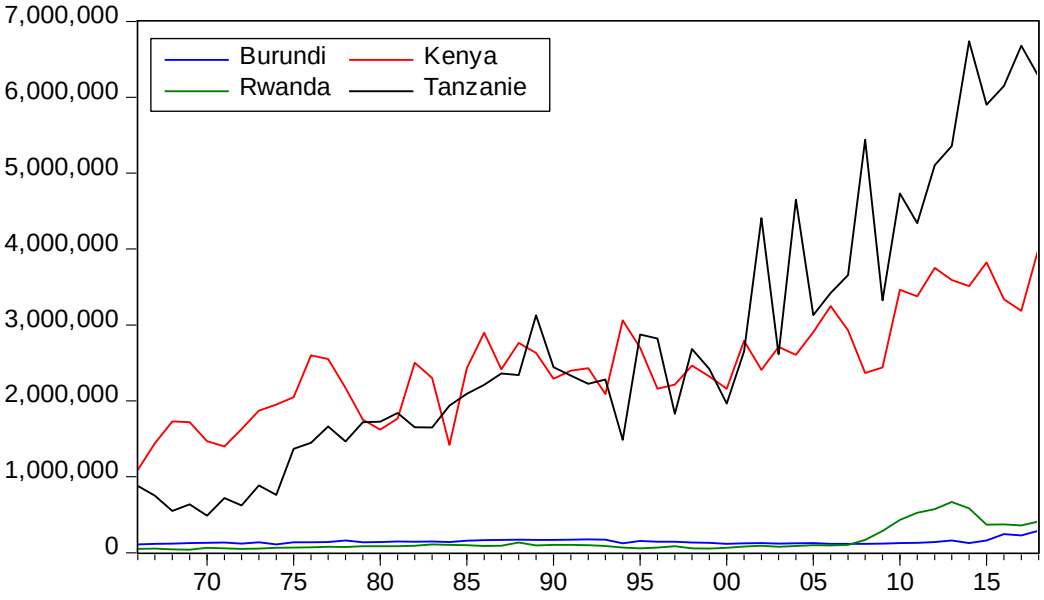
| Rwanda | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Variables | Mean | Median | Max | Min | Std, Dev, | Skew. | Kurt. | Ja-B | p-v | Obs. |
| CPI | 93,164 | 100,000 | 146,629 | 46,711 | 32,742 | 0,051 | 1,670 | 5,412 | 0,067 | 73 |
| FPI | 92,443 | 88,915 | 113,580 | 70,260 | 11,699 | 0,013 | 1,994 | 3,079 | 0,214 | 73 |
| GDPC | 528,749 | 579,922 | 783,337 | 233,404 | 207,482 | -0,245 | -1,626 | 5,418 | 0,067 | 73 |
| HC | 9,2E-05 | 9,7E-05 | 1,2E-04 | 2,3E-09 | 2,4E-05 | -1,612 | 6,483 | 62,877 | 0,000 | 67 |
| HR | 0,003 | 0,000 | 0,075 | 0,000 | 0,011 | 5,485 | 33,428 | 2833,427 | 0,000 | 65 |
| OTI | 2,785 | 2,495 | 5,049 | 1,443 | 0,966 | 0,836 | 3,041 | 8,516 | 0,014 | 73 |
| PEC | 0,309 | 0,342 | 0,423 | 0,121 | 0,087 | -0,639 | 2,079 | 6,927 | 0,031 | 67 |
| PER | 0,806 | 0,869 | 1,080 | 0,388 | 0,167 | -0,729 | 2,525 | 6,367 | 0,041 | 65 |
| PGR | 2,541 | 2,521 | 5,605 | 1,431 | 0,710 | 2,019 | 9,446 | 175,968 | 0,000 | 73 |
| WA | 20,290 | 19,500 | 25,100 | 17,300 | 2,542 | 0,481 | 1,771 | 7,414 | 0,025 | 73 |

### IV.1.2. COMPORTEMENT DES VARIABLES PENDANT LA PERIODE DE L'ETUDE

#### a) La production vivrière

La production agricole est une source principale de la disponibilité alimentaire dans un pays. Evalué en tonnes, la production annuelle constitue la base de l'évaluation de la valeur de la production alimentaire par habitant qui est un indicateur de mesure de la disponibilité qui est une dimension fondamentale de la sécurité alimentaire. Les figures suivantes montrent respectivement l'évolution de la production du maïs et du riz en tonnes pendant la période de 1966 à 2018.

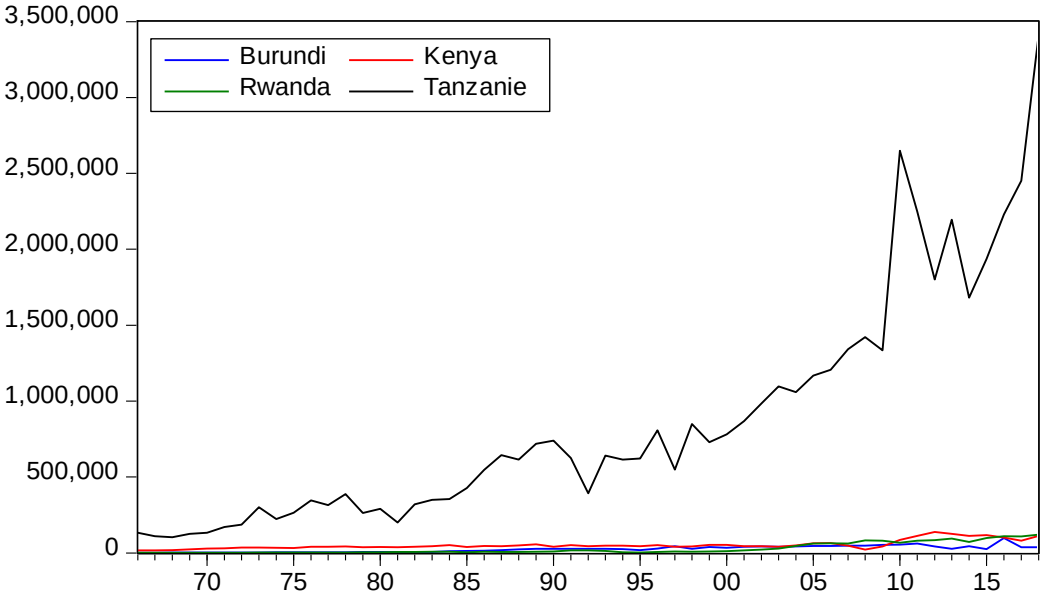
***Figure IV-1: Evolution des productions du maïs pendant la période d'étude***




Source : Adaptation de l'Auteur

A travers cette figure, nous constatons que depuis 1966 à 1984, le Kenya occupait la première place dans la production du mais suivi par la Tanzanie. De 1984 à 2002, les deux derniers pays se discutaient la première place périodiquement. De 1966 à 2007, le Rwanda occupait la dernière place dans la production du riz pour enfin inverser la tendance avec le Burundi depuis 2007 qui devient dernier producteur du maïs dans la sous-région. Depuis 2002, la production de la Tanzanie a dépassé pour de bon celle du Kenya. Il en est de même pour la production rizicole, la Tanzanie vient en première position avec une quantité qui dépasse de loin les autres pays. Un autre constat qu'on peut faire sur cette figure est l'évolution de la production au Kenya et en Tanzanie qui semble osciller dans le temps en même sens (co-mouvement). Cela nous indique l'influence climatique dans la région sur la production.

***Figure IV-2: Évolution des productions du riz depuis 1966 à 2018***




Source : Adaptation de l'Auteur

Comme pour le maïs, le Burundi occupe toujours la dernière place avec une faible production et qui baisse encore dans ces dernières années (depuis 2017) suite à la conjoncture politique qu'a connue le pays créant ainsi le manque des devises pour importer les intrants agricoles nécessaires. Cette chute peut aussi être due aux chocs climatiques qui s'observent dans ces années.

**b) Evolution des prix pendant la période de 1966 à 2018**

Le concept de rareté fonde la valeur en économie par le biais de l'utilité marginale et contribue ainsi à la détermination d'un prix d'équilibre. Ce prix est un indicateur des tensions existant sur un marché (pénurie ou surproduction) et joue un rôle important dans l'allocation des ressources, justement parce que celles-ci sont rares. Ainsi, l'utilité marginale très forte reflète un prix plus élevé (indicateur de la rareté d'une ressource ou d'un bien) tandis qu'une faible utilité marginale indique également un prix faible. Les figures suivantes montrent clairement cette notion d'abondance et de rareté d'un bien dans une zone considérée.

***Figure IV-3: Evolution des prix du maïs en $/T dans le temps***

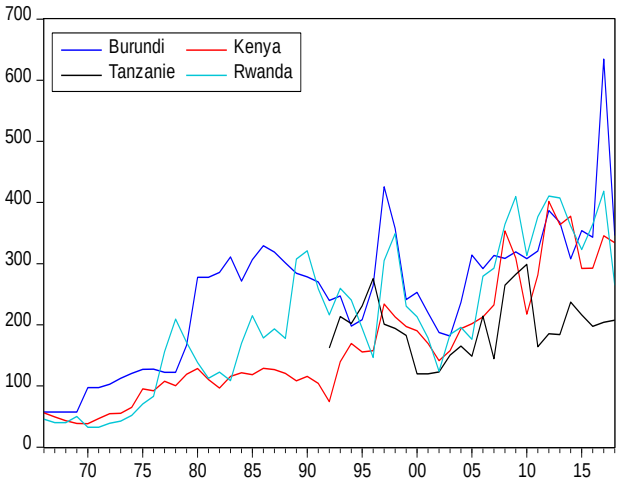
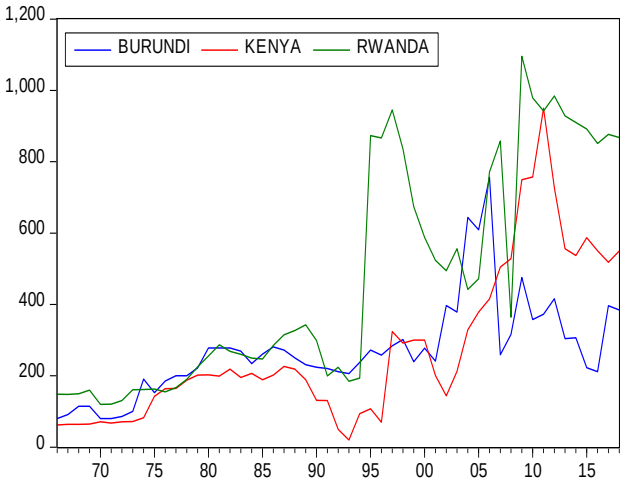



***Figure IV-4:Evolution des prix du riz en $/T dans le temps***




Source : Adaptation de l'Auteur

La figure ci-dessus montre que le prix du maïs a historiquement demeuré élevé dans la région pour la plupart du temps avec des pics très élevés alors qu'en Tanzanie est tout à fait le contraire. Cela démontre alors clairement que le niveau du prix dépend du niveau de disponibilité d'un produit sur le marché. Encore de plus, il y a co-mouvement des prix du maïs dans la sous-région ce qui indique que les marchés interagissent entre eux, donc il y a des échanges intra régionaux.

### c) Situation de la volatilité des prix pendant la période de l'étude dans la région

La volatilité des prix du marché est un bon signe d'un marché concurrentiel. Nonobstant, une forte volatilité indique un échec du système d'équilibre du prix du marché. En effet, les figures suivantes montrent l'évolution de la volatilité des prix du maïs et du riz dans la région d'étude pendant la période considérée. Les figures suivantes montrent que depuis les années 90, les prix des deux produits sont marqués par une forte volatilité surtout en Tanzanie (de 1996 à 2015) pour le maïs et au Kenya pour le riz (de 1991 à 2004). Pendant cette période, le Kenya était suivi par le Rwanda. De 2007 à nos jours, la volatilité du prix du riz reste forte au Burundi et est suivi par le Rwanda.

***Figure IV-5: Volatilité du prix du maïs pendant la période de l'étude***

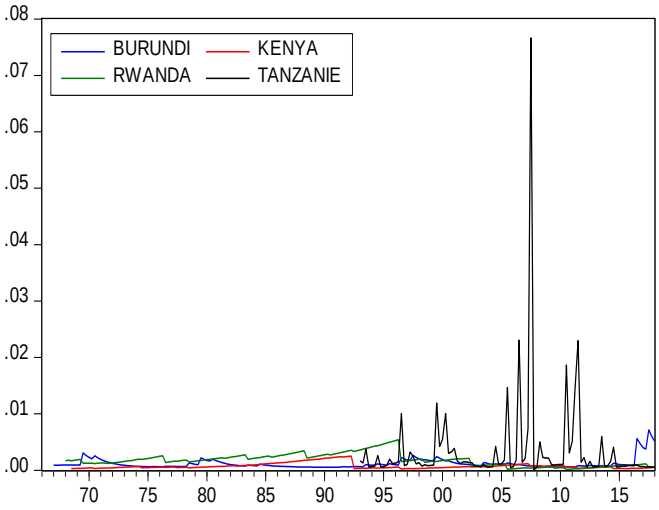
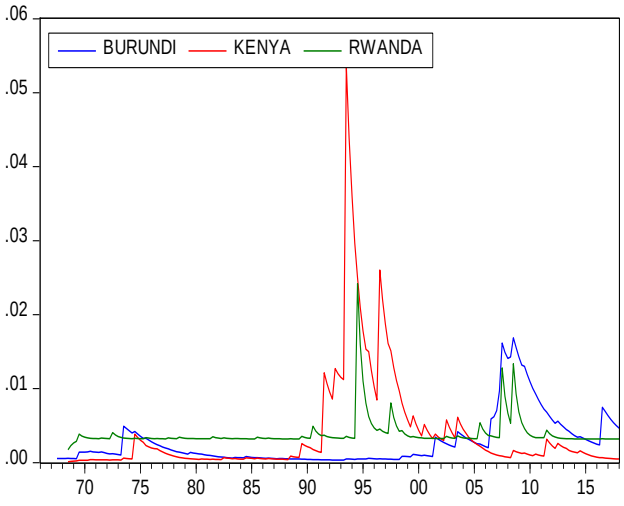


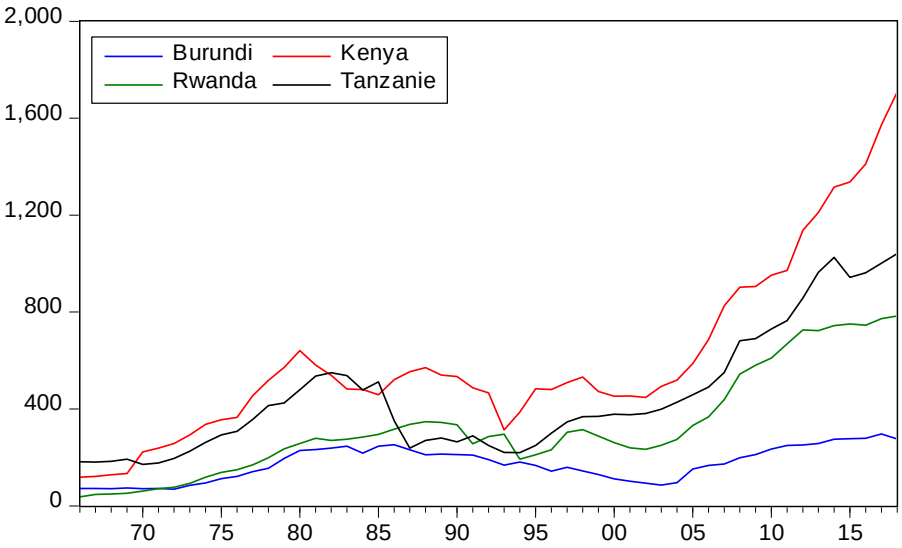

***Figure IV-6: Volatilité du prix du riz pendant la période de l'étude***




### d) Evolution du PIB par habitant dans les pays de la CEA depuis 1966 à 2018

Le PIB par habitant constitue l'instrument de mesure de l'activité économique dans un pays le plus largement utilisé (Stiglitz *et al*., 2011). Il est aussi un indicateur d'accessibilité alimentaire des habitants. Le PIB par habitant indique le niveau de développement dans une économie. A fortiori, il est une source incertaine du capital que les habitants peuvent utiliser pour produire. La figure suivante montre l'évolution de ce facteur dans le temps dans la zone d'étude.

***Figure IV-7: Evolution du PIB par habitant pendant la période de l'étude***




Source : Adaptation de l'Auteur

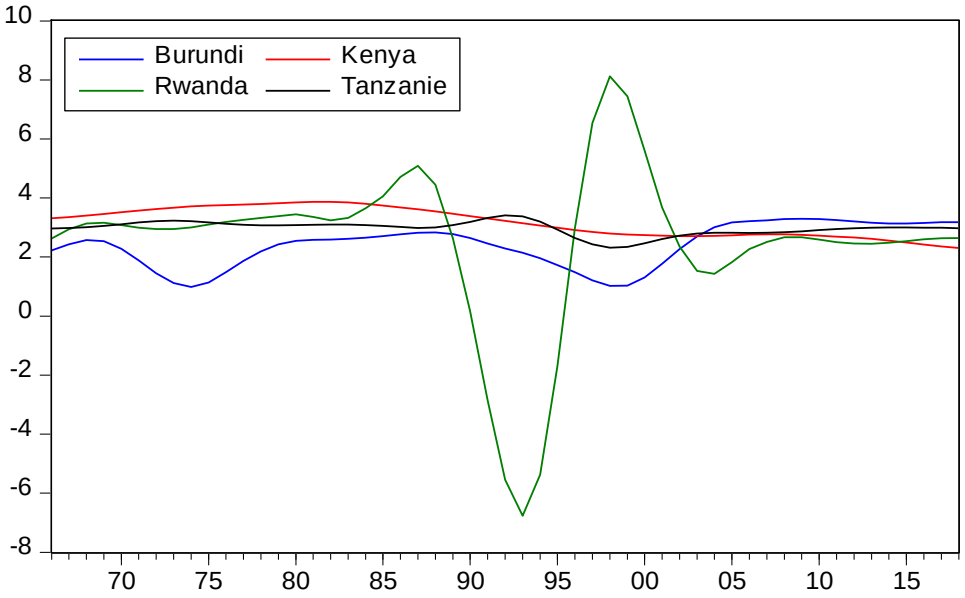
Pendant la période considérée tous les pays de la sous-région ont un PIB par habitant croissant dans ces dernières années sauf le Burundi qui a une tendance baissière depuis 2017. Signalons

aussi que c'est ce dernier qui a le PIB par habitant le plus faible depuis la crise de 1972 au moment où le Kenya a maintenu depuis 1986 la première place dans la sous-région.

### e) La croissance démographique

La croissance démographique renseigne sur la dynamique de la population dans une zone donnée. L'accroissement de la population est, selon l'ONU (1996), le principal facteur à l'origine de l'augmentation des besoins alimentaires. Source de pression croissante sur les ressources naturelles difficilement, coûteusement et lentement renouvelables, il doit être maîtrisé pour assurer un développement durable, qui nécessite la sécurité alimentaire et la stabilité politique. La stabilisation de la population mondiale est une condition de la sécurité alimentaire durable. La figure suivante montre la dynamique de la population dans la région objet de notre étude.

***Figure IV-8: Croissance démographique de la zone d'étude***




Source : Adaptation de l'Auteur

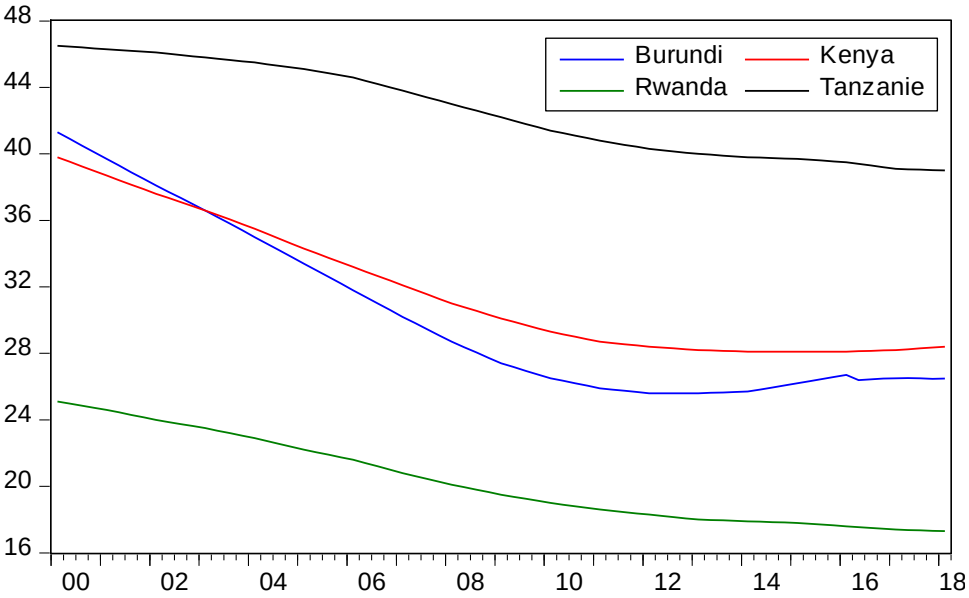
La croissance de la population burundaise qui était jadis faible dans la sous-région a surplombé depuis 2003 au moment où celle du Kenya battait la retraite. Au Rwanda, la crise des années 90 a provoqué une chute sensible de la population. L'année de 2003 est le début d'une croissance stable dans la région d'étude.

### f) Évolution de la prévalence de l'anémie chez les femmes en âge de procréer

L'anémie chez les femmes en âge de procréer est un manomètre qui imprègne l'insécurité alimentaire dans les pays de la zone d'étude. La carence en fer en est la cause principale et

l'anémie ferriprive nuit au développement cognitif de l'enfant, agit sur la grossesse, contribue à la mortalité maternelle et affecte la capacité de travail des adultes. Elle est peut-être également causée par la carence en vitamine B (anémie macrocytaire). La figure suivante montre l'évolution dans le temps de la prévalence de l'anémie dans la zone d'étude.

***Figure IV-9: Evolution de la prévalence de l'anémie chez les femmes en âge de procréer depuis 2000 à 2018***



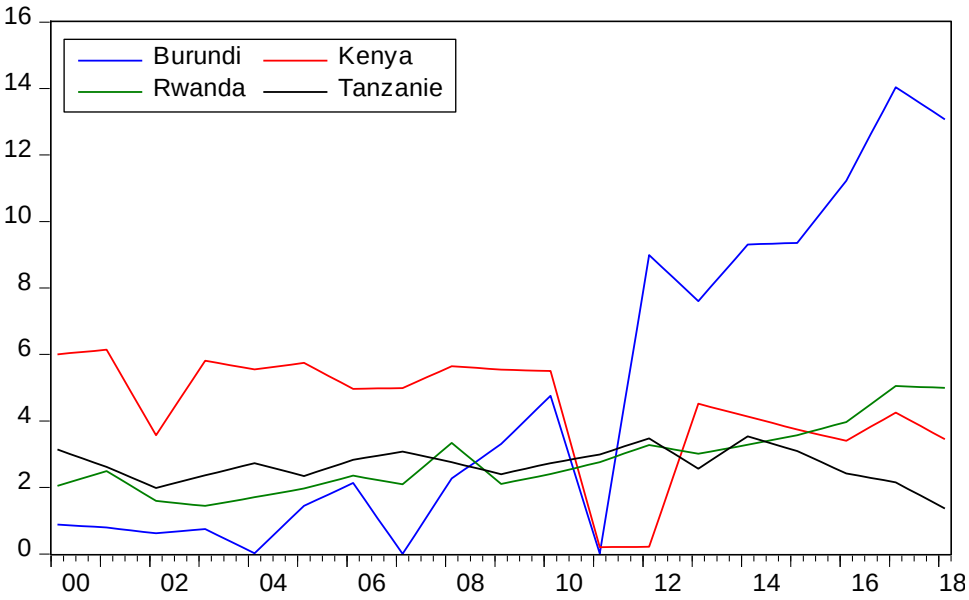

Source : Adaptation de l'Auteur

La prévalence de l'anémie chez les femmes en âge de procréer diminue au fur du temps pour les pays considérés de la zone. Pendant la période de l'étude, c'est la Tanzanie qui prend le devant avec une prévalence de l'anémie plus élevée chez les femmes en âge de procréer (15-49 ans) par rapport aux autres pays de la zone d'étude alors que le Rwanda a une prévalence de l'anémie moins élevée chez les femmes en âge de procréer dans cette zone.

### g) Evolution de l'indice d'ouverture commerciale

Etant le ratio de la moyenne des exportations et des importations sur le PIB (en valeur courant), il mesure la place que tient le reste du monde dans l'économie d'un pays. Il mesure le niveau de la contrainte extérieure et s'évalue par de multiples éléments significatifs et informatifs du degré d'échange d'une économie avec le reste du monde. Un pays avec un très faible taux d'ouverture vit en quasi autarcie alors qu'un pays à fort taux d'ouverture à une économie extravertie. La figure ci-dessous indique l'évolution de cet indice dans les pays de la zone d'étude.

***Figure IV-10: Evolution de l'indice d'ouverture commerciale dans la zone d'étude depuis 2000 à 2018***




Source : Adaptation de l'Auteur

Avant de chuter en mi 2010, le Kenya avait une économie plus ouverte par rapport à d'autres pays de la zone depuis 2000 au moment où le Burundi avait un taux faible jusqu'en mi 2008 avant d'inverser la tendance en 2011 pour devenir le premier pays de la sous-région à indice d'ouverture commerciale élevé. Depuis 2014 à nos jours, c'est la Tanzanie qui a un indice le plus bas par rapport à d'autres pays de la zone d'étude.

## IV.2. TEST DE RACINE UNITAIRE

Dans la plupart des cas, les variables macroéconomiques ont des tendances et conséquemment, cela fait que souvent ces dernières soient non-stationnaires. Le problème de non-stationnarité ou de tendances des variables dans un modèle économétrique mènent à de fausses conclusions. Selon Granger & Newbold (1974), en présence des variables non stationnaires, on aboutit à une régression fallacieuse. Conséquemment, Dickey & Fuller (1979 ; 1981) ont recommandé de faire des tests de stationnarité avant toute étude sur les séries temporelles afin de pallier à ce problème. Un certain nombre de tests ont été développés pour ce faire, notamment celui de Dickey et Fuller, de Phillips & Perron (1988) et pas mal d'autres. En général, les tests de racine unitaire couramment utilisés, tels que le test de Dickey-Fuller (DF) et le test de DF augmentée (ADF) (Dickey & Fuller, 1981), ont des distributions limites non standard qui dépendent de l'inclusion ou non de composants déterministes dans l'équation de régression (Barbieri, 2005). Selon ce dernier auteur, dans des échantillons finis, ces tests montrent peu de puissance pour distinguer la racine unitaire des alternatives stationnaires et les tests de racine unitaire basés sur une seule série chronologique avec des écarts très persistants par rapport à l'équilibre. La raison de la mauvaise performance des tests de racine unitaire standard dans le cadre du panel peut être l'hypothèse nulle différente testée dans ce cas. Ainsi, des tests de racine unitaires de première et de seconde génération ont été mis en place testant l'indépendance et la dépendance transversale respectivement. Pour Baltagi & Kao (2000), dans le cadre du grand panel on espère pouvoir faire une meilleure combinaison des deux mondes : la méthode de traitement des données non stationnaires de la série chronologique et l'augmentation des données et de la puissance de la section transversale. Dans le cadre de notre étude, parmi tant de tests développés tels que nous les trouvons dans bon nombre d'ouvrages, nous allons seulement utiliser le test de Im *et al.* (2003) qui autorise un coefficient hétérogène et proposent une procédure de test alternative basée sur la moyenne des statistiques de test de racine unitaire individuelle. IPS a suggéré une moyenne des tests (A)DF lorsque $u_t$ est corrélé en série avec différentes propriétés de corrélation en série à travers les unités transversales. Le choix de ce test est aussi guidé par le fait qu'il s'applique au panel non cylindré (Barbieri, 2005) comme c'est le cas pour nos données. Le tableau suivant montre les résultats du test de stationnarité.

***Tableau IV-1: Résultats du test de racine unitaire***

| Variables | Tests | Section transversale | Valeur et p-value | Niveau de stationnarité |
|---|---|---|---|---|
| LFP(Maïs) | IPS(w-test) | | -6,979 (0,000) | Différence première |
| | ADF | Burundi<br>Kenya<br>Tanzanie<br>Rwanda | -3,4705 (0,045)<br>-5,239 (0,000)<br>-6,1203 (0,000)<br>-4,9475(0,000) | |
| LFP(Riz) | IPS(w-test) | | -15,349 (0,000) | Différence première |
| | ADF | Burundi<br>Kenya<br>Tanzanie<br>Rwanda | -4,752(0,000)<br>-10,573(0,000)<br><br>-12,114(0,000) | |
| PGR | IPS(w-test) | | -10,054 (0,000) | Différence seconde |
| | ADF | Burundi<br>Kenya<br>Tanzanie<br>Rwanda | -6,940 (0,000)<br>-2,594 (0,096)<br>-6,851 (0,000)<br>-7,890 (0,000) | |
| LGDPC | IPS(w-test) | | -6,438(0,000) | Différence première |
| | ADF | Burundi<br>Kenya<br>Tanzanie<br>Rwanda | -4,244 (0,001)<br>-3,980 (0,002)<br>-4,302 (0,001)<br>-4,672 (0,000) | |
| LGDPG | IPS(w-test) | | -15,349 (0,000) | Différence première |
| | ADF(t-test) | Burundi<br>Kenya<br>Tanzanie<br>Rwanda | -3,997 (0,002)<br>-4,393 (0,000)<br>-3,235(0,021)<br>-4,816(0,000) | |
| LRPR | IPS(w-test) | | -28,284 (0,000) | Différence seconde |
| | ADF | Burundi<br>Kenya<br>Tanzanie<br>Rwanda | -11,875 (0,000)<br>-14,294(0,000)<br>-14,360(0,000)<br>-14,291(0,000) | |
| LUPR | IPS(w-test) | | -25,772 (0,000) | Différence seconde |
| | ADF | Burundi<br>Kenya<br>Tanzanie<br>Rwanda | -5,889 (0,000)<br>-14,259 (0,000)<br>-14,331 (0,000)<br>-14,268 (0,000) | |
| LF | IPS(w-test) | | -11,345(0,000) | Différence première |
| | ADF | Burundi<br>Kenya<br>Tanzanie<br>Rwanda | -7,293(0,000)<br>-5,295(0,000)<br>-6,052(0,000)<br>-7,182(0,000) | |
| LRF | IPS(w-test) | | -8,73378 (0,000) | En niveau |
| | ADF | Burundi<br>Kenya<br>Tanzanie<br>Rwanda | -5,6623 (0,000)<br>-5,5154 (0,000)<br>-6,1439 (0,000)<br>-5,2653 (0,000) | |
| LLI | IPS(w-test) | | -24,940 (0,000) | Différence première |
| | ADF | Burundi<br>Kenya<br>Tanzanie<br>Rwanda | -8,944 (0,000)<br>-12,127 (0,000)<br>-14,680 (0,000)<br>-12,350 (0,000) | |
| LHA(Maïs) | IPS(w-test) | | -10,015(0,000) | Différence première |
| | ADF | Burundi<br>Kenya<br>Tanzanie | -5,4004(0,000)<br>-7,6785(0,000)<br>-5,2925(0,000) | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Rwanda | -5,4274(0,000) | |
| LHA(Riz) | IPS(w-test) | | -7,144 (0,000) | Différence première |
| | ADF | Burundi | -4,956 (0,000) | |
| | | Kenya | -4,883 (0,000) | |
| | | Tanzanie | -4,932 (0,000) | |
| | | Rwanda | -5,116 (0,000) | |
| LT | IPS(w-test) | | -6,70854 (0,000) | Différence première |
| | ADF | Burundi | -4,5045 (0,000) | |
| | | Kenya | -4,3615 (0,000) | |
| | | Tanzanie | -4,9592 (0,000) | |
| | | Rwanda | -4,1336( 0,001) | |
| | IPS(w-test) | | -11,2806 (0,000) | Différence première |
| | ADF | Burundi | -5,6350(0,000) | |
| LH(Maïs) | | Kenya | -6,2412(0,000) | |
| | | Tanzanie | -6,8840(0,000) | |
| | | Rwanda | -7,0419(0,000) | |
| | IPS(w-test) | | -24,2409 (0,000) | Différence première |
| | ADF | Burundi | -14,512 (0,000) | |
| LH(Riz) | | Kenya | -15,152 (0,000) | |
| | | Tanzanie | - | |
| | | Rwanda | -11,065 (0,000) | |
| | IPS(w-test) | | -5,764 (0,000) | Différence première |
| | ADF | Burundi | -3,898 (0,014) | |
| XM(Maïs) | | Kenya | -4,428(0,002) | |
| | | Tanzanie | -4,803 (0,001) | |
| | | Rwanda | -4,634 (0,001) | |
| | IPS(w-test) | | -18,5732 (0,000) | Différence première |
| LXM(Riz) | ADF | Burundi | -13,039 (0,000) | |
| | | Kenya | -9,6704 (0,000) | |
| | | Tanzanie | - | |
| | | Rwanda | -9,6088 (0,000) | |
| | IPS(w-test) | | -12,681(0,000) | Différence seconde |
| | ADF | Burundi | -9,0064(0,000) | |
| WA | | Kenya | -2,832(0,191) | |
| | | Tanzanie | -8,488(0,000) | |
| | | Rwanda | -8,414(0,000) | |
| | IPS(w-test) | | -12,059(0,000) | Différence seconde |
| | ADF | Burundi | -6,551(0,000) | |
| CPI | | Kenya | -6,309(0,000) | |
| | | Tanzanie | -7,300(0,000) | |
| | | Rwanda | -8,259(0,000) | |
| | IPS(w-test) | | -7,969(0,000) | Différence seconde |
| | ADF | Burundi | -7,808(0,000) | |
| FPI | | Kenya | -7,808(0,000) | |
| | | Tanzanie | -8,808(0,000) | |
| | | Rwanda | -8,674(0,000) | |
| | IPS(w-test) | | -12,708(0,000) | Différence seconde |
| | ADF | Burundi | 5,801(0,000) | |
| OTI | | Kenya | -8,186(0,000) | |
| | | Tanzanie | -5,921(0,000) | |
| | | Rwanda | -9,664(0,000) | |
| | IPS(w-test) | | -7,131 (0,000) | Différence première |
| | ADF | Burundi | -3,509(0,041) | |
| LGH | | Kenya | -4,858 (0,000) | |
| | | Tanzanie | -5,532 (0,000) | |
| | | Rwanda | -6,211 (0,000) | |

*Note : (.) dénotent la probabilité associée à chaque valeur du test de racine unitaire.*

# IV.3. RESULTATS D'ANALYSES ECONOMETRIQUES

## IV.3.1. AUTOCORRELATION DES ERREURS

Selon Gujarati (2003), l'autocorrélation des erreurs peut être défini comme étant la corrélation entre les membres d'une série d'observations ordonnées dans le temps (données de séries temporelles) ou dans l'espace (données transversales) et cela peut provenir de plusieurs sources qui sont soit l'absence d'une variable explicative importante soit une mauvaise spécification du modèle ou soit un lissage par moyenne mobile ou une interpolation des données (Bourbonnais, 2015). La détection de ce problème se fait à l'aide de plusieurs tests mais les plus usuels sont le test de Durbin et Watson (DW) permettant de détecter une autocorrélation des erreurs d'ordre 1 ainsi que le test de Breusch-Godfrey fondé sur un test de Fisher de nullité de coefficients ou de Multiplicateur de Lagrange « LM test », permettant de tester une autocorrélation d'un ordre supérieur à 1 et reste valide en présence de la variable dépendante décalée en tant que variable explicative (Bourbonnais, 2015 ; Gujarati, 2003). Dans notre étude, nous avons utilisé le test de DW. Le tableau ci-dessous montre les valeurs de ce test issu de l'estimation des équations 25 et 26 :

***Tableau IV-2: Résultats du test d'autocorrélation de DW***

| | Maïs | Riz |
|---|---|---|
| Equation | Valeur | Valeur |
| 25 | 0,082 | 0,104 |
| 26 | 0,091 | |

Puisque la valeur du test de DW n'est pas proche de 2, cela nous indique qu'il y a une autocorrélation du premier ordre pour les deux équations. En présence de cet état de fait, il faut corriger l'autocorrélation en décalant la variable explicative et inclure les décalages trouvés parmi les variables explicatives (Thomas, 1997). En effet, en utilisant les critères d'information sous le logiciel Eviews, six décalages sont acceptables. Nos modèles deviennent alors :

$$LFP_{it} = \beta_{0i} + \sum_{j=1}^{6} \beta_i FP_{it-j} + \beta_7 LPE_{it} + \beta_8 PGR_{it} + \beta_9 LGDPC_{it} + \beta_{10} LRPR_{it} + \beta_{11} LUPR_{it} + \beta_{12} GDPG_{it} + \beta_{13} F_{it} + \beta_{14} LHA_{it} + \beta_{15} LRF_{it} + \beta_{16} GH_{it} + \beta_{17} LLI_{it} + \beta_{18} H_{it} + \beta_{19} XM_{it} + \beta_{20} LF + u_{it} \quad (27)$$

Et

$$WA = \beta_{0it} + \beta_1 GDPC_{it} + \beta_2 FPI_{it} + \beta_3 PE_{it} + \beta_4 OTI_{it} + \beta_5 PGR_{it} + \beta_6 CPI_{it} + \beta_7 H_{it} + \sum_{j=1}^{6} \beta_j WA_{it-j} + \nu_{it} \quad (28)$$

Toutefois, avant de passer à l'estimation d'un modèle économétrique des données de panel, il est préférable de conduire un test d'homogénéité des pentes et/ou des coefficients pour enfin trouver une configuration adéquate de la structure panel ou rejeter carrément cette structure (Hsiao, 2014).

### IV.3.2. TEST D'HOMOGENEITE

Le test d'homogénéité est basé sur l'Analyse de la Covariance (ANCOVA) des erreurs des sections transversales (individus) et est fondé sur un test de Fisher (Hsiao, 2014). Il nous permet de tester successivement trois hypothèses suivantes :

1. L'égalité de tous les *N* $\beta_i$ pentes (vecteurs des paramètres) $(\beta_i = \beta \forall i \in (1, N))$ et de tous les $\beta_{0i}$ constantes du modèle $(\beta_{0i} = \beta_0 \forall i \in (1, N))$; ce que nous qualifions d'homogénéité globale ou de panel homogène ;
2. Les *N* vecteurs de paramètres $\beta_i$ ($\beta_i = \beta \forall i \in (1, N)$) sont identiques tandis que les constantes $\beta_{0i}$ sont différents selon les individus ($\beta_i = \beta \forall i \in (1, N)$. Nous obtenons une structure panel à effets individuels ;
3. Les N constantes sont identiques $(\beta_{0i} = \beta_0 \forall i \in (1, N))$ tandis que les vecteurs de paramètres $\beta_i$ sont différents selon les individus. Dans ce cas, seules les constantes parmi tous les coefficients du modèle sont identiques ; nous avons donc *N* modèles différents. Le tableau suivant montre les résultats de tous ces trois tests :

***Tableau 4-3 : Résultats du test d'homogénéité***

| | | Statistiques de Fisher et probabilité | |
|---|---|---|---|
| Equations | Hypothèses | Maïs | Riz |
| 27 | $H^1$ | 14,778*** | 3,039*** |
| | $H^2$ | 14,863*** | 3,026*** |
| | $H^3$ | 0,832 | 2,402* |
| 28 | $H^1$ | 2,009*** | |
| | $H^2$ | 1,893*** | |
| | $H^3$ | 4,477** | |

*Note : ***, ** et * dénotent la significativité à 1%, 5% et à 10% respectivement.*

Les résultats du test d'homogénéité montrent que tous les tests sont significatifs au seuil de 5% ce qui nous permet de rejeter toutes les hypothèses nulles ou tout simplement rejeter la structure panel pour toutes les équations. Les sections sont donc totalement hétérogènes, chaque pays va être étudié séparément (individuellement). A cause de la longueur des tableaux, les résultats d'analyse sont mis dans les annexes.

## IV.3. 3. INTERPRETATION DES RESULTATS ECONOMETRIQUES

### *IV.3. 3. 1. BURUNDI*

#### 1. Disponibilité

Les résultats d'analyse tels que présentés dans l'annexe montrent tous les facteurs considérés dans le modèle pris conjointement expliquent significativement la production à 99%. En ce qui est de la significativité individuelle, la production est influencée par les productions des trimestres antérieurs, les précipitations, la population rurale et urbaine, le niveau de développement (PIB par habitant), la superficie emblavée, terres équipées d'infrastructure d'irrigation ainsi que les émissions des gaz. Le tableau suivant montre les contributions des variables significatives et de la volatilité du modèle de l'équation 27.

***Tableau IV-3: Résultats d'estimation du modèle de l'équation 27 pour le Burundi***

| Variable dépendante LFP | | | |
|---|---|---|---|
| Maïs | | Riz | |
| Variables explicatives | Coefficient | Variables explicatives | Coefficient |
| LFP(-1) | 1,446*** | LFP(-1) | 1,453*** |
| LFP(-2) | -0,55*** | LFP(-2) | -0,484*** |
| LFP(-4) | -0,724*** | LFP(-4) | -0,394*** |
| LFP(-5) | 1,047*** | LFP(-5) | 0,624** |
| LFP(-6) | -0,437*** | LGDPC(-5) | 0,72** |
| LRF(-5) | -0,159* | LHA | 0,649** |
| LRPR(-4) | -11,238** | LHA(-1) | -0,996** |
| LRPR(-5) | 14,528** | LH | 0,010 |
| LUPR | 32,004*** | LH(-1) | -0,005 |
| LUPR(-1) | -38,138* | LH(-2) | -0.017 |
| LUPR(-4) | -30,536** | C | 14,171 |
| LUPR(-5) | 37,531* | | |
| LGDPC(-4) | -0,23* | | |
| LGDPC(-5) | 0,255** | | |
| LGH(-5) | -0,84* | | |
| LGH(-6) | 0,415* | | |
| LHA | 1,389*** | | |
| LHA(-1) | -2,056*** | | |
| LHA(-2) | 0,726*** | | |
| LHA(-4) | 0,993*** | | |
| LHA(-5) | -1,509*** | | |
| LHA(-6) | 0,612*** | | |
| LLI | -1,286*** | | |
| LLI(-1) | 1,63*** | | |
| LLI(-6) | -0,307* | | |
| LH | -0,000673 | | |
| LH(-1) | -0,003741 | | |
| LH(-2) | -0,002411 | | |
| C | 5,397 | | |
| $R^2$ | 0,998 | | 0,998 |
| Observations | 187 | | 198 |
| Stat. de Test F | 916,509 | | 868,148 |
| Prob( Test F ) | 0,000 | | 0,000 |
| *Note: ***, **, * dénotent respectivement la significativité au seuil de 1%, de 5% et de 10%* | | | |

Cependant, la volatilité des prix des produits alimentaires prise en considération dans notre étude pendant la période considérée (le riz et le maïs) n'influence pas significativement la production dans cette zone d'étude. Nonobstant, sa contribution est négative. Ces résultats corroborent les résultats de Fridoline *et al.* (2013) et de Deniz *et al.*(2020) dans les pays en développement. Cela veut dire qu'elle est au-delà de la limite pouvant inciter la machine productive afin d'accroître la production ; les prix sont très volatiles. Les variables responsables du changement climatique (les précipitations, la température ainsi que les GES) n'ont pas une influence significative sur la production du riz, plutôt sur la production du maïs. Les GES du 5è et du 6è trimestre antérieurs ont des effets significatifs et contradictoires sur la production. Les GES émis ont une influence négative sur la production du maïs (1% d'équivalent $CO_2$ diminue la production du maïs de 0,84% après un an et demi de l'émission tandis qu'après 1 an et huit mois il provoquera une augmentation de 0,415%). A l'appui de ce résultat, on peut dire que le $CO_2$ atmosphérique émis n'est bénéfique qu'après 6 trimestres depuis le jour de l'émission. En plus, l'agriculture de cette zone d'étude n'est pas influencée par le commerce extérieur car il ne porte pas atteinte significative sur la production pendant la période considérée.

Par ailleurs, la production de ces deux produits est influencée positivement et significativement par les récoltes antérieures surtout du dernier trimestre (l'augmentation de 1% de la production d'un trimestre provoque sur la production du trimestre suivant une augmentation pour de 1,44% pour le maïs et de 1,45% pour le riz et cette contribution est significative). Même si la population rurale était censée influencer positivement la production, c'est tout à fait le contraire dans cette zone d'étude. Au Burundi, la croissance de la population rurale de 1% provoque la diminution de la production du maïs de 11% après 4 trimestres tandis cet effet est annulé par le 5è trimestre antérieur qui provoque une augmentation de la production de 14%. Cela est expliqué par une proportion qui passe de l'état de dépendance au stade actif. Cependant, la population urbaine affecte positivement la production. La croissance de la population urbaine de 1% pendant un trimestre provoque une augmentation de la production du maïs de 32% de ce trimestre. Ce fait expliqué par le fait que non seulement le milieu urbain est un marché potentiel d'écoulement, ses habitants participent indirectement le plus souvent dans la production par le biais de l'assistance de leurs proches qui sont restés dans la campagne et directement en pratiquant l'agriculture comme activité secondaire.

Comme escompté, le niveau de développement par habitant contribue positivement à la production du riz puisque le riz est plus une culture de rente que d'autoconsommation. Si le PIB par habitant augmente de 1%, la production du riz augmentera de 0,719% après un an et

demi. Le fait de ce retard est probablement lié à la prise de décisions des administrations dans la disponibilisation des fonds nécessaires pouvant servir dans l'achat des intrants agricoles et aussi du cycle végétatif de la culture. En ce qui concerne la production du maïs, l'effet dépend de la période. Toutefois, la croissance du PIB par habitant n'est pas une bonne nouvelle pour la production du maïs même si l'effet négatif de la 4è période (0,23%) est anéanti par l'effet positif de la 5è période (0,254%). Cela est peut-être dû au fait que l'ancrage du maïs comme culture de rente est encore faible.

Un autre résultat fascinant de cette étude est celui de l'innovation dans le domaine de l'irrigation. Les terres équipées d'infrastructures d'irrigation ne sont pas soumises à la production du maïs. Cela est tout à fait compréhensible puisque les terres irriguées sont destinées à la culture du riz. On peut pratiquer l'agriculture diversifiée dans les marais non aménagés mais dès qu'ils sont équipés d'infrastructures d'irrigation ils deviennent automatiquement un domaine rizicole. Par ailleurs, ce fait paraît prometteur pour le trimestre suivant dans la mesure où les exploitants voyants leur propriété destinée à l'agriculture diversifiée dans les marais se rétrécir vont conquérir des nouvelles étendues sur la terre ferme. Il est évident que la superficie emblavée contribue positivement à la production. Pour le riz, un accroissement de la superficie de 1% gonfle la production du riz de 0,648% tandis que la production du maïs augmente de 1,389%.

**2. Utilisation**

Les facteurs prise en considération dans le modèle influencent la prévalence de l'anémie chez les femmes en âge de procréer à 99%. Le modèle est globalement significatif à 1%. Les tests de spécification de Ramsey, d'autocorrélation de Breusch-Godfrey et d'hétéroscédasticité de Breusch-Pagan-Godfrey permettent l'attestation de la robustesse de ces résultats. Le tableau suivant nous montre les résultats pertinents de l'étude de l'équation 28.

***Tableau IV-4: Résultats d'estimation du modèle de l'équation 28 pour le Burundi***

| | Variable dépendante : WA | | | |
|---|---|---|---|---|
| Variables explicatives | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
| WA(-1) | 0,995 | 0,390 | 2,554 | 0,019 |
| LFPI | 1,275 | 0,531 | 2,401 | 0,026 |
| LFPI(-1) | -1,727 | 0,956 | -1,806 | 0,085 |
| LHC | -0,014 | 0,031 | -0,449 | 0,658 |
| LHC(-1) | -0,008 | 0,017 | -0,499 | 0,623 |
| LHC(-2) | -0,025 | 0,018 | -1,422 | 0,170 |
| LHC(-3) | -0,005 | 0,020 | -0,255 | 0,801 |
| LHC(-4) | -0,011 | 0,007 | -1,523 | 0,143 |
| LHR | -0,011 | 0,013 | -0,852 | 0,404 |
| LHR(-1) | -0,011 | 0,012 | -0,937 | 0,360 |
| LHR(-2) | -0,013 | 0,017 | -0,744 | 0,465 |
| LHR(-3) | -0,003 | 0,026 | -0,102 | 0,920 |
| LPEC(-3) | -0,519 | 0,266 | -1,950 | 0,065 |
| C | -2,619 | 3,045 | -0,860 | 0,400 |
| $R^2$ | | | | 0,999 |
| Observations | | | | 68 |
| Stat, De Test de Fisher | | | | 10246,710 |
| Prob(Test de Fisher) | | | | 0,000 |

Ces résultats permettent pareillement d'aménager la significativité individuelle des coefficients associés aux variables de la volatilité des prix. En effet, contrairement à ce qu'on espérait, la prévalence de l'anémie chez les femmes en âge de procréer est positivement balancée par l'indice de production vivrière. La croissance de l'indice production vivrière de 1% permet un gonflement de la prévalence de l'anémie chez les femmes en âge de procréer de 1,275%. Ce résultat montre que la situation d'insécurité alimentaire peut se manifester au moment où il y a une abondance de la production ce qui coïncide avec les analyses de Sen (1981) en rapport avec l'accessibilité alimentaire. Même en cas d'abondance, il existe des ménages pauvres (ruraux) dont le pouvoir d'achat reste un facteur limitant et d'autres encore qui n'accèdent à l'alimentation équilibrée à cause de multiples raisons comme l'ignorance par exemple. Tout compte fait, cet effet est un peu atténué par la production du premier retard (trimestre passé) qui influence négativement de l'anémie chez les femmes en âge de procréer par l'effet des stocks. Pourtant, le prix espéré à la production par les agriculteurs il y a 3 trimestres favorise la diminution de la prévalence de l'anémie chez les femmes en âge de procréer. Cela est d'autant plus compréhensible parce que le prix de cette même période contribue à l'augmentation de la production. En plus, ces résultats nous laissent voir que dans cette zone d'étude, la prévalence de l'anémie chez les femmes en âge de procréer diminue tous les trois moins de 0,006% pendant la période considérée et cette diminution est significative.

### *IV.3. 3. 2. KENYA*

**1. Disponibilité**

Dans cette zone d'étude, les déterminants de la production des deux cultures sont entre autres la production antérieure, les précipitations, la température, la quantité de fertilisants appliqué par hectare, la quantité des GES émis, la croissance économique, la superficie emblavée, la croissance démographique, la superficie des terres équipées d'infrastructures d'irrigation ainsi que le PIB par habitant. Les variables prises conjointement expliquent le modèle à 99% et la significativité conjointe est de 1% comme le prouve le test de Fisher. Le test d'autocorrélation et d'hétéroscédasticité témoignent de la robustesse de ces résultats du modèle. Le tableau suivant montre les variables significatives du modèle et les résultats de la régression sont placés en annexe.

***Tableau IV-5: Résultats d'estimation du modèle de l'équation 27 pour le Kenya***

| Variable dépendante : LFP | | | |
|---|---|---|---|
| Maïs | | Riz | |
| Variables explicatives | Coefficient | Variables explicatives | Coefficient |
| LFP(-1) | 1,428*** | LFP(-1) | 1,252*** |
| LFP(-2) | -0,511*** | LFP(-4) | -0,334* |
| LFP(-5) | 0,403** | LFP(-5) | 0,314* |
| LRF | 0,151** | LRF | -0,376*** |
| LRF(-1) | -0,261* | LRF(-1) | 0,485** |
| LTP | -1,556* | LTP | -8,481*** |
| DPGR(-5) | 5,811* | LTP(-1) | 8,783*** |
| LGDPG | 0,019*** | LGDPG | 0,036*** |
| LF | -0,139** | LGDPG(-1) | -0,033** |
| LF(-1) | 0,204** | LGDPC | -1,299*** |
| LGH | 0,499* | LGDPC(-1) | 2,155** |
| LHA | 1,318*** | LH | 0,014 |
| LHA(-1) | -1,903*** | LH(-1) | -0,003 |
| LHA(-2) | 0,690* | LH(-2) | 0,014 |
| LLI(-5) | -1,819* | LH(-3) | -0,006 |
| PE(-4) | -0,140** | LF(-1) | 0,241* |
| LH | 0,012 | LGH(-5) | -2,489*** |
| LH(-1) | 0,007 | LGH(-6) | 2,881*** |
| C | 6,754 | LHA | 0,957*** |
| | | LHA(-1) | -1,024** |
| | | LHA(-4) | 0,770* |
| | | LHA(-5) | -0,870*** |
| | | C | -18,893 |
| $R^2$ | 0,997 | | 0,999 |
| Observations | 184 | | 133 |
| Stat. de test de Fisher | 319,060 | | 497,543 |
| Prob(test de Fisher) | 0,000 | | 0,000 |

*Note : ***, **, * dénotent respectivement la significativité au seuil de 1%, de 5% et de 10%*

Les résultats du tableau IV-4 montrent que la contribution de la volatilité contemporaine sur la production du riz et du maïs est positive mais non significative. La volatilité contemporaine n'a

pas d'influence sur la production qui est déjà en place, car les décisions de produire émanent des réalisations passées, donc la volatilité des prix observés sur le marché avant la saison culturale. Pour le riz, les leçons tirées de la volatilité antérieure influencent négativement la production (surtout après le premier et le troisième trimestre). Suite à une volatilité élevée, les producteurs réorientent les investissements qui étaient destinés à la production du riz ce qui provoque un faible rendement. Ce résultat renforce ce que Haile *et al.* (2015) ont trouvé sur la production du riz et du blé dans les pays du G7. Cependant, le second trimestre a une influence positive sur la production. Selon Deniz *et al.*(2020), une forte volatilité dans les pays sub-sahariens peut avoir une influence positive et significative sur la croissance économique. Les précipitations ont des effets significatifs divergents vis-à-vis des deux produits. Pour le maïs, la pluie de la saison en cours influence positivement et significativement la production de cette saison du fait que le maïs est une culture pluviale et à forte tolérance durant son cycle végétatif face aux précipitations (l'augmentation d'un millimètre de plus sur la moyenne annuelle des précipitations fait accroître la production des maïs de 0,15%). L'effet des précipitations sur la production du trimestre suivant est négatif et prévoit une chute considérable de la production (diminution de 0,29% pour un millimètre de plus au-delà de la moyenne annuelle. Mais cet effet est atténué voire annulée par l'effet des précipitations de la saison en cours vu qu'elles ont une influence positive forte sur la production. En ce qui est du riz, même si elle est une culture aussi tolérante aux précipitations, les résultats montrent que plus précipitations au-delà de la moyenne annuelle influencent négativement et significativement la production. Cela est justifié par le fait que beaucoup de précipitations à certains stades végétatifs du riz sont néfastes. Cependant, les précipitations d'un retard d'une période par leur effet d'humidifier les pépinières et les casiers rizicoles influencent positivement et significativement la production.

La température annuelle quant à elle, les résultats montrent qu'elle influence négativement la production des deux produits dans cette zone d'étude. Pour le maïs, l'augmentation de 1°C au-delà de la moyenne annuelle fait chuter la production de 1,556% par trimestre tandis que cette diminution arrive jusqu'à 8,48% pour le riz. Cette diminution est due en grande partie par le fait qu'elle est généralement une culture peu tolérante à un fort ensoleillement prolongé dès le jour du semis. Pour le riz, en cas d'un fort ensoleillement prolongé suivi d'une diminution considérable du flux hydrique dans les casiers rizicoles, c'est une perte totale de la production surtout au stade de la floraison.

En ce qui concerne les émissions des gaz, contrairement à ce qu'a trouvé Molyneux et al., (2012), leurs effets sont directs et bénéfiques pour la production du maïs. Pour le riz, ces effets se font ressentir après un certain temps avec effet controversé, après un an et demi, les gaz émis ont une influence négative sur la production tandis qu'après un an et huit mois, ils influencent positivement. Tout compte fait, l'augmentation des émissions est néfaste sur la production de toutes les cultures dans le contexte d'un environnement pris en son ensemble.

Le commerce extérieur n'a pas une influence significative sur la production dans cette zone d'étude. La production est de plus en plus dépendante de la superficie emblavée pour toutes les deux cultures. Pour le maïs, l'augmentation de la superficie cultivée de 1% contribue sur la production de 1,31% et cette contribution est significative. Pour le riz, cette augmentation est seulement de 0,95% pour un hectare de superficie emblavée. Ce qui influence la production dans cette zone est la quantité des fertilisants utilisés. Les fertilisants utilisés ne sont pas entièrement absorbés par les plantes, la quantité restante dans le sol influence positivement la production future pour les deux cultures. Pour 1T/ha d'engrais utilisé influence la production du trimestre suivant de 0,20% et de 0,24% pour le maïs et le riz respectivement. Un autre facteur déterminant de la production pour le riz est le capital dont disposent les habitants (PIB/hab). L'accroissement du PIB/hab de 1% contribue à la production du trimestre suivant une augmentation de 2,15%. Également pour le riz, la croissance économique globale du pays du trimestre en cours influence significativement l'augmentation de la production de ce trimestre cela par biais de la disponibilisation des intrants nécessaires. Par contre, les résultats montrent que la croissance économique a aussi un impact négatif du trimestre suivant, une croissance de 1% du PIB contribue une diminution de la production du riz du trimestre suivant de 0,032%.

**2. Utilisation**

La prévalence de l'anémie chez les femmes en âge de procréer au Kenya est influencée principalement par le taux des femmes anémiques de la période précédente, de l'indice du prix à la consommation, de l'indice de la production vivrière, du PIB par habitant, de la volatilité du prix du riz et du maïs, de l'indice d'ouverture commerciale ainsi que la croissance démographique. Ces facteurs expliquent la prévalence de l'anémie chez les femmes en âge de procréer à 99% et ces contributions sont significatives au seuil de 1%. Le tableau suivant montre les contributions de ces variables significatives, les résultats de la régression sont mis en annexe.

***Tableau IV-6: Résultats d'estimation du modèle de l'équation 28 pour le Kenya***

| Variable dépendante: WA | |
|---|---|
| Variable explicatives | Coefficient |
| WA(-1) | 0,968*** |
| CPI | -0,012* |
| CPI(-1) | 0,017* |
| FPI | -0,004* |
| FPI(-1) | 0,005* |
| GDPC | -0,002* |
| GDPC(-1) | 0,002* |
| HC(-3) | -556,148*** |
| HC(-4) | -395,369* |
| HR | 8,102* |
| HR(-4) | -17,303*** |
| OTI | 0,015** |
| OTI(-1) | -0,028*** |
| PGR | 6,502*** |
| PGR(-1) | -7,814** |
| PGR(-4) | -5,170* |
| PGR(-5) | 6,555** |
| C | 3,470 |
| $R^2$ | 0,999 |
| Observations | 65 |
| Stat. de test de Fisher | 319720,100 |
| Prob(test de Fisher) | 0,000 |
| DW | 2,027 |

*Note : ***, **, * dénotent respectivement la significativité au seuil de 1%, de 5% et de 10%*

Les résultats du tableau IV-5 nous montrent que la volatilité des prix des deux produits a une influence significative sur le taux d'anémie chez les femmes en âge de procréer mais cela au degré différent. La volatilité des prix du maïs a une forte influence sur l'anémie chez les femmes en âge de procréer par rapport à celle causé par le riz. L'augmentation incertaine survenue au cours d'un trimestre de 1% du prix de 1 kg du maïs cause une augmentation (faiblement significatif) de 218% chez les femmes en âge de procréer alors qu'elle de 8% pour le riz. Le temps nécessaire pour que la volatilité observée sur le marché contribue à la diminution du taux d'anémie chez les femmes en âge de procréer est d'environ une année pour les deux produits. Cela parce qu'il doit y avoir un temps pour produire, de mise en disponibilité des produits sur le marché, d'attente de l'effet des aliments consommés dans l'organisme humain. Après le 3è et le 4è trimestre, la volatilité du prix du maïs contribue à la diminution sensible et significative du taux d'anémie chez les femmes en âge de procréer (556,14% et 395,36% respectivement) tandis celle du riz ne contribue à une diminution que de 17,3% seulement après le 4è trimestre. Cette contribution de la volatilité du prix maïs sur le taux d'anémie n'est pas surprenante parce qu'elle influence positivement la production. En d'autres termes, le maïs est une principale denrée dans cette zone d'étude par rapport au riz.

Pendant la période considérée dans l'étude, les résultats montrent que la prévalence d'anémie chez les femmes en âge de procréer diminue progressivement et significativement au cours du temps (0,04% chaque trimestre). Le fait que l'indice de production végétale affecte négativement le taux d'anémie chez les femmes en âge de procréer montre que la situation d'insécurité alimentaire peut coexister avec l'abondance des produits alimentaires dans une zone donnée. Ces résultats corroborent ceux de Fidoline *et al.*(2013) et renforcent les prédictions de Sen (1981). Donc, une situation d'insécurité alimentaire n'est pas seulement le fruit d'insuffisance de la production vivrière nationale, elle est aussi un problème d'insuffisance des moyens d'accès à une alimentation équilibrée. Cependant, l'abondance de la production d'un trimestre peut avoir un impact négatif sur le taux anémie chez les femmes en âge de procréer pendant le trimestre suivant par le fait que la réalisation des stocks permet l'augmentation de la disponibilité alimentaire sur marché au lendemain de nouvelles récoltes et en plus, quitter l'état nutritionnel à un autre est processus qui ne se passe pas en une seule nuit. Avec tout espoir, le niveau de développement (PIB/tête) contribue à la diminution de l'anémie chez les femmes en âge de procréer. Ce résultat conforte ceux trouvés par Kamgnia (2011) et Fidoline *et al.* (2013) disant que le PIB par tête diminue le taux de la sous-alimentation. A contrario, la croissance démographique est un facteur influençant positivement le taux d'anémie chez les femmes en âge de procréer par le fait que dans les pays en développement, un certain nombre de ménages avec beaucoup d'enfants à charge, dans la situation de l'instabilité des prix, peuvent diminuer le nombre de repas par jours ou bien, dans le souci de se sentir rassasié sacrifient la qualité par la quantité ; changent les habitudes alimentaires en adoptant une alimentation moins chère et par conséquent moins nutritive. Par contre, après un certain temps, certains enfants deviennent majeurs et prêtent pour vaquer aux activités contribuant ainsi à la diminution de la sous-alimentation dans le ménage. Un autre cas de figure possible est celui du travail des enfants dans les ménages afin de participer à la survie de sa famille. L'indice d'ouverture commerciale tend à accroître le nombre des femmes anémiques. Cela est dû au fait que ce pays exporte le plus sa production vers ses voisins du Nord qui sont un marché potentiel des vivres. Par ailleurs, ce fait est avantageux pour le trimestre suivant puisqu'il joue comme un facteur diminuant le taux des femmes anémiques en âge de procréer par le fait qu'il incite les producteurs à produire davantage.

### *IV.3. 3.3. TANZANIE*

**1. Disponibilité**

Dans cette zone d'étude, l'analyse a porté seulement sur la production du maïs faute des données sur les prix du riz. La production du maïs est alors expliquée à 99% par tous les facteurs du modèle prise conjointement. Les tests d'autocorrélation et d'hétéroscédasticité confirment l'authenticité de ces résultats. Individuellement, la production est significativement influencée par la production antérieure, la quantité des fertilisants, la croissance économique, la surface emblavée, la population rurale et par le prix espéré à la production.

***Tableau IV-7: Résultats d'estimation du modèle de l'équation 27 pour la Tanzanie***

| Variable dépendante: LFP | |
|---|---|
| Variables explicatives | Coefficient |
| LFP(-1) | 1,104*** |
| LFP(-2) | -0,505*** |
| LFP(-4) | -0,547*** |
| LFP(-6) | -0,221** |
| LF(-2) | -0,136** |
| LGDPG | 0,567*** |
| LGDPG(-1) | -0,590** |
| LGDPG(-2) | 0,252** |
| LGH | -0,063* |
| LH | -0,002 |
| LHA | 0,542** |
| LHA(-1) | -0,624** |
| LHA(-2) | 0,452*** |
| LRPR(-2) | 167,005*** |
| LRPR(-3) | -167,343*** |
| PE(-2) | 0,341** |
| C | 14,753 |
| $R^2$ | 0,994 |
| Observation | 97 |
| Stat. de test de Fisher | 322,990 |
| Prob(test de Fisher) | 0,000 |
| DW | 2,145 |

*Note : ***, **, * dénotent respectivement la significativité au seuil de 1%, de 5% et de 10%*

Comme le montre ces résultats (tableau IV-6), la volatilité des prix n'a pas une influence sur la production. En effet, l'élasticité prix espéré de la deuxième période antérieure des disponibilités du maïs est de 0,34. Ce qui montre que sur la période d'analyse, l'instabilité des prix intérieurs du maïs affecte positivement le niveau des disponibilités du maïs à l'intérieur du pays. En d'autres termes, une variation de 1% du prix espéré du maïs sur le marché intérieur entraîne une augmentation de 0,34 % du niveau des disponibilités du maïs. Ce résultat est consolateur pour la sécurité alimentaire parce que les producteurs sont satisfaits du prix reçu à la production ce qui les incite à produire davantage.

La production est balancée encore positivement par la croissance économique. Sur le plan macro-économique, ce résultat laisse penser que plus le pays laisse à la disposition les moyens nécessaires pour booster la production agricole tel que l'accroissement du budget destiné au secteur agricole. Encore comme prévu, la superficie récoltée contribue à l'augmentation de la production de cette culture. Si la superficie cultivée varie de 1%, la production à son tour varie de 0,54%. A contrario, la quantité de fertilisants n'intervient pas comme on le prévoyait. Le signe négatif des fertilisants dans la production du maïs peut nous révéler deux possibilités : la première est la plus probable est le mauvais usage de cet intrant comme le stipule Mekuria (2018) tandis que la seconde possibilité est la nature des sols qui ne sont pas compatibles avec les engrais utilisés. De plus, comme espéré, les GES entravent la production. L'augmentation des GES de 1 T d'équivalent $CO_2$ provoque une diminution de la production de 0,063%. Pour ce qui concerne la contribution de la population rurale, elle est douteuse et nécessite une interprétation assez particulière. Seule la deuxième et la troisième période participent significativement mais de manière divergente sur la variation de la production. La variation de la population rurale de 1% provoquera une augmentation de la production de 167% (significatif au seuil de 10%) après 6 mois tandis qu'après 9 mois elle va provoquer une diminution de 167,343% (significatif au seuil de 1%). De ce qui précède, il est alors évident que le poids de de la contribution négative est supérieur au poids de la contribution positive. En somme, l'augmentation de population rurale n'est pas une bonne nouvelle pour la sécurité alimentaire par le fait que non seulement dans la campagne il y a un taux de dépendance plus élevé mais aussi plus la population rurale augmente, plus les terres arables se rétrécissent et par conséquent la chute de la production. Grâce à la combinaison de tous ces facteurs, la production augmente au fur du temps et les producteurs s'efforcent à toujours améliorer les rendements. Cela se remarque à travers l'influence de la production sur elle-même. Les résultats montrent qu'il y a une augmentation de 10% après chaque trimestre.

**2. Utilisation**

La prévalence de l'anémie chez les femmes en âge de procréer dans cette zone est, parmi les critères considérés, influencée significativement par l'indice de la production vivrière, l'indice d'ouverture commerciale ainsi que la nombre des femmes anémiques.

***Tableau IV-8: Résultats d'estimation du modèle de l'équation 28 pour la Tanzanie***

| Variable dépendante : WA | |
|---|---|
| Variable explicative | Coefficient |
| WA(-1) | 1,484*** |
| FPI(-4) | 0,008* |
| FPI(-5) | -0,007** |
| HC | 178,584 |
| HC(-1) | 16,987 |
| HC(-2) | 9,716 |
| HC(-3) | -416,132 |
| HC(-4) | 177,188 |
| OTI | -0,069* |
| C | -2,599 |
| $R^2$ | 0,999 |
| Observation | 63 |
| Stat. de test de Fisher | 28490,130 |
| Prob(test de Fisher) | 0,000 |
| DW | 2,000 |

*Note : ***, ** et * dénotent la significativité à 1%, 5% et à 10% respectivement.*

La volatilité des prix n'a pas une influence significative sur la prévalence de l'anémie chez les femmes en âge de procréer mais elle est positive. Si la prévalence de l'anémie chez les femmes en âge de procréer diminue dans cette région c'est grâce aux facteurs comme l'indice d'ouverture commerciale. Si l'indice d'ouverture commerciale croît de 1%, la prévalence de l'anémie chez les femmes en âge de procréer diminue de 0,069% tous les trois mois. Ce résultat nous indique sur le plan macroéconomique que le pays, veille à ce que les importations viennent combler le déficit intérieur afin de baisser le taux des mal nourris. Cet effet est de plus en plus renforcé par l'action de l'indice de production vivrière qui, en plus d'être un indicateur de l'importance des vivres dans la production végétale est aussi un indicateur de la diversité alimentaire. L'effet positif de la production réalisée commence à se faire remarquer après cinq trimestres alors que l'effet du 4è trimestre (faiblement significatif) provoque une augmentation de la prévalence de l'anémie chez les femmes en âge de procréer.

### *IV.3. 3.4. RWANDA*

**1. Disponibilité**

La disponibilité locale des produits agricoles considérés dans cette étude est, dans cette zone, influencé significativement par les facteurs suivants : toute la population en général, la croissance démographique, le PIB par habitant, la superficie récoltée, les surfaces équipées d'infrastructure d'irrigation, la température et précipitation annuelle moyenne, le commerce extérieur, le prix espéré à la production ainsi que la volatilité des prix.

***Tableau IV-9: Résultats d'estimation du modèle de l'équation 27 pour le Rwanda***

| Variable dépendante : LFP | | | |
|---|---|---|---|
| Maïs | | Riz | |
| Variable explicative | Coefficient | Variable explicative | Coefficient |
| LFP(-1) | 1,456*** | LFP(-1) | 1,378*** |
| LFP(-2) | -0,522*** | LFP(-2) | -0,330* |
| LRPR*** | -75,918*** | LFP(-3) | -0,251* |
| LRPR(-1)** | 122,132 | LFP(-4) | -0,287** |
| LRPR(-5)** | -109,798*** | LFP(-5) | 0,663*** |
| LRPR(-6)** | 30,086 | LFP(-7) | -0,226* |
| LTP*** | 6,068*** | LFP(-8) | 0,192** |
| LTP(-1)** | -8,363** | LRF(-4) | -0,513* |
| LTP(-4) | 6,534** | LRF(-5) | 0,641*** |
| LTP(-5) | -7,911** | LF(-4) | 45,705* |
| LH | -0,016 | LTP(-4) | -5,339** |
| LH(-1) | -0,014 | LTP(-5) | 3,608** |
| DPGR(-6) | -0,114* | LGDPG(-1) | -0,028* |
| LUPR | -10,918** | LGDPC(-4) | -1,401** |
| LUPR(-1) | 17,259** | LGDPC(-5) | 1,139*** |
| LUPR(-5) | -9,044* | LH | -0,005 |
| LGDPG | 0,009 | LH(-1) | 0,001 |
| LGDPC | 0,788* | LH(-2) | 0,004 |
| LGDPC(-1) | -1,329* | LH(-3) | -0,052*** |
| LHA | 0,294* | LLI(-4) | -1,191** |
| LHA(-4) | 0,619** | LXM | 0,038** |
| LHA(-5) | -0,871*** | LXM(-1) | -0,040* |
| PE(-4) | 0.084* | | |
| C | 10,015 | C | 15,235 |
| $R^2$ | 0,999 | | 0,999 |
| Observation | 149 | | 148 |
| Stat. de test de Fisher | 2350,362 | | 7306,799 |
| Prob(test de Fisher) | 0,000 | | 0,000 |
| DW | 2,061 | | 2,223 |

*Note : ***, ** et * dénotent la significativité à 1%, 5% et à 10% respectivement.*

Dans cette zone d'étude, la volatilité des prix du riz influence la disponibilité locale. La volatilité des prix du riz affecte négativement la production du riz. La variation du prix du riz de 1% va provoquer une diminution de la production du riz 0,05% après trois trimestres. Pour le maïs, ce facteur n'a pas une influence significative sur sa disponibilité. Néanmoins, elle est améliorée par le prix espéré à la récolte. L'augmentation de 1% du prix espéré sur 1 T du maïs

se manifeste positivement après le 4è trimestre et encourage la production de 0,08%. Cela nous indique que les risques liés à la variation incertaine des prix sont néfastes pour la sécurité alimentaire tandis que les variations attendues par les producteurs les encouragent à produire davantage. Le commerce extérieur à son tour a sa contribution aussi particulière sur la disponibilité locale. Au cours du trimestre, les importations permettent la recrudescence des produits sur le marché ce qui est tout à fait souhaitable. Mais alors, ce phénomène se convertit en un signal préjudiciable pour la production suivante. Les exploitants agricoles des pays en développement tirent le gros de leur revenu dans l'agriculture. Ainsi, les importations ont pour objectif d'améliorer la sécurité alimentaire en augmentant la disponibilité ce qui permet une stabilisation des prix mais d'autre part elles découragent les producteurs locaux puisqu'elles font baisser les prix et par conséquent diminuent le revenu des agriculteurs locaux.

Comme dans d'autres pays en développement, pareillement au Rwanda, la croissance démographique est un obstacle au développement. Comme le montrent les résultats d'analyses de notre étude, l'expansion de la population affecte négativement la production surtout du maïs. Cela est en conformité avec les prédictions de World Bank (1984) ainsi que les résultats de Ahmad & Ali (2016) et de Mekuria (2018). A cause de l'expansion démographique élevée, les zones rurales regorgent plus de jeunes inactifs que de personnes actives ce qui explique encore le signe négatif affecté au taux de la population rurale. La croissance de la population rurale de 1% entraîne une diminution de la production du maïs de 75%. Cet effet n'est pas seulement lié à l'inactivité ou au chômage, il est aussi lié à la forte pression exercée sur les terres cultivables qui engendre une dégradation des sols et en résulte une faible production. Un autre facteur qui détériore la disponibilité agricole dans cette zone d'étude est le taux de la population urbaine. L'augmentation de la population urbaine de 1% fait une diminution de la production du maïs de 10% mais heureusement elle contribuera pour la récolte suivante une augmentation de 17%. Cela est expliqué par le fait que les producteurs essaient de répondre à cette demande supplémentaire constatée.

Les facteurs climatiques peuvent être source soit d'une bonne soit d'une mauvaise récolte. Les rendements des cultures sont très sensibles aux changements de température et de disponibilité de l'eau (Lobell & Gourdji, 2012). Ainsi, les températures de croissance optimales varient en fonction des cultivars et d'autres variables environnementales. Pour le cas du maïs cultivé dans cette zone d'étude, une haute température est un déterminant d'une bonne production. Tout degré Celsius de plus au cours du trimestre influence une augmentation de 6% alors qu'elle

provoquera une diminution de 8% le trimestre suivant. Le déficit hydrique créé par une hausse de la température est donc plus néfaste par rapport à sa fonction vitale dans la photosynthèse. Comme la température, les plantes n'ont besoin qu'une quantité appréciable de précipitations. Les résultats de cette analyse montrent que les précipitations ont une contribution divergente suivant les périodes. La 4è et la 5è période ont une influence divergente sur la production du riz. Cela nous renvoie à faire à une analyse plus détaillée des précipitations sur la production agricole et plus particulièrement le riz. Comme nous faisons une analyse sur les réalisations du passé, nous allons nous focaliser sur la mise en place des pépinières et du repiquage. Si les pluies ont été intenses, ça va faire en sorte que les casiers rizicoles (dans les marais non aménagés) vont être pleins d'eau à tel point que ça va retarder la réalisation des pépinières et par conséquent le repiquage. Le contretemps au calendrier agricole engendre le plus souvent une perte de la production. Par ailleurs, si les pluies ont été bonnes (appréciables) pendant les périodes antérieures, cela va faire que les casiers rizicoles vont avoir une bonne humidité favorable pour la riziculture.

Un autre résultat intéressant de cette étude est l'effet que porte le niveau de développement sur la production. D'une part, le niveau de développement porte un coup sûr en encourageant la production et permet un gonflement de 1,139% pour le riz et de 0,788% pour le maïs. Mais dès que le producteur commence à voir son niveau de vie s'est de plus en plus amélioré, il a tendance à quitter l'agriculture afin de se lancer dans d'autre secteur tel que le commerce ce qui explique le signe négatif. Les producteurs des pays en développement font recours à l'extensification pour accroître la production raison pour laquelle la superficie récoltée affecte positivement la production. C'est ainsi que la production augmente au fur du temps.

**2. Utilisation**

La prévalence de l'anémie chez les rwandaises en âge de procréer est fortement expliquée en globalité par les facteurs prise en considération dans notre modèle à 99%. Les tests de diagnostic et de spécification du modèle attestent la robustesse de ces résultats. En déduisant la significativité individuelle, elle est influencée par l'inflation, l'ouverture commerciale ainsi que la prévalence d'anémie chez les femmes en âge de procréer elle-même.

***Tableau IV-10: Résultats d'estimation du modèle de l'équation 28 pour le Rwanda***

| Variable dépendante : WA | |
|---|---|
| Variable explicative | Coefficient |
| WA(-1) | 1,311*** |
| CPI | -0,017** |
| CPI(-1) | 0,002*** |
| HC | 22,531 |
| HC(-1) | -20,677 |
| HC(-2) | 54,576 |
| HC(-3) | -687,161 |
| HC(-4) | 189,618 |
| HC(-5) | 240,830 |
| HC(-6) | -104,226 |
| HR | -0,084 |
| HR(-1) | -0,392 |
| HR(-2) | -0,376 |
| HR(-3) | -0,218 |
| HR(-4) | -0,088 |
| HR(-5) | 0,352 |
| HR(-6) | 0,343 |
| OTI | 0,095* |
| OTI(-1) | -0,122** |
| C | 0,272 |
| $R^2$ | 0,999 |
| Observation | 59 |
| Stat. de test de Fisher | 40536,140 |
| Prob(test de Fisher) | 0,000 |
| DW | 2,061 |

*Note : ***, ** et * dénotent la significativité à 1%, 5% et à 10% respectivement.*

La volatilité des prix et les prix à la production n'ont pas une influence significative. L'élasticité de l'indice d'ouverture commercial montre que suite à une augmentation de 1% de l'indice d'ouverture commerciale, la prévalence de l'anémie chez les rwandaises en âge de procréer va augmenter de 0,095% pendant ce trimestre pendant que le trimestre suivant elle va diminuer de 0,121%. Ce résultat nous indique que, l'ouverture commerciale étant un indice à sens double, le commerce extérieur peut influencer positivement d'une part ou négativement d'autre part la prévalence de l'anémie chez les femmes en âge de procréer. Si le pays laisse sa production filée librement vers l'extérieur, il va créer un déficit alimentaire à l'intérieur et sans doute un taux élevé de la sous-alimentation. Également une augmentation de cet indice qui découle des importations peut en première temps augmenter la disponibilité intérieure et par conséquent diminuer le taux de sous-alimentation parmi une certaine tranche de la population tout en diminuant le revenu des agriculteurs ce qui va en deuxième temps provoquer une baisse de la production locale et en d'autres termes une augmentation de la sous-alimentation dans les ménages pauvres. Dans un système de production rationnelle, l'inflation est une mesure incitative à la production d'où dans notre cas elle décourage la prévalence de l'anémie chez les femmes en âge de procréer : un accroissement de l'inflation entraîne une diminution de 0,017%

de la prévalence de l'anémie chez les femmes en âge de procréer. En ce qui est de la prévalence de l'anémie chez les femmes en âge de procréer qui s'influence, ce résultat nous fait penser qu'il existe des femmes ayant l'anémie qui donne naissance à des filles qui grandissent avec une anémie. Cela est un cas possible dans les ménages pauvres.

# CHAPITRE V. CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS

Dans son ensemble, la volatilité des prix agricoles ne contribue pas significativement à la disponibilité alimentaire dans la CEA mais sauf au Rwanda où elle influence négativement et significativement la quantité produite (cas de la production du riz). Dans la globalité, l'influence négative de la volatilité domine dans l'économie considérée ce qui nous mous permet de confirmer notre première hypothèse stipulant que « ***La volatilité des prix influence négativement la quantité disponible des produits alimentaires*** » toutefois elle est rejetée au Kenya pour la production du maïs où elle influence positivement la production. L'influence non significative n'est pas à prendre comme tel, plutôt nous ne percevons pas sa contribution puisque nos producteurs ne bénéficient pas assez d'informations du marché agricole et ses tendances dans le temps afin qu'ils puissent faire une intégration du système de production rationnelle. Ils ne se contentent que sur le prix espéré pour booster la production alors que la volatilité est un autre facteur contenu dans le prix mais qui est une variation conditionnelle du marché.

Cependant, l'influence de la volatilité des prix sur la sécurité alimentaire se remarque alors sur la prévalence de l'anémie chez les femmes en âge de procréer. La volatilité des prix décourage surtout l'accessibilité des produits agricoles ce qui s'observe dans cette zone où les gens souffrent de la sous-alimentation alors qu'il y a un indice élevé de la production vivrière. Cela nous permet de confirmer notre deuxième hypothèse disant que « ***La volatilité des prix influence positivement la prévalence de l'anémie chez les femmes en âge de procréer*** ».

La croissance démographique et les facteurs responsables du changement climatique forment un obstacle imminent pour la sécurité alimentaire dans la région. Les gaz à effet de serre influencent négativement (après un an et demi) la production ce qui nous permet de confirmer aussi notre troisième hypothèse disant : « ***Les changements climatiques influencent négativement la quantité disponible des produits alimentaires*** ».

Les effets du commerce extérieur sur la sécurité alimentaire sont divergents selon une zone et selon une période. Les pays de la CEA comme les autres pays en développement sont des importateurs nets. Le déficit alimentaire est le plus souvent comblé par les importations qui limitent souvent la performance des producteurs locaux et l'intégration des innovations agricoles afin d'accroître les rendements agricoles. Comme l'agriculture reste pluviale, l'augmentation de la production est le fruit de l'extensification dans la région.

A l'endroit des résultats de cette étude, nous pouvons émettre les recommandations suivantes :

- En considérant les effets de la volatilité qui dégradent l'état de la sécurité alimentaire dans la zone d'étude, les pays devraient mettre en place une politique de la stabilisation des prix des produits de premières nécessités surtout en garantissant un prix rémunérateur aux producteurs et en faisant des stocks stratégiques. Il serait aussi d'autant plus judicieux de mettre en place une plateforme diffusant les informations concernant la situation et la prédiction des marchés agricoles ;
- Au regard des importations et à l'ouverture commerciale qui encourage la prolifération de la sous-alimentation et la pauvreté suite à la diminution des revenu agricoles, les pays devraient contrôler les flux et la nature des produits alimentaires importés afin de mettre fin aux chiffres évolutifs des personnes en insécurité alimentaire ;
- En jetant le regard sur les variables responsables des chocs climatiques qui influencent négativement la production, les pays devraient en place les fonds de gestion des risques agricoles afin de minimiser les risques et permettre les agriculteurs de pouvoir contracter des crédits auprès des banques ;
- En ce qui concerne l'inflation qui augmente la prévalence de l'anémie chez les femmes en âge de procréer, les pays devraient maîtriser ce facteur afin de maintenir le pouvoir d'achat sur un niveau acceptable et conséquemment diminuer le taux de la sous-alimentation dans la zone ;
- Pour ce qui est de l'indice de la production vivrière qui encourage la prévalence de l'anémie chez les femmes en âge de procréer, les pays de la zone d'étude sont priés de mettre en place des structures de sensibilisation en matière de nutrition (une alimentation saine et équilibrée) pour mieux maîtriser la bonne utilisation des aliments.

Enfin comme perspective, les chercheurs devraient poursuivre l'étude sur une zone aussi vaste que celle considérée dans la présente étude et surtout en utilisant les données brutes de courte fréquence. En plus, d'autres chercheurs pourraient investiguer les déterminants de la volatilité des prix agricoles dans la zone d'étude.

# REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES


1. Achille, A., & Denis, A. (2016). *Dynamique des prix céréaliers et efficacité des mesures de stabilisation au Bénin*.
2. Ahmad, K., & Ali, A. (2016). *Rising Population and Food Insecurity Linkages in Pakistan : Testing Malthusian Population Growth Theory*. *71131*.
3. Algieri, B., & Leccadito, A. (2019). Price volatility and speculative activities in futures commodity markets: A combination of combinations of p-values test. *Journal of Commodity Markets*, *13*(January), 40–54. https://doi.org/10.1016/j.jcomm.2018.05.008
4. Andersen, B. T., Bollerslev, T., & Hadi, A. (2014). *ARCH and GARCH Models*. 1–12.
5. Baltagi, B. H., & Kao, C. (2000). Nonstationnary panels,cointegration in panels and dynamic panels: A survey. In B. H. Baltagi, T. B. Fomby, & R. C. Hill (Eds.), *Nonstationnary panels,cointegration in panels and dynamic panels*.
6. Baptiste, H. J. (2017). *Burundi poverty breakthrough footsteps*. ATLANTIC INTERNATIONAL UNIVERSITY.
7. Barbieri, L. (2005). Panel Unit Root Tests : A Review. *Economia-Quaderno*, *43*(2005), 1–46.
8. Battacharjee, R., Ntare, B. R., Otoo, E., & Yanda, P. Z. (2011). Regional impacts of climate change: Africa. In S. S. Yadav, R. J. Redden, J. L. Hatfield, H. Lotze-Campen, & A. E.Hall (Eds.), *Crop adaptation to climate change*. IO: ISUP/Wiley. https://b-ok.global/book/1243292/1192cb
9. Battisti, D. S., & Naylor, R. L. (2009). Historical Warnings of Future Food Insecurity with Unprecedented Seasonal Heat. *Science*, *323*(January), 240–244. http://www.sciencemag.org/content/323/5911/240.short%0Apapers3://publication/doi/10.1126/science.1164363
10. Beauchamp, W. D. (2019). *Prédiction de la volatilité future dans le marché des devises à l ' aide de la volatilité implicite*.
11. Ben-Asher, J., Garcia Y Garcia, A., & Hoogenboom, G. (2008). Effect of high temperature on photosynthesis and transpiration of sweet corn (Zea mays L. var. rugosa). *Photosynthetica*, *46*(4), 595–603. https://doi.org/10.1007/s11099-008-0100-2
12. Black, F., & Scholes, M. (1973). The pricing of options and corporate liabilities. *The Journal of Political Economy*, *May-June*, 637–654.
13. Bollerslev, T. (1986). Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, *31*, 307–327.

14. Bollerslev, T., Engle, R. F., & Nelson, D. B. (1994). ARCH models. In R. F. Engle & D. Mcfadden (Eds.), *Handbook of Econometrics,Vol. IV* (pp. 2961–3038). Elsevier Science B.V.
15. Bourbonnais, R. (2015). *Econométrie:Cours et exercices corrigés* (Dunod (Ed.); 9è Edition).
16. Deniz, P., Stengos, T., & Yazgan, M. E. (2020). Revisiting the link between output growth and volatility: panel GARCH analysis. *Empir. Econ.* https://doi.org/10.1007/s00181-020-01878-4
17. Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series With a Unit Root. *Journal of the American Statistical Association*, *74*(366), 427. https://doi.org/10.2307/2286348
18. Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1981). *Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with unit root*.
19. Dupuis, I., & Dumas, C. (1990). Influence of temperature stress on in vitro fertilization and heat shock protein synthesis in maize (Zea mays L.) reproductive tissues. *Plant Physiology*, *94*(2), 665–670. https://doi.org/10.1104/pp.94.2.665
20. EAC. (2019). The east african community Food and Nutriiton Security Action plan 2019 - 2023. *Journal of African Law*, *16*(3), 345–363.
21. EAC SECRETARIAT. (2006). *Agriculture and Rural Development Strategy for the East African Community (2005 - 2030)*.
22. Engle, R. F. (1982). Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the variance of United Kingdom inflation. *Econometrica*, *Volume 50*(Issue 4 (Jul., 1982)), 987–1008.
23. Engle, R. F. (2003). *Risk and volatility: Econometric models and financial practice*. 326–349.
24. FAO. (1996). *Déclaration de Rome sur la sécurité alimentaire mondiale*. http://www.fao.org/3/w3613f/w3613f00.htm
25. FAO. (2010). La volatilité des prix sur le marchés agricoles. *Econ. Soc. Perspect. - Policy Br.* http://www.fao.org/economic/es-policybriefs/briefs-detail/fr/c/49028/?no_cache=1
26. FAO. (2013). Section III Sécurité alimentaire en Afrique : Enjeux , défis , enseignements. *Évaluation Des Progrès Accompl. En Afrique Dans La Réalisation Des Object. Du Millénaire Pour Le Développement*, 109–124.
27. FAO, FIDA, UNICEF, PAM, & OMS. (2019). *Etat de la sécurité alimentaire et de la*

*nutrition dans le monde. Se prémunir contre les ralentissements et les fléchissements économiques.*

28. FAO, IFAD, UNICEF, & WHO. (2020). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2020.Transforming food systems for affordable healthy diets*. FAO. https://doi.org/10.4060/ca9692en
29. FAO, IFAD, & WFP. (2015). *The State of Food Insecurity in the World 2015. Meeting the 2015 international hunger targets: taking stock of uneven progress.* FAO. https://doi.org/10.1007/BF00428044
30. Fidoline, N. N., MINKOUA NZIE, J. R., & BEDZEME, T. G. (2013). *Performances camerounaises en matière de sécurité alimentaire : le cas des céréales*. 0–17.
31. Fridoline, N. N., MINKOUA NZIE, J. R., & BEDZEME, T. G. (2013). *Performances camerounaises en matière de sécurité alimentaire : le cas des céréales*. 0–17.
32. Gilbert, C. L., & Morgan, C. W. (2010). Food price volatility. *Phil. Trans. R. Soc.*, *August*. https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0139
33. Goetz, S., & Weber, M. T. (1986). *Fundamentals of Price Analysis in Developing Countries' Food Sysytems: A Training Manual to Accompany the Microcomputer Software Program "MSTAT"* (Issue April).
34. Granger, C. W. J., & Newbold, P. (1974). Spirous regressions in econometrics. *J. Econom.*, *2*, 1–10. papers2://publication/uuid/4EFB34E4-AE4A-4952-A84A-C50AA36D4154
35. Guillebaud, J., & Hayes, P. (2008). Population growth and climate change. *Bmj*, *337*(7664), 247–248. https://doi.org/10.1136/bmj.39575.691343.80
36. Gujarati, D. N. (2003). *Basic econom*trics (Fourth Edi). McGraw-Hill/Irwin.
37. Habyarimana, J. B., & Nkunzimana, T. (2018). *Modeling the Effect of Food Price Volatility and Transmission to Market Efficiency and Welfare in the East African Community*. 345–371.
38. Haile, M. G., Kalkuhl, M., & Braun, J. von. (2014). Agricultural supply response to international food prices and price volatility : A cross- country panel analysis. *EAAE 2014 Congress Agri-Food and Rural Innovations for Healthier Societies*, 1–26.
39. Haile, M. G., Kalkuhl, M., & Braun, J. Von. (2013). *Short-term global crop acreage response to international food prices and implications of volatility*. *175*.
40. Haile, M. G., Kalkuhl, M., & Joachim, von B. (2015). Worldwide Acreage and Yield Response to International Price Change and Volatility: A Dynamic Panel Data Analysis for Wheat, Rice, Corn, and Soybeans. In M. Kalkuhl, J. von Braun, & M. Torero (Eds.), *Food*

*Price Volatility and Its Implications for Food Security and Policy* (pp. 139–165). https://doi.org/: 10.1093/ajae/aav013

41. Hall, C., Dawson, T. P., Macdiarmid, J. I., Matthews, R. B., & Smith, P. (2017). The impact of population growth and climate change on food security in Africa: looking ahead to 2050. *Int. J. Agric. Sustain.*, *15*(2), 124–135. https://doi.org/10.1080/14735903.2017.1293929
42. Herrero, M. P., & Johnson, R. R. (1980). *High Temperature Stress and Pollen Viability of Maize*. 796–800. https://doi.org/10.2135/cropsci1980.0011183X002000060030x
43. HLPE. (2011). *Volatilité des prix et sécurité alimentaire. Rapport du Groupe d'experts sur la sécurité alimentaire et la nutrition*.
44. Hsiao, C. (2014). Analysis of panel data. In *Econometric Society Monographs* (Third Edit). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511754203
45. Hull, J. C. (2002). Options, Futures, and Other Derivatives: Solutions Manual. In *Asset Pricing* (Vol. 59, Issue 2). http://ebooks.cambridge.org/ref/id/CBO9781107415324A009%5Cnhttp://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25246403%5Cnhttp://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC4249520%5Cnhttp://link.springer.com/10.1007/978-1-4419-9230-7_2%5Cnhttp://dx.doi.org/10.
46. Ikeme, J. (2003). Climate Change Adaptational Deficiencies in developping country:The case of Sub-Saharian Africa. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, *1994*, 29–52.
47. Im, K. S., Pesaran, M. H., & Shin, Y. (2003). Testing for unit roots in heterogeneous panels. *Journal of Econometrics*, *115*(1), 53–74. https://doi.org/10.1016/S0304-4076(03)00092-7
48. IPAR. (2010). *Instruments de politique agricole,Quels choix en Afrique de l'Ouest?* 20p.
49. ISTEEBU. (2020). *Indice des prix à la consommation des ménages au Burundi, Mois d'Avril 2020.* 0–24. https://doi.org/10.1787/eco_outlook-v2016-2-table196-fr
50. Jagadish, S. V. K., Craufurd, P. Q., & Wheeler, T. R. (2007). *High temperature stress and spikelet fertility in rice ( Oryza sativa L .)*. *58*(7), 1627–1635. https://doi.org/10.1093/jxb/erm003
51. Kalkuhl, M., Braun, J. von, & Torero, M. (2016). *Food price volatility and its implications for food security and policy* (M. Kalkuhl, J. von Braun, & M. Torero (Eds.); Issue 72164). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-3-319-28201-5
52. Kamgnia, B. D. (2011). Political Economy of Recent Global Food Price Shocks : Gainers , Losers and Compensatory Mechanism. *Journal of Africa Economics*, *20*.

https://doi.org/10.1093/jae/ejq026

53. Kane, G. Q. (2018). *Food price volatility in Cameroon: determinants, transmission and consequences*.
54. Kinda, S. R., & Badolo, F. (2019). Does rainfall variability matter for food security in developing countries ? *Cogent Econ. Financ.*, *7*(1). https://doi.org/10.1080/23322039.2019.1640098
55. Konandreas, P., Sharma, R., & Costantino, A. (2015). *Food Security in the East African Community: Impact of Regional Integration under Customs Union and Common Market Policies*. *July*.
56. Kornher, L., & Kalkuhl, M. (2013). *Food Price Volatility in Developing Countries and its Determinants*. *52*(4), 277–308.
57. Lee, J. (2010). The link between output growth and volatility: Evidence from a GARCH model with panel data. *Econ. Lett.*, *106*(2), 143–145. https://doi.org/10.1016/j.econlet.2009.11.008
58. Lobell, D. B., & Gourdji, S. M. (2012). The Influence of Climate Change on Global Crop Productivity. *Plant Physiology*, *160*(4), 1686–1697. https://doi.org/10.1104/PP.112.208298
59. Malthus, T. R. (1798). Essai sur le principe de population. In *Acta Math.* (Vol. 34, Issue 1). https://doi.org/10.1007/BF02393130
60. Matsui, T., Omasa, K., & Horie, T. (1997). High temperature-induced spikelet sterility of Japonica rice at flowering in relation to air temperature,humidity and wind velocity conditions. *Japanese Journal of Crop Science*, *66*.
61. MEASURE DHS+. (2002). *Nutrition des jeunes enfants et des mères au Bénin:Résultats de l'Enquête Démographique et de Santé au Bénin,2001*.
62. Mekuria, W. (2018). The link between agricultural production and population dynamics in Ethiopia: a review. *Advances in Plants & Agriculture Research*, *8*(4), 348–353. https://doi.org/10.15406/apar.2018.08.00336
63. Minot, N. (2012). Food price volatility in Africa: Has it really increased? *Food Policy*, *32*(December), 45–56. https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2013.12.008
64. Molyneux, N., Da Cruz, G. R., Williams, R. L., Andersen, R., & Turner, N. C. (2012). Climate change and population growth in timor leste: Implications for food security. *Ambio*, *41*(8), 823–840. https://doi.org/10.1007/s13280-012-0287-0
65. Mundlak, Y., Larson, D. F., & Butzer, R. (1997). *The determinants of agricultural production : a cross - country analysis*.

66. Nakagawa, T., Tarasov, P. E., Nishida, K., Gotanda, K., & Yasuda, Y. (2002). Quantitative pollen-based climate reconstruction in central Japan: Application to surface and Late Quaternary spectra. *Quat. Sci. Rev.*, *21*(18–19), 2099–2113. https://doi.org/10.1016/S0277-3791(02)00014-8
67. NEPAD. (2013). *Les agricultures africaines,transformations et perspectives*. *72p*.
68. OCDE. (2011). *Volatilité des prix agricoles et alimentaires, Vue et perspectives africaines. Session "Outrich" du G2O. Centre de conférence de l'OCDE, Paris 14-15 juin 2011*.
69. Ochieng, J., Kirimi, L., & Mathenge, M. (2016). Effects of climate variability and change on agricultural production: The case of small scale farmers in Kenya. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, *77*(January), 71–78. https://doi.org/10.1016/j.njas.2016.03.005
70. OMS. (2018). *Objectifs de Développement Durable*.
71. ONU. (1996). *Accroissement démographique*.
72. PAM. (2017). *Analyse de la sécurité alimentaire en situation d'urgence au Burundi, Mars 2017*. 1–53.
73. Phillips, P. C. B., & Perron, P. (1988). Testing for a Unit Root in Time Series Regression. *Biometrika*, *75*(2), 335–381. http://finpko.faculty.ku.edu/myssi/FIN938/Phillips %26 Perron_Biometrika_1988_Unit Root Test.pdf
74. Piot-lepetit, I., & M'Barek, R. (Eds.). (2011). Methods to Analyse Agricultural Commodity Price Volatility. In *Methods to Anal. Agric. Commod. Price Volatility* (pp. 1–11). Springer Science+Business Media. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7634-5
75. Previdoli, N. (2015). *Relation entre l ' indice VIX et la volatilité implicite des options sur le S & P 500*.
76. Rabin, A. (2011). Population Growth and Food Security in the Horn of Africa. *Think Africa Press*, *1*(3), 41–53.
77. Rapsomanikis, G. (2009). *The 2007-2008 Food Price Swing : Impact and Policies in Eastern and Southern The 2007-2008 Food Price Swing : Impact and Policies in Eastern and Southern Africa*. *August 2009*.
78. Rezitis, A. N., & Stavropoulos, K. S. (2009). *Modeling Pork Supply Response and Price Volatility : The Case of Greece*. *1*(April), 145–162.
79. Rosenzweig, M. R., & Wolpin, K. I. (1993). Credit market constraints, consumption smoothing, and the accumulation of durable production assets in low-income countries: investments in bullocks in India. *J. Polit. Econ.*, *101*(2), 223–244. https://doi.org/10.1086/261874

80. Satake, T., & Yoshida, S. (1978). High Temperature-Induced Sterility in Indica Rices at Flowering. *Japanese Journal of Crop Science*, *47*(1), 6–17. https://sci-hub.se/10.1626/jcs.47.6
81. Sen, A. (1981). Ingredients of famine analysis : Availability and entitlements. *The Quartely Journal of Economics, Vol. 96, No. 3. (Aug., 1981), Pp. 443-464.*
82. Simon, J. L. (2012). The economics of population growth. In *Economic Affairs* (Vol. 32, Issue 1). PRINCETON UNIVERSITY PRESS. https://doi.org/10.1111/j.1468-0270.2011.02120.x
83. Simon, J. L. (2014). Population Growth May Be Good for LDCs in the Long Run: A Richer Simulation Model. In *The Economics of Population Growth* (pp. 143–176). https://doi.org/10.1515/9781400862177.143
84. Stiglitz, J. E., Sen, A., & Fitoussi, J.-P. (2011). La Commission sur la mesure des performances économiques et du progrès social. *Annales Des Mines - Réalités Industrielles*, *Mai 2011*(2), 46–53. https://doi.org/10.3917/rindu.112.0046
85. Subervie, J. (2007). La transmission de l'instabilité des prix agricoles internationaux et ses conséquences dans les pays en développement. *Gestion*. http://hal.archives-ouvertes.fr/tel-00201964/
86. Tathova, M. (2011). Main Challenges of Price Volatility in Agricultural Commodity Markets. In I. Piot-Lepetit & R. M'Barek (Eds.), *Methods to Analyse Agricultural Commodity Price* (p. 238).
87. Temple, L., Meuriot, V., & Ali, M. (2009). *Déterminants de l'instabilité des prix alimentaires au Cameroun: Une analyse institutionnelle de résultats économétriques*. 1–62.
88. Thomas, L. R. (1997). *Modern econometrics: an introduction*. Peason Education Ltd./Prentice Hall, Copyright 1997 Addison Wesley Longman.
89. Timmer, C. P., Falcon, W. P., & Pearson, S. R. (1983). Food policy analysis. *Am. J. Agric. Econ.*, *72*(5). https://doi.org/10.1093/ajae/72.5.iii
90. Traore, F., & Diop, I. (2021). Mesurer la volatilité prix des produits alimentaires. *AGRODEP Technical Note 0019, April.*
91. Turki-abdelhedi, I., Clément, A., & Ghorbel-Zouari, S. (2014). *Les DÉTERMINANTS de la SÉCURITÉ ALIMENTAIRE en AFRIQUE : une APPROCHE en DONNÉES de PANEL*. *2*, 113–117.
92. White, B., & Dawnson, P. J. (2005). *Measuring Price Risk on UK Arable Farms*. *56*(2),

239–252.

93. World Bank. (1984). The consequences of rapid population growth. In World Bank (Ed.), *World Bank Report*. https://doi.org/10.1596/9780195204605_Chapter5

# ANNEXE

## Burundi

## Production du Maïs

Dependent Variable: LFP
Method: Least Squares
Date: 03/17/22 Time: 18:48
Sample (adjusted): 1971Q3 2018Q1
Included observations: 187 after adjustments

| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
|---|---|---|---|---|
| LFP(-1)*** | 1.446303 | 0.104648 | 13.82069 | 0.0000 |
| LFP(-2)*** | -0.549658 | 0.148416 | -3.703503 | 0.0004 |
| LFP(-3) | -0.007469 | 0.128125 | -0.058295 | 0.9536 |
| LFP(-4)*** | -0.724016 | 0.143776 | -5.035716 | 0.0000 |
| LFP(-5)*** | 1.047176 | 0.180508 | 5.801265 | 0.0000 |
| LFP(-6)*** | -0.437364 | 0.116129 | -3.766189 | 0.0003 |
| LRF | 0.036055 | 0.049966 | 0.721587 | 0.4723 |
| LRF(-1) | -0.061441 | 0.088090 | -0.697485 | 0.4872 |
| LRF(-2) | -0.000353 | 0.077435 | -0.004557 | 0.9964 |
| LRF(-3) | 0.016663 | 0.065161 | 0.255716 | 0.7987 |
| LRF(-4) | 0.110158 | 0.070984 | 1.551865 | 0.1240 |
| LRF(-5)* | -0.158872 | 0.083404 | -1.904856 | 0.0598 |
| LRF(-6) | 0.035733 | 0.051024 | 0.700329 | 0.4854 |
| LRPR | -6.027998 | 4.864246 | -1.239246 | 0.2183 |
| LRPR(-1) | 5.109288 | 8.517587 | 0.599852 | 0.5500 |
| LRPR(-2) | 2.088497 | 6.308393 | 0.331066 | 0.7413 |
| LRPR(-3) | -1.029551 | 4.500856 | -0.228746 | 0.8196 |
| LRPR(-4)** | -11.23761 | 5.007835 | -2.244006 | 0.0271 |
| LRPR(-5)** | 14.52755 | 6.293184 | 2.308457 | 0.0231 |
| LRPR(-6) | -4.108496 | 3.487713 | -1.177991 | 0.2417 |
| LTP | -0.315372 | 0.596592 | -0.528621 | 0.5983 |
| LTP(-1) | 0.713175 | 1.036744 | 0.687899 | 0.4932 |
| LTP(-2) | -0.598961 | 0.969279 | -0.617945 | 0.5381 |
| LTP(-3) | -0.252581 | 0.906791 | -0.278544 | 0.7812 |
| LTP(-4) | 0.044989 | 0.973027 | 0.046236 | 0.9632 |
| LTP(-5) | 0.084794 | 1.162342 | 0.072951 | 0.9420 |
| LTP(-6) | -0.178322 | 1.153299 | -0.154619 | 0.8774 |
| LTP(-7) | -0.324108 | 1.108495 | -0.292386 | 0.7706 |
| LTP(-8) | 0.074107 | 0.679273 | 0.109097 | 0.9134 |
| DPGR | 0.243213 | 0.170421 | 1.427133 | 0.1568 |
| DPGR(-1) | -0.165195 | 0.125331 | -1.318076 | 0.1906 |
| DPGR(-2) | -0.082693 | 0.121949 | -0.678098 | 0.4993 |
| DPGR(-3) | -0.094525 | 0.122935 | -0.768902 | 0.4438 |
| DPGR(-4) | -0.203763 | 0.261442 | -0.779384 | 0.4377 |
| DPGR(-5) | 0.048130 | 0.129220 | 0.372465 | 0.7104 |
| DPGR(-6) | 0.090134 | 0.123976 | 0.727033 | 0.4690 |
| DPGR(-7) | 0.106673 | 0.125347 | 0.851022 | 0.3969 |
| DPGR(-8) | 0.230700 | 0.170139 | 1.355951 | 0.1783 |
| LUPR*** | 32.00447 | 11.96913 | 2.673918 | 0.0088 |
| LUPR(-1)* | -38.13771 | 21.65767 | -1.760934 | 0.0814 |
| LUPR(-2) | 5.621308 | 16.12701 | 0.348565 | 0.7282 |
| LUPR(-3) | -0.433097 | 11.31875 | -0.038264 | 0.9696 |
| LUPR(-4)** | -30.53554 | 14.62287 | -2.088204 | 0.0394 |
| LUPR(-5)* | 37.53120 | 20.16958 | 1.860782 | 0.0658 |
| LUPR(-6) | -5.988431 | 11.79584 | -0.507673 | 0.6128 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| LGDPG | 0.000721 | 0.001657 | 0.435048 | 0.6645 |
| LGDPG(-1) | -0.002466 | 0.002055 | -1.200166 | 0.2330 |
| LGDPG(-2) | 0.000845 | 0.001535 | 0.550421 | 0.5833 |
| LGDPC | -0.097699 | 0.069089 | -1.414102 | 0.1606 |
| LGDPC(-1) | 0.085064 | 0.131141 | 0.648645 | 0.5181 |
| LGDPC(-2) | -0.024428 | 0.124766 | -0.195786 | 0.8452 |
| LGDPC(-3) | 0.009134 | 0.116648 | 0.078306 | 0.9377 |
| LGDPC(-4)* | -0.230454 | 0.120970 | -1.905053 | 0.0598 |
| LGDPC(-5)** | 0.254779 | 0.125028 | 2.037768 | 0.0443 |
| LGDPC(-6) | -0.058716 | 0.065360 | -0.898344 | 0.3712 |
| LH | -0.000673 | 0.007047 | -0.095476 | 0.9241 |
| LH(-1) | -0.003741 | 0.006630 | -0.564287 | 0.5739 |
| LH(-2) | -0.002411 | 0.005344 | -0.451182 | 0.6529 |
| LH(-3) | 0.004919 | 0.006775 | 0.726088 | 0.4696 |
| LH(-4) | -0.009017 | 0.007496 | -1.202854 | 0.2320 |
| LH(-5) | -0.000215 | 0.006519 | -0.032917 | 0.9738 |
| LF | 0.012572 | 0.008701 | 1.444826 | 0.1518 |
| LF(-1) | -0.002366 | 0.014381 | -0.164524 | 0.8697 |
| LF(-2) | -0.003569 | 0.008649 | -0.412672 | 0.6808 |
| LGH | -0.186251 | 0.234487 | -0.794292 | 0.4290 |
| LGH(-1) | 0.148242 | 0.432775 | 0.342538 | 0.7327 |
| LGH(-2) | 0.189318 | 0.406004 | 0.466295 | 0.6421 |
| LGH(-3) | -0.000979 | 0.371454 | -0.002634 | 0.9979 |
| LGH(-4) | 0.459595 | 0.389796 | 1.179067 | 0.2413 |
| LGH(-5)* | -0.840380 | 0.444407 | -1.891015 | 0.0616 |
| LGH(-6)* | 0.415187 | 0.237208 | 1.750305 | 0.0833 |
| LHA*** | 1.389430 | 0.093311 | 14.89024 | 0.0000 |
| LHA(-1)*** | -2.055513 | 0.217558 | -9.448109 | 0.0000 |
| LHA(-2)*** | 0.726265 | 0.254789 | 2.850460 | 0.0053 |
| LHA(-3) | 0.040785 | 0.233745 | 0.174483 | 0.8619 |
| LHA(-4)*** | 0.993290 | 0.250135 | 3.971012 | 0.0001 |
| LHA(-5)*** | -1.509272 | 0.275910 | -5.470155 | 0.0000 |
| LHA(-6)*** | 0.612364 | 0.170264 | 3.596564 | 0.0005 |
| LLI*** | -1.285756 | 0.275657 | -4.664327 | 0.0000 |
| LLI(-1)*** | 1.629920 | 0.492950 | 3.306463 | 0.0013 |
| LLI(-2) | -0.558928 | 0.361209 | -1.547383 | 0.1251 |
| LLI(-3) | 0.102085 | 0.269800 | 0.378374 | 0.7060 |
| LLI(-4) | -0.210373 | 0.289487 | -0.726710 | 0.4692 |
| LLI(-5) | 0.303785 | 0.304857 | 0.996484 | 0.3215 |
| LLI(-6)* | -0.307337 | 0.173018 | -1.776332 | 0.0788 |
| PE | -0.000423 | 0.025904 | -0.016339 | 0.9870 |
| PE(-1) | 0.005378 | 0.033135 | 0.162304 | 0.8714 |
| PE(-2) | -0.004006 | 0.029420 | -0.136157 | 0.8920 |
| PE(-3) | 0.055456 | 0.035998 | 1.540551 | 0.1267 |
| PE(-4) | -0.036626 | 0.027930 | -1.311337 | 0.1929 |
| C | 5.396554 | 3.462045 | 1.558776 | 0.1223 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| R-squared | 0.998838 | Mean dependent var | 11.87934 |
| Adjusted R-squared | 0.997748 | S.D. dependent var | 0.179550 |
| S.E. of regression | 0.008521 | Akaike info criterion | -6.386029 |
| Sum squared resid | 0.006971 | Schwarz criterion | -4.813671 |
| Log likelihood | 688.0937 | Hannan-Quinn criter. | -5.748909 |
| F-statistic | 916.5098 | Durbin-Watson stat | 2.133283 |
| Prob(F-statistic) | 0.000000 | | |

**Heteroscedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey**

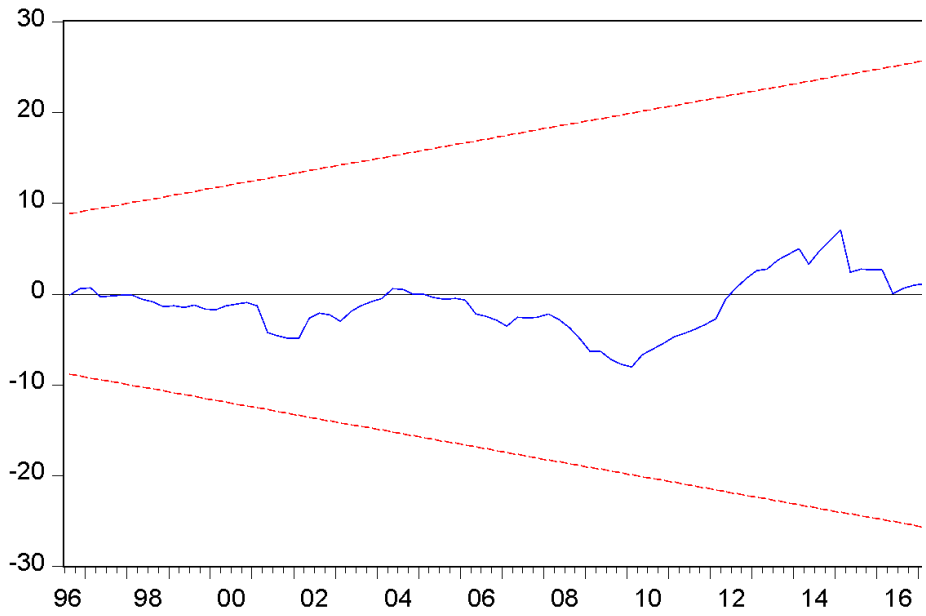
| | | | |
|---|---|---|---|
| F-statistic | 1.281042 | Prob. F(90,96) | 0.1165 |
| Obs*R-squared | 102.0377 | Prob. Chi-Square(90) | 0.1816 |
| Scaled explained SS | 61.74751 | Prob. Chi-Square(90) | 0.9900 |

**Test de spécification de Ramsey**

Omitted Variables: Squares of fitted values

| | Value | df | Probability |
|---|---|---|---|
| t-statistic | 1.106101 | 95 | 0.2715 |
| F-statistic | 1.223459 | (1, 95) | 0.2715 |
| Likelihood ratio | 2.392907 | 1 | 0.1219 |

**CUSUM Test**




## Production du riz

Dependent Variable: LFP
Method: Least Squares
Date: 03/22/22 Time: 13:24
Sample (adjusted): 1968Q4 2018Q1
Included observations: 198 after adjustments
White-Hinkley (HC1) heteroskedasticity consistent standard errors and covariance

| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
|---|---|---|---|---|
| LFP(-1)*** | 1.453359 | 0.172044 | 8.447577 | 0.0000 |
| LFP(-2)*** | -0.483742 | 0.153648 | -3.148370 | 0.0021 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| LFP(-3) | -0.065124 | 0.097305 | -0.669278 | 0.5046 |
| LFP(-4)*** | -0.393651 | 0.143338 | -2.746314 | 0.0070 |
| LFP(-5)* | 0.623782 | 0.254576 | 2.450273 | 0.0157 |
| LFP(-6) | -0.195561 | 0.166833 | -1.172194 | 0.2435 |
| LFP(-7) | 0.031163 | 0.132166 | 0.235790 | 0.8140 |
| LFP(-8) | -0.017752 | 0.096983 | -0.183039 | 0.8551 |
| LRF | 0.317318 | 0.192582 | 1.647700 | 0.1021 |
| LRF(-1) | -0.335325 | 0.313774 | -1.068684 | 0.2874 |
| LRF(-2) | -0.126036 | 0.239991 | -0.525171 | 0.6004 |
| LRF(-3) | 0.148944 | 0.227007 | 0.656119 | 0.5130 |
| LRF(-4) | 0.178049 | 0.277319 | 0.642035 | 0.5221 |
| LRF(-5) | -0.324570 | 0.250072 | -1.297904 | 0.1969 |
| LFPR | -19.82345 | 24.77970 | -0.799987 | 0.4253 |
| LFPR(-1) | 21.57004 | 29.05107 | 0.742487 | 0.4593 |
| LFPR(-2) | -7.804322 | 12.15994 | -0.641806 | 0.5222 |
| LFPR(-3) | -3.302646 | 8.769592 | -0.376602 | 0.7071 |
| LFPR(-4) | 5.613106 | 6.449117 | 0.870368 | 0.3859 |
| LTP | -2.743028 | 5.227689 | -0.524711 | 0.6008 |
| LTP(-1) | 4.731399 | 8.904004 | 0.531379 | 0.5962 |
| LTP(-2) | -1.934933 | 4.503173 | -0.429682 | 0.6682 |
| LTP(-3) | 0.193662 | 3.642140 | 0.053172 | 0.9577 |
| LTP(-4) | -2.028907 | 4.695680 | -0.432079 | 0.6665 |
| LTP(-5) | 2.619175 | 3.168689 | 0.826580 | 0.4101 |
| DPGR | -0.053911 | 0.593790 | -0.090792 | 0.9278 |
| DPGR(-1) | -0.114473 | 0.596326 | -0.191964 | 0.8481 |
| DPGR(-2) | 0.052028 | 0.211488 | 0.246008 | 0.8061 |
| DPGR(-3) | 0.078600 | 0.214785 | 0.365946 | 0.7151 |
| DPGR(-4) | 0.038819 | 0.651682 | 0.059567 | 0.9526 |
| DPGR(-5) | -0.263374 | 0.661722 | -0.398013 | 0.6913 |
| LUPR | 57.76076 | 58.25174 | 0.991571 | 0.3234 |
| LUPR(-1) | -87.63184 | 78.48968 | -1.116476 | 0.2665 |
| LUPR(-2) | 43.94751 | 41.18052 | 1.067192 | 0.2881 |
| LUPR(-3) | 6.573313 | 32.47508 | 0.202411 | 0.8399 |
| LUPR(-4) | -17.77533 | 55.53529 | -0.320073 | 0.7495 |
| LUPR(-5) | -2.752983 | 43.75993 | -0.062911 | 0.9499 |
| LGDPG | -0.008949 | 0.009247 | -0.967754 | 0.3351 |
| LGDPG(-1) | -0.001319 | 0.011732 | -0.112441 | 0.9107 |
| LGDPG(-2) | 0.009569 | 0.015037 | 0.636417 | 0.5257 |
| LGDPG(-3) | -0.028052 | 0.028019 | -1.001173 | 0.3188 |
| LGDPG(-4) | 0.009767 | 0.019202 | 0.508676 | 0.6119 |
| LGDPC | 0.169089 | 0.492779 | 0.343134 | 0.7321 |
| LGDPC(-1) | -0.339265 | 0.891102 | -0.380725 | 0.7041 |
| LGDPC(-2) | 0.308297 | 0.527396 | 0.584564 | 0.5600 |
| LGDPC(-3) | -0.078835 | 0.423311 | -0.186234 | 0.8526 |
| LGDPC(-4) | -0.717852 | 0.498202 | -1.440886 | 0.1523 |
| LGDPC(-5)** | 0.719657 | 0.319189 | 2.254639 | 0.0260 |
| LH | 0.010742 | 0.015161 | 0.708504 | 0.4800 |
| LH(-1) | -0.005601 | 0.015375 | -0.364273 | 0.7163 |
| LH(-2) | -0.017057 | 0.021303 | -0.800686 | 0.4249 |
| LH(-3) | 0.028116 | 0.024097 | 1.166808 | 0.2456 |
| LH(-4) | -0.010281 | 0.020490 | -0.501781 | 0.6168 |
| LH(-5) | -0.010459 | 0.013429 | -0.778855 | 0.4376 |
| LF | -0.045008 | 0.089471 | -0.503044 | 0.6159 |
| LF(-1) | -0.012565 | 0.155968 | -0.080560 | 0.9359 |
| LF(-2) | 0.046201 | 0.087953 | 0.525291 | 0.6004 |
| LF(-3) | -0.017387 | 0.057246 | -0.303720 | 0.7619 |
| LF(-4) | 0.035812 | 0.051207 | 0.699358 | 0.4857 |
| LF(-5) | -0.052157 | 0.038623 | -1.350400 | 0.1795 |
| LHA** | 0.648742 | 0.278860 | 2.326406 | 0.0217 |
| LHA(-1)** | -0.995686 | 0.392683 | -2.535595 | 0.0125 |
| LHA(-2) | 0.382539 | 0.243629 | 1.570168 | 0.1191 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| LHA(-3) | 0.148401 | 0.224805 | 0.660130 | 0.5105 |
| LHA(-4) | -0.224451 | 0.161626 | -1.388703 | 0.1675 |
| LLI | 0.759185 | 0.853798 | 0.889187 | 0.3757 |
| LLI(-1) | -0.303511 | 1.488751 | -0.203870 | 0.8388 |
| LLI(-2) | -0.191565 | 1.003230 | -0.190948 | 0.8489 |
| LLI(-3) | 0.317139 | 0.985966 | 0.321653 | 0.7483 |
| LLI(-4) | -0.258646 | 0.591677 | -0.437140 | 0.6628 |
| PE | 0.038409 | 0.051237 | 0.749643 | 0.4550 |
| PE(-1) | -0.019213 | 0.050519 | -0.380313 | 0.7044 |
| PE(-2) | -0.004240 | 0.044573 | -0.095128 | 0.9244 |
| PE(-3) | -0.056756 | 0.078476 | -0.723226 | 0.4710 |
| PE(-4) | 0.075066 | 0.075766 | 0.990755 | 0.3238 |
| LXM | -0.009388 | 0.016875 | -0.556357 | 0.5790 |
| LXM(-1) | 0.014016 | 0.011127 | 1.259622 | 0.2103 |
| LXM(-2) | -0.006975 | 0.005359 | -1.301565 | 0.1956 |
| LXM(-3) | -0.003417 | 0.005141 | -0.664705 | 0.5075 |
| C | 14.17093 | 18.60572 | 0.761644 | 0.4478 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| R-squared | 0.998282 | Mean dependent var | 9.802802 |
| Adjusted R-squared | 0.997133 | S.D. dependent var | 1.009118 |
| S.E. of regression | 0.054037 | Akaike info criterion | -2.707795 |
| Sum squared resid | 0.344560 | Schwarz criterion | -1.379203 |
| Log likelihood | 348.0717 | Hannan-Quinn criter. | -2.170025 |
| F-statistic | 868.1477 | Durbin-Watson stat | 2.081701 |
| Prob(F-statistic) | 0.000000 | Wald F-statistic | 373.9175 |
| Prob(Wald F-statistic) | 0.000000 | | |

**Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey**

| | | | |
|---|---|---|---|
| F-statistic | 1.451098 | Prob. F(79,118) | 0.0331 |
| Obs*R-squared | 97.56874 | Prob. Chi-Square(79) | 0.0768 |
| Scaled explained SS | 414.0383 | Prob. Chi-Square(79) | 0.0000 |

**Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:**

| | | | |
|---|---|---|---|
| F-statistic | 1.491822 | Prob. F(2,116) | 0.2292 |
| Obs*R-squared | 4.965064 | Prob. Chi-Square(2) | 0.0835 |

## Ramsey Test

Omitted Variables: Squares of fitted values

| | Value | df | Probability |
|---|---|---|---|
| t-statistic | 0.547322 | 117 | 0.5852 |
| F-statistic | 0.299561 | (1, 117) | 0.5852 |
| Likelihood ratio | 0.506301 | 1 | 0.4767 |

## Equation de la prévalence de l'anémie chez les femmes en âge de procréer

Dependent Variable: WA
Method: Least Squares
Date: 03/27/22 Time: 10:13
Sample (adjusted): 2002Q4 2017Q4
Included observations: 61 after adjustments
White-Hinkley (HC1) heteroskedasticity consistent standard errors and covariance

| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
|---|---|---|---|---|
| WA(-1)** | 0.994981 | 0.389518 | 2.554393 | 0.0185 |
| WA(-2) | -0.168148 | 0.422726 | -0.397770 | 0.6948 |
| WA(-3) | 0.066431 | 0.342402 | 0.194016 | 0.8480 |
| WA(-4) | 0.435076 | 0.468188 | 0.929276 | 0.3633 |
| WA(-5) | -0.349757 | 0.350428 | -0.998086 | 0.3296 |
| LCPI | -0.131806 | 0.077346 | -1.704104 | 0.1031 |
| LCPI(-1) | 0.114500 | 0.081980 | 1.396682 | 0.1771 |
| LCPI(-2) | -0.023340 | 0.045669 | -0.511078 | 0.6146 |
| LFPI** | 1.275241 | 0.531188 | 2.400731 | 0.0257 |
| LFPI(-1)* | -1.726659 | 0.955815 | -1.806478 | 0.0852 |
| LFPI(-2) | 0.623015 | 0.519988 | 1.198132 | 0.2442 |
| LGDPC | -0.534476 | 1.076189 | -0.496637 | 0.6246 |
| LGDPC(-1) | 0.821141 | 0.954343 | 0.860426 | 0.3993 |
| LHC | -0.014042 | 0.031285 | -0.448848 | 0.6581 |
| LHC(-1) | -0.008238 | 0.016523 | -0.498581 | 0.6233 |
| LHC(-2) | -0.025274 | 0.017773 | -1.422031 | 0.1697 |
| LHC(-3) | -0.005119 | 0.020091 | -0.254783 | 0.8014 |
| LHC(-4) | -0.010830 | 0.007110 | -1.523182 | 0.1426 |
| LHR | -0.011204 | 0.013150 | -0.851965 | 0.4038 |
| LHR(-1) | -0.011408 | 0.012177 | -0.936857 | 0.3595 |
| LHR(-2) | -0.012856 | 0.017290 | -0.743537 | 0.4654 |
| LHR(-3) | -0.002609 | 0.025530 | -0.102186 | 0.9196 |
| LOTI | 0.000409 | 0.005659 | 0.072237 | 0.9431 |
| LOTI(-1) | -0.009247 | 0.005835 | -1.584788 | 0.1280 |
| LPEC | 0.389681 | 0.296651 | 1.313601 | 0.2032 |
| LPEC(-1) | -0.014323 | 0.158796 | -0.090199 | 0.9290 |
| LPEC(-2) | -0.086114 | 0.140935 | -0.611021 | 0.5477 |
| LPEC(-3)* | -0.519224 | 0.266234 | -1.950256 | 0.0646 |
| LPEC(-4) | 0.435402 | 0.273856 | 1.589891 | 0.1268 |
| LPER | -0.015778 | 0.070851 | -0.222695 | 0.8259 |
| LPER(-1) | 0.002991 | 0.065343 | 0.045774 | 0.9639 |
| LPER(-2) | -0.031463 | 0.085802 | -0.366696 | 0.7175 |
| LPER(-3) | -0.022796 | 0.119841 | -0.190221 | 0.8510 |
| LPER(-4) | 0.079147 | 0.093532 | 0.846201 | 0.4070 |
| LPGR | -8.567682 | 5.665007 | -1.512387 | 0.1453 |
| LPGR(-1) | 15.00254 | 10.56317 | 1.420269 | 0.1702 |
| LPGR(-2) | -3.641256 | 5.715062 | -0.637133 | 0.5309 |
| LPGR(-3) | 1.082518 | 4.655947 | 0.232502 | 0.8184 |
| LPGR(-4) | -3.702480 | 3.692601 | -1.002675 | 0.3274 |
| C | -2.618990 | 3.045325 | -0.860003 | 0.3995 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| R-squared | 0.999947 | Mean dependent var | 28.66439 |
| Adjusted R-squared | 0.999850 | S.D. dependent var | 3.533509 |
| S.E. of regression | 0.043296 | Akaike info criterion | -3.196398 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Sum squared resid | 0.039365 | Schwarz criterion | -1.812218 |
| Log likelihood | 137.4901 | Hannan-Quinn criter. | -2.653925 |
| F-statistic | 10246.71 | Durbin-Watson stat | 1.998551 |
| Prob(F-statistic) | 0.000000 | Wald F-statistic | 136058.3 |
| Prob(Wald F-statistic) | 0.000000 | | |

**Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:**

| | | | |
|---|---|---|---|
| F-statistic | 0.836757 | Prob. F(2,19) | 0.4485 |
| Obs*R-squared | 4.937929 | Prob. Chi-Square(2) | 0.0847 |

**Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey**

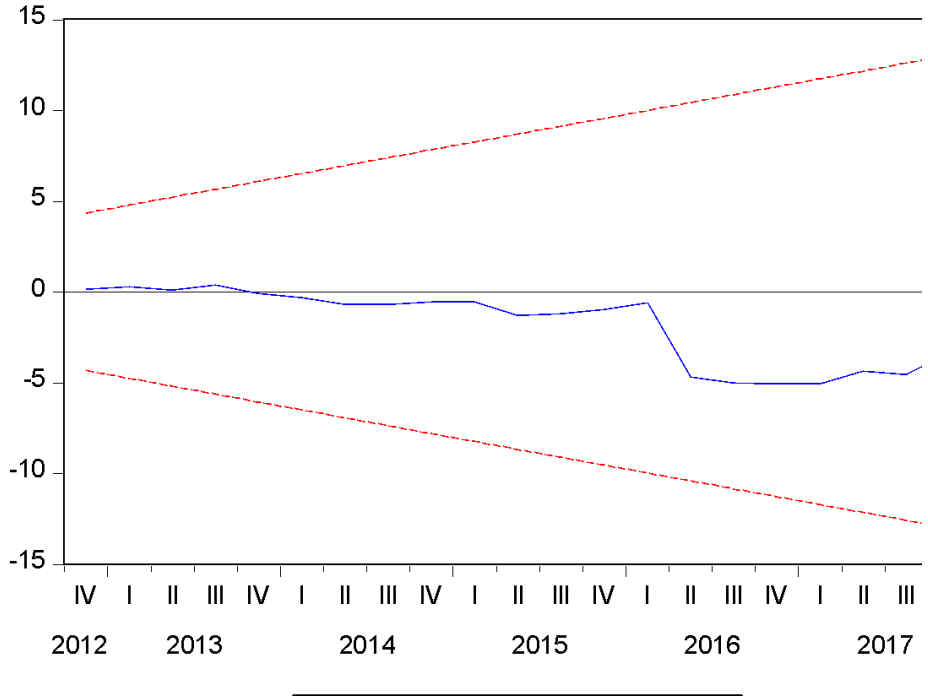
| | | | |
|---|---|---|---|
| F-statistic | 1.951803 | Prob. F(39,21) | 0.0521 |
| Obs*R-squared | 47.81018 | Prob. Chi-Square(39) | 0.1574 |
| Scaled explained SS | 11.38159 | Prob. Chi-Square(39) | 1.0000 |

**Ramsey test**

Omitted Variables: Squares of fitted values

| | Value | df | Probability |
|---|---|---|---|
| t-statistic | 0.299207 | 20 | 0.7679 |
| F-statistic | 0.089525 | (1, 20) | 0.7679 |
| Likelihood ratio | 0.272441 | 1 | 0.6017 |

**CUSUM test**




## Kenya

## Equation de la production du maïs

Dependent Variable: LFP
Method: Least Squares
Date: 03/17/22 Time: 19:37
Sample (adjusted): 1970Q4 2018Q1
IncLUPRded observations: 184 after adjustments

| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
|---|---|---|---|---|
| LFP(-1) | 1.428170 | 0.100859 | 14.16005 | 0.0000 |
| LFP(-2) | -0.510851 | 0.164323 | -3.108821 | 0.0025 |
| LFP(-3) | -0.033133 | 0.165387 | -0.200337 | 0.8416 |
| LFP(-4) | -0.258047 | 0.168889 | -1.527911 | 0.1298 |
| LFP(-5) | 0.402557 | 0.184793 | 2.178423 | 0.0318 |
| LFP(-6) | -0.149398 | 0.170133 | -0.878120 | 0.3821 |
| LFP(-7) | -0.064369 | 0.157095 | -0.409750 | 0.6829 |
| LFP(-8) | -0.031671 | 0.096373 | -0.328636 | 0.7431 |
| LRF | 0.151435 | 0.072552 | 2.087262 | 0.0395 |
| LRF(-1) | -0.261189 | 0.136523 | -1.913142 | 0.0587 |
| LRF(-2) | 0.107938 | 0.119697 | 0.901758 | 0.3694 |
| LRF(-3) | -0.017045 | 0.098515 | -0.173016 | 0.8630 |
| LRF(-4) | 0.098722 | 0.100921 | 0.978212 | 0.3304 |
| LRF(-5) | -0.128697 | 0.111530 | -1.153924 | 0.2514 |
| LRF(-6) | 0.037524 | 0.068651 | 0.546594 | 0.5859 |
| LRPR | -543.0834 | 391.1451 | -1.388445 | 0.1682 |
| LRPR(-1) | 458.9041 | 639.5834 | 0.717505 | 0.4748 |
| LRPR(-2) | 83.36068 | 410.8074 | 0.202919 | 0.8396 |
| LTP | -1.556062 | 0.882814 | -1.762617 | 0.0811 |
| LTP(-1) | 2.116630 | 1.501368 | 1.409800 | 0.1618 |
| LTP(-2) | -0.478787 | 1.407875 | -0.340078 | 0.7345 |
| LTP(-3) | -0.060982 | 1.341901 | -0.045445 | 0.9638 |
| LTP(-4) | 0.930334 | 1.309442 | 0.710482 | 0.4791 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| LTP(-5) | -1.628963 | 1.458361 | -1.116982 | 0.2668 |
| LTP(-6) | 0.863188 | 1.415893 | 0.609642 | 0.5435 |
| LTP(-7) | -0.465511 | 1.311325 | -0.354993 | 0.7234 |
| LTP(-8) | 0.399287 | 0.763680 | 0.522846 | 0.6023 |
| DPGR | 3.002273 | 3.542734 | 0.847445 | 0.3989 |
| DPGR(-1) | -4.970177 | 3.214870 | -1.545996 | 0.1254 |
| DPGR(-2) | -0.212941 | 1.695914 | -0.125561 | 0.9003 |
| DPGR(-3) | -0.405600 | 1.668549 | -0.243086 | 0.8085 |
| DPGR(-4) | -4.352122 | 3.496700 | -1.244637 | 0.2163 |
| DPGR(-5) | 5.811054 | 2.977635 | 1.951567 | 0.0539 |
| LUPR | -104.8962 | 71.79892 | -1.460972 | 0.1473 |
| LUPR(-1) | 89.99690 | 117.3485 | 0.766920 | 0.4450 |
| LUPR(-2) | 13.66684 | 75.12831 | 0.181913 | 0.8560 |
| LGDPG | 0.019076 | 0.006557 | 2.909197 | 0.0045 |
| LGDPG(-1) | -0.010609 | 0.008812 | -1.203852 | 0.2316 |
| LGDPG(-2) | -0.003557 | 0.007004 | -0.507770 | 0.6128 |
| LGDPC | -0.147989 | 0.187389 | -0.789743 | 0.4316 |
| LGDPC(-1) | 0.087149 | 0.318262 | 0.273828 | 0.7848 |
| LGDPC(-2) | -0.003906 | 0.287773 | -0.013574 | 0.9892 |
| LGDPC(-3) | 0.009604 | 0.260173 | 0.036914 | 0.9706 |
| LGDPC(-4) | -0.163144 | 0.268550 | -0.607501 | 0.5450 |
| LGDPC(-5) | 0.308127 | 0.281959 | 1.092809 | 0.2772 |
| LGDPC(-6) | -0.138579 | 0.142319 | -0.973720 | 0.3326 |
| LH | 0.012387 | 0.017006 | 0.728359 | 0.4682 |
| LH(-1) | 0.006957 | 0.016802 | 0.414037 | 0.6798 |
| LF** | -0.139338 | 0.057466 | -2.424697 | 0.0172 |
| LF(-1)** | 0.203783 | 0.101654 | 2.004680 | 0.0478 |
| LF(-2) | -0.070118 | 0.087584 | -0.800587 | 0.4253 |
| LF(-3) | -0.027664 | 0.077284 | -0.357948 | 0.7212 |
| LF(-4) | 0.064046 | 0.101158 | 0.633126 | 0.5282 |
| LF(-5) | 0.017803 | 0.137466 | 0.129509 | 0.8972 |
| LF(-6) | -0.030607 | 0.081942 | -0.373523 | 0.7096 |
| LGH | 0.499215 | 0.275991 | 1.808813 | 0.0736 |
| LGH(-1) | -0.826714 | 0.511464 | -1.616369 | 0.1093 |
| LGH(-2) | 0.299711 | 0.457982 | 0.654416 | 0.5144 |
| LGH(-3) | -0.029745 | 0.317392 | -0.093718 | 0.9255 |
| LGH(-4) | -0.237091 | 0.230077 | -1.030487 | 0.3054 |
| LGH(-5) | 0.251612 | 0.246201 | 1.021977 | 0.3094 |
| LGH(-6) | -0.067679 | 0.102995 | -0.657113 | 0.5127 |
| LHA*** | 1.318327 | 0.154361 | 8.540519 | 0.0000 |
| LHA(-1)*** | -1.902631 | 0.312745 | -6.083657 | 0.0000 |
| LHA(-2)** | 0.689896 | 0.361574 | 1.908035 | 0.0594 |
| LHA(-3) | 0.034580 | 0.348986 | 0.099088 | 0.9213 |
| LHA(-4) | 0.305654 | 0.314006 | 0.973401 | 0.3328 |
| LHA(-5) | -0.367316 | 0.350787 | -1.047118 | 0.2977 |
| LHA(-6) | 0.098816 | 0.331747 | 0.297867 | 0.7664 |
| LHA(-7) | 0.056899 | 0.304848 | 0.186648 | 0.8523 |
| LHA(-8) | 0.065932 | 0.172242 | 0.382788 | 0.7027 |
| LLI | 0.427171 | 0.590576 | 0.723313 | 0.4712 |
| LLI(-1) | -0.578185 | 1.080866 | -0.534927 | 0.5939 |
| LLI(-2) | 0.300849 | 1.051643 | 0.286075 | 0.7754 |
| LLI(-3) | -0.056573 | 0.979533 | -0.057755 | 0.9541 |
| LLI(-4) | 0.955428 | 0.989930 | 0.965147 | 0.3369 |
| LLI(-5) | -1.819156 | 1.083787 | -1.678517 | 0.0965 |
| LLI(-6) | 0.871176 | 0.618648 | 1.408193 | 0.1623 |
| PE | 0.044711 | 0.062315 | 0.717509 | 0.4748 |
| PE(-1) | 0.005693 | 0.076850 | 0.074084 | 0.9411 |
| PE(-2) | -0.001898 | 0.069485 | -0.027321 | 0.9783 |
| PE(-3) | 0.090215 | 0.072874 | 1.237968 | 0.2187 |
| PE(-4)* | -0.139707 | 0.067044 | -2.083825 | 0.0398 |
| PE(-5) | 0.024412 | 0.062411 | 0.391149 | 0.6966 |
| PE(-6) | 0.032464 | 0.056995 | 0.569597 | 0.5703 |
| PE(-7) | -0.059750 | 0.064206 | -0.930596 | 0.3544 |
| PE(-8) | 0.025512 | 0.049514 | 0.515245 | 0.6076 |
| C | 6.754153 | 5.988958 | 1.127768 | 0.2622 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| R-squared | 0.996553 | Mean dependent var | 14.73350 |
| Adjusted R-squared | 0.993430 | S.D. dependent var | 0.236141 |
| S.E. of regression | 0.019140 | Akaike info criterion | -4.768093 |
| Sum squared resid | 0.035170 | Schwarz criterion | -3.230515 |
| Log likelihood | 526.6645 | Hannan-Quinn criter. | -4.144893 |
| F-statistic | 319.0595 | Durbin-Watson stat | 1.981647 |
| Prob(F-statistic) | 0.000000 | | |

**Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:**

| | | | |
|---|---|---|---|
| F-statistic | 0.153146 | Prob. F(2,94) | 0.8582 |
| Obs*R-squared | 0.597605 | Prob. Chi-Square(2) | 0.7417 |

**Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey**

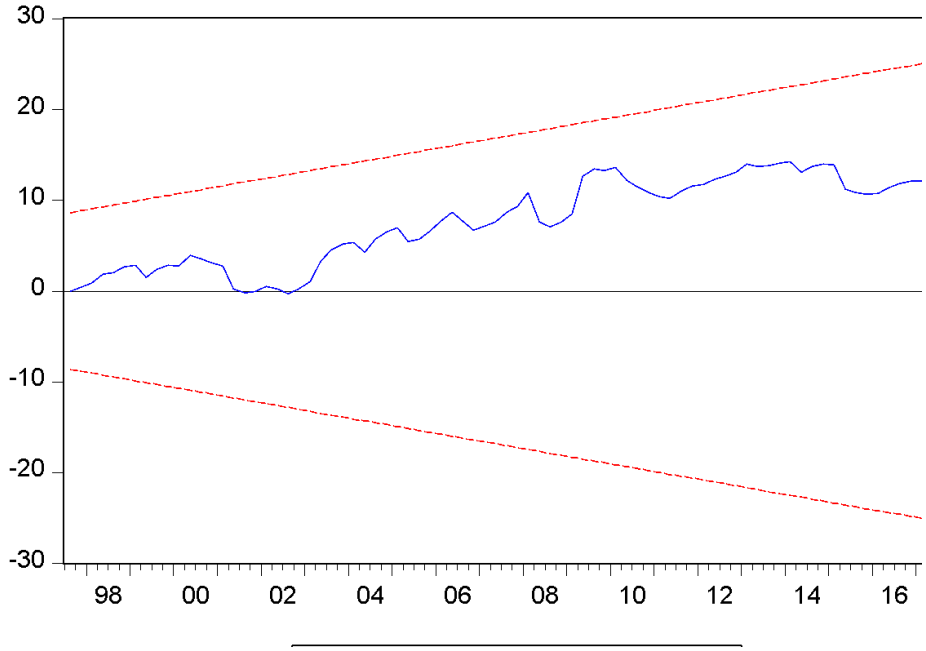
| | | | |
|---|---|---|---|
| F-statistic | 1.337866 | Prob. F(86,97) | 0.0820 |
| Obs*R-squared | 99.83374 | Prob. Chi-Square(86) | 0.1461 |
| Scaled explained SS | 62.61810 | Prob. Chi-Square(86) | 0.9728 |

**Ramsey Test**

Omitted Variables: Squares of fitted vaLUPRes

| | VaLUPRe | df | Probability |
|---|---|---|---|
| t-statistic | 1.598999 | 95 | 0.1131 |
| F-statistic | 2.556797 | (1, 95) | 0.1131 |
| Likelihood ratio | 4.886644 | 1 | 0.0271 |

**CUSUM TEST**




## Equation de la production du riz

Dependent Variable: LFPSA
Method: Least Squares
Date: 03/19/22 Time: 18:51
Sample (adjusted): 1971Q3 2017Q4
Included observations: 133 after adjustments

| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
|---|---|---|---|---|
| LFPSA(-1) | 1.252141 | 0.104945 | 11.93138 | 0.0000 |
| LFPSA(-2) | -0.226302 | 0.161517 | -1.401098 | 0.1684 |
| LFPSA(-3) | -0.090362 | 0.162836 | -0.554926 | 0.5818 |
| LFPSA(-4) | -0.334297 | 0.175291 | -1.907102 | 0.0632 |
| LFPSA(-5) | 0.313859 | 0.167664 | 1.871959 | 0.0680 |
| LFPSA(-6) | -0.008519 | 0.138120 | -0.061678 | 0.9511 |
| LFPSA(-7) | -0.096015 | 0.127339 | -0.754009 | 0.4550 |
| LFPSA(-8) | 0.007929 | 0.080218 | 0.098847 | 0.9217 |
| LRF | -0.375902 | 0.135959 | -2.764829 | 0.0084 |
| LRF(-1) | 0.485017 | 0.215564 | 2.249988 | 0.0296 |
| LRF(-2) | -0.119842 | 0.170934 | -0.701103 | 0.4870 |
| LRF(-3) | -0.113072 | 0.138139 | -0.818536 | 0.4176 |
| LRF(-4) | 0.037471 | 0.186091 | 0.201357 | 0.8414 |
| LRF(-5) | 0.119669 | 0.214459 | 0.558004 | 0.5797 |
| LRF(-6) | -0.027970 | 0.149630 | -0.186925 | 0.8526 |
| LFPR | -186.4909 | 1000.857 | -0.186331 | 0.8531 |
| LFPR(-1) | 113.0353 | 1791.764 | 0.063086 | 0.9500 |
| LFPR(-2) | 76.49437 | 1152.338 | 0.066382 | 0.9474 |
| LTP | -8.480912 | 1.863475 | -4.551128 | 0.0000 |
| LTP(-1) | 8.782815 | 2.999027 | 2.928555 | 0.0054 |
| LTP(-2) | -0.178039 | 2.358035 | -0.075503 | 0.9402 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| LTP(-3) | -1.015403 | 2.079392 | -0.488317 | 0.6278 |
| LTP(-4) | 1.121736 | 2.141388 | 0.523836 | 0.6031 |
| LTP(-5) | -0.714699 | 1.635337 | -0.437034 | 0.6643 |
| DPGR | 0.837569 | 6.125521 | 0.136734 | 0.8919 |
| DPGR(-1) | 3.170875 | 6.321717 | 0.501584 | 0.6185 |
| DPGR(-2) | 1.435813 | 2.392327 | 0.600174 | 0.5515 |
| DPGR(-3) | 1.632505 | 2.513873 | 0.649399 | 0.5195 |
| DPGR(-4) | 1.211009 | 6.201714 | 0.195270 | 0.8461 |
| DPGR(-5) | -1.293786 | 6.922365 | -0.186899 | 0.8526 |
| LU | -15.65346 | 194.4337 | -0.080508 | 0.9362 |
| LUPR(-1) | -3.024319 | 342.1661 | -0.008839 | 0.9930 |
| LUPR(-2) | 18.82773 | 215.6285 | 0.087316 | 0.9308 |
| LGDPG** | 0.035685 | 0.011159 | 3.197871 | 0.0026 |
| LGDPG(-1) | -0.032746 | 0.014488 | -2.260142 | 0.0289 |
| LGDPG(-2) | 0.022836 | 0.014295 | 1.597498 | 0.1175 |
| LGDPG(-3) | 0.009375 | 0.014226 | 0.659016 | 0.5134 |
| LGDPG(-4) | 0.014108 | 0.013807 | 1.021808 | 0.3126 |
| LGDPC*** | -1.299227 | 0.450921 | -2.881274 | 0.0062 |
| LGDPC(-1)** | 2.154683 | 0.889633 | 2.421990 | 0.0197 |
| LGDPC(-2) | -0.537125 | 0.759590 | -0.707124 | 0.4833 |
| LGDPC(-3) | -0.460283 | 0.619643 | -0.742820 | 0.4616 |
| LGDPC(-4) | -0.091730 | 0.739142 | -0.124103 | 0.9018 |
| LGDPC(-5) | 0.258900 | 0.547048 | 0.473267 | 0.6384 |
| LH | 0.013972 | 0.020854 | 0.669982 | 0.5065 |
| LH(-1) | -0.002992 | 0.017706 | -0.168973 | 0.8666 |
| LH(-2) | 0.013717 | 0.016985 | 0.807621 | 0.4238 |
| LH(-3) | -0.006325 | 0.021577 | -0.293121 | 0.7708 |
| LH(-4) | 0.004101 | 0.017187 | 0.238603 | 0.8125 |
| LH(-5) | 0.003380 | 0.014195 | 0.238122 | 0.8129 |
| LF | -0.115299 | 0.096353 | -1.196641 | 0.2380 |
| LF(-1)* | 0.241225 | 0.134741 | 1.790291 | 0.0804 |
| LF(-2) | 0.014335 | 0.132953 | 0.107821 | 0.9146 |
| LF(-3) | -0.063861 | 0.120225 | -0.531180 | 0.5980 |
| LF(-4) | 0.097552 | 0.210867 | 0.462624 | 0.6460 |
| LF(-5) | -0.136655 | 0.248901 | -0.549034 | 0.5858 |
| LF(-6) | 0.238833 | 0.148977 | 1.603162 | 0.1162 |
| LGH | 0.443387 | 0.416185 | 1.065360 | 0.2927 |
| LGH(-1) | -1.038113 | 0.722872 | -1.436095 | 0.1582 |
| LGH(-2) | 0.708992 | 0.778611 | 0.910585 | 0.3676 |
| LGH(-3) | 0.164193 | 0.624632 | 0.262864 | 0.7939 |
| LGH(-4) | 0.011439 | 0.534546 | 0.021400 | 0.9830 |
| LGH(-5) | -2.489146 | 0.659385 | -3.774952 | 0.0005 |
| LGH(-6) | 2.881112 | 0.397630 | 7.245713 | 0.0000 |
| LHA*** | 0.957033 | 0.291125 | 3.287362 | 0.0020 |
| LHA(-1)** | -1.023958 | 0.440622 | -2.323894 | 0.0249 |
| LHA(-2) | 0.115500 | 0.386387 | 0.298922 | 0.7664 |
| LHA(-3) | 0.209300 | 0.360147 | 0.581151 | 0.5642 |
| LHA(-4)* | 0.770163 | 0.412114 | 1.868812 | 0.0685 |
| LHA(-5)*** | -0.870381 | 0.287074 | -3.031905 | 0.0041 |
| LLI | -1.154888 | 0.937972 | -1.231260 | 0.2249 |
| LLI(-1) | 0.741515 | 1.615230 | 0.459077 | 0.6485 |
| LLI(-2) | 0.015730 | 1.452329 | 0.010831 | 0.9914 |
| LLI(-3) | -0.263727 | 1.326826 | -0.198765 | 0.8434 |
| LLI(-4) | -1.404549 | 1.439043 | -0.976030 | 0.3345 |
| LLI(-5) | 1.386393 | 1.557436 | 0.890177 | 0.3783 |
| LLI(-6) | 0.196328 | 0.931432 | 0.210781 | 0.8341 |
| PESA | 0.021965 | 0.064396 | 0.341099 | 0.7347 |
| PESA(-1) | -0.052129 | 0.058684 | -0.888313 | 0.3793 |
| PESA(-2) | -0.008288 | 0.055108 | -0.150394 | 0.8812 |
| PESA(-3) | 0.053749 | 0.064032 | 0.839413 | 0.4059 |
| PESA(-4) | -0.079143 | 0.047293 | -1.673447 | 0.1015 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| LXM | -0.004790 | 0.020379 | -0.235059 | 0.8153 |
| LXM(-1) | 0.019714 | 0.053319 | 0.369744 | 0.7134 |
| LXM(-2) | 0.015779 | 0.062120 | 0.254003 | 0.8007 |
| LXM(-3) | -0.024038 | 0.041448 | -0.579946 | 0.5650 |
| LXM(-4) | 0.028427 | 0.018267 | 1.556190 | 0.1270 |
| LXM(-5) | 0.000236 | 0.014073 | 0.016751 | 0.9867 |
| LXM(-6) | 0.001075 | 0.009659 | 0.111248 | 0.9119 |
| C | -18.89325 | 24.90409 | -0.758641 | 0.4522 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| R-squared | 0.999030 | Mean dependent var | 10.93524 |
| Adjusted R-squared | 0.997022 | S.D. dependent var | 0.414651 |
| S.E. of regression | 0.022628 | Akaike info criterion | -4.515012 |
| Sum squared resid | 0.022017 | Schwarz criterion | -2.559137 |
| Log likelihood | 390.2483 | Hannan-Quinn criter. | -3.720219 |
| F-statistic | 497.5434 | Durbin-Watson stat | 1.923911 |
| Prob(F-statistic) | 0.000000 | | |

**Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey**

| | | | |
|---|---|---|---|
| F-statistic | 1.563637 | Prob. F(88,44) | 0.0516 |
| Obs*R-squared | 100.7753 | Prob. Chi-Square(88) | 0.1661 |
| Scaled explained SS | 13.98792 | Prob. Chi-Square(88) | 1.0000 |

**Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:**

| | | | |
|---|---|---|---|
| F-statistic | 0.892669 | Prob. F(2,41) | 0.4174 |
| Obs*R-squared | 5.549799 | Prob. Chi-Square(2) | 0.0624 |

## Equation de la prévalence de l'anémie chez les femmes en âge de procréer

Dependent Variable: WA
Method: Least Squares
Date: 03/26/22 Time: 16:59
Sample (adjusted): 2002Q1 2018Q1
Included observations: 65 after adjustments

| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
|---|---|---|---|---|
| WA(-1) | 0.968010 | 0.011132 | 86.95683 | 0.0000 |
| CPI | -0.012333 | 0.006184 | -1.994539 | 0.0567 |
| CPI(-1) | 0.017321 | 0.008480 | 2.042635 | 0.0514 |
| CPI(-2) | -0.008530 | 0.005603 | -1.522427 | 0.1400 |
| FPI | -0.003887 | 0.001904 | -2.040843 | 0.0515 |
| FPI(-1) | 0.004914 | 0.002757 | 1.782651 | 0.0863 |
| FPI(-2) | 0.000869 | 0.001819 | 0.477361 | 0.6371 |
| GDPC | -0.001858 | 0.000927 | -2.004930 | 0.0555 |
| GDPC(-1) | 0.001882 | 0.000950 | 1.981503 | 0.0582 |
| HC | 218.4909 | 131.4710 | 1.661894 | 0.1085 |
| HC(-1) | 176.3370 | 133.9155 | 1.316778 | 0.1994 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| HC(-2) | 88.10376 | 126.4126 | 0.696954 | 0.4920 |
| HC(-3) | -556.1475 | 160.5751 | -3.463472 | 0.0019 |
| HC(-4) | -395.3694 | 201.0094 | -1.966920 | 0.0600 |
| HC(-5) | -187.0296 | 135.5566 | -1.379716 | 0.1794 |
| HC(-6) | 2.235482 | 129.9447 | 0.017203 | 0.9864 |
| HR | 8.102088 | 4.570949 | 1.772518 | 0.0880 |
| HR(-1) | 3.840135 | 4.188441 | 0.916841 | 0.3677 |
| HR(-2) | 1.428165 | 4.690275 | 0.304495 | 0.7632 |
| HR(-3) | -2.693144 | 4.346419 | -0.619624 | 0.5409 |
| HR(-4) | -17.30290 | 4.355237 | -3.972896 | 0.0005 |
| HR(-5) | -5.137531 | 4.284948 | -1.198972 | 0.2414 |
| HR(-6) | -5.557092 | 4.216915 | -1.317810 | 0.1991 |
| OTI | 0.015152 | 0.006300 | 2.405243 | 0.0236 |
| OTI(-1) | -0.028268 | 0.004588 | -6.160679 | 0.0000 |
| PEC | -0.107542 | 0.152669 | -0.704412 | 0.4874 |
| PEC(-1) | 0.239578 | 0.150831 | 1.588390 | 0.1243 |
| PEC(-2) | 0.118311 | 0.112924 | 1.047701 | 0.3044 |
| PEC(-3) | 0.118507 | 0.100420 | 1.180111 | 0.2486 |
| PER | 0.071549 | 0.050821 | 1.407845 | 0.1710 |
| PER(-1) | -0.027398 | 0.042859 | -0.639260 | 0.5282 |
| PER(-2) | -0.034350 | 0.042300 | -0.812055 | 0.4241 |
| PGR | 6.501867 | 2.291173 | 2.837790 | 0.0087 |
| PGR(-1) | -7.814255 | 2.987222 | -2.615893 | 0.0146 |
| PGR(-2) | -0.589334 | 2.294157 | -0.256885 | 0.7993 |
| PGR(-3) | -0.391491 | 2.170096 | -0.180403 | 0.8582 |
| PGR(-4) | -5.170195 | 2.926882 | -1.766451 | 0.0891 |
| PGR(-5) | 6.555180 | 2.578881 | 2.541870 | 0.0173 |
| C | 3.469527 | 1.079377 | 3.214379 | 0.0035 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| R-squared | 0.999998 | Mean dependent var | 30.84000 |
| Adjusted R-squared | 0.999995 | S.D. dependent var | 3.110406 |
| S.E. of regression | 0.007139 | Akaike info criterion | -6.762813 |
| Sum squared resid | 0.001325 | Schwarz criterion | -5.458181 |
| Log likelihood | 258.7914 | Hannan-Quinn criter. | -6.248052 |
| F-statistic | 319720.1 | Durbin-Watson stat | 2.026795 |
| Prob(F-statistic) | 0.000000 | | |

**Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey**

| | | | |
|---|---|---|---|
| F-statistic | 1.820927 | Prob. F(38,26) | 0.0561 |
| Obs*R-squared | 47.24701 | Prob. Chi-Square(38) | 0.1445 |
| Scaled explained SS | 16.00753 | Prob. Chi-Square(38) | 0.9993 |

**Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:**

| | | | |
|---|---|---|---|
| F-statistic | 0.880065 | Prob. F(2,24) | 0.4277 |
| Obs*R-squared | 4.441298 | Prob. Chi-Square(2) | 0.1085 |

## Tanzanie

## Equation de la production du maïs

Dependent Variable: LFP
Method: Least Squares
Date: 03/18/22 Time: 21:25
Sample (adjusted): 1994Q1 2018Q1
IncLUPRded observations: 97 after adjustments
HAC standard errors & covariance (Bartlett kernel, Newey-West fixed bandwidth = 4.0000)

| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
|---|---|---|---|---|
| LFP(-1)*** | 1.103651 | 0.099770 | 11.06192 | 0.0000 |
| LFP(-2)*** | -0.504841 | 0.090907 | -5.553385 | 0.0000 |
| LFP(-3) | 0.011102 | 0.059155 | 0.187682 | 0.8517 |
| LFP(-4)*** | -0.546562 | 0.149303 | -3.660749 | 0.0005 |
| LFP(-5) | 0.541690 | 0.165761 | 3.267893 | 0.0018 |
| LFP(-6) | -0.221430 | 0.083661 | -2.646747 | 0.0103 |
| DPGR | -0.669165 | 1.539425 | -0.434685 | 0.6653 |
| DPGR(-1) | 0.585667 | 1.286647 | 0.455188 | 0.6506 |
| DPGR(-2) | 0.126175 | 0.667299 | 0.189084 | 0.8506 |
| LF | -0.051568 | 0.096140 | -0.536385 | 0.5936 |
| LF(-1) | 0.110093 | 0.114389 | 0.962437 | 0.3396 |
| LF(-2)** | -0.136481 | 0.059225 | -2.304452 | 0.0246 |
| LGDPC | -0.045083 | 0.172024 | -0.262074 | 0.7941 |
| LGDPG*** | 0.566802 | 0.207521 | 2.731295 | 0.0082 |
| LGDPG(-1)** | -0.589507 | 0.265963 | -2.216502 | 0.0303 |
| LGDPG(-2)** | 0.251570 | 0.120650 | 2.085122 | 0.0412 |
| LGH* | -0.063272 | 0.034156 | -1.852429 | 0.0687 |
| LH | -0.001724 | 0.001683 | -1.024013 | 0.3098 |
| LHA** | 0.541654 | 0.206910 | 2.617819 | 0.0111 |
| LHA(-1)** | -0.624480 | 0.296154 | -2.108633 | 0.0390 |
| LHA(-2)*** | 0.451844 | 0.133668 | 3.380349 | 0.0013 |
| LLI | 2.394094 | 2.994578 | 0.799476 | 0.4271 |
| LLI(-1) | -4.689894 | 4.932445 | -0.950825 | 0.3454 |
| LLI(-2) | 2.274273 | 2.270024 | 1.001872 | 0.3203 |
| LRF | -0.004465 | 0.214429 | -0.020824 | 0.9835 |
| LRPR | 189.9768 | 147.3031 | 1.289700 | 0.2019 |
| LRPR(-1) | -191.7479 | 200.5555 | -0.956084 | 0.3427 |
| LRPR(-2)** | 167.0053 | 83.69333 | 1.995444 | 0.0504 |
| LRPR(-3)*** | -167.3430 | 47.72128 | -3.506675 | 0.0008 |
| LTP | -1.616771 | 1.183901 | -1.365630 | 0.1770 |
| LUPR | 1.391428 | 7.109787 | 0.195706 | 0.8455 |
| PE | 0.072764 | 0.259665 | 0.280222 | 0.7802 |
| PE(-1) | -0.439232 | 0.337159 | -1.302741 | 0.1975 |
| PE(-2)** | 0.340784 | 0.181524 | 1.877345 | 0.0652 |
| C | 14.75273 | 83.52865 | 0.176619 | 0.8604 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| R-squared | 0.994386 | Mean dependent var | 15.13896 |
| Adjusted R-squared | 0.991307 | S.D. dependent var | 0.384896 |
| S.E. of regression | 0.035886 | Akaike info criterion | -3.542878 |
| Sum squared resid | 0.079843 | Schwarz criterion | -2.613858 |
| Log likelihood | 206.8296 | Hannan-Quinn criter. | -3.167228 |
| F-statistic | 322.9904 | Durbin-Watson stat | 2.145400 |

| | |
|---|---|
| Prob(F-statistic) | 0.000000 |

**Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey**

| | | | |
|---|---|---|---|
| F-statistic | 1.744658 | Prob. F(31,65) | 0.0301 |
| Obs*R-squared | 44.05435 | Prob. Chi-Square(31) | 0.0604 |
| Scaled explained SS | 23.63481 | Prob. Chi-Square(31) | 0.8252 |

**Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:**

| | | | |
|---|---|---|---|
| F-statistic | 0.933063 | Prob. F(2,60) | 0.3990 |
| Obs*R-squared | 2.925903 | Prob. Chi-Square(2) | 0.2316 |

## Equation de la prévalence de l'anémie chez les femmes en âge de procréer

Dependent Variable: WA
Method: Least Squares
Date: 04/18/22 Time: 09:53
Sample (adjusted): 2002Q3 2018Q1
Included observations: 63 after adjustments

| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
|---|---|---|---|---|
| WA(-1)*** | 1.484200 | 0.174988 | 8.481701 | 0.0000 |
| WA(-2) | -0.489437 | 0.314663 | -1.555432 | 0.1319 |
| WA(-3) | 0.004835 | 0.321294 | 0.015050 | 0.9881 |
| WA(-4) | 0.163833 | 0.327344 | 0.500493 | 0.6209 |
| WA(-5) | -0.139781 | 0.225804 | -0.619037 | 0.5413 |
| CPI | -0.008144 | 0.012150 | -0.670266 | 0.5086 |
| CPI(-1) | 0.018004 | 0.016751 | 1.074816 | 0.2923 |
| CPI(-2) | -0.009601 | 0.016160 | -0.594113 | 0.5576 |
| CPI(-3) | 0.000805 | 0.015468 | 0.052040 | 0.9589 |
| CPI(-4) | -0.017938 | 0.017438 | -1.028619 | 0.3131 |
| CPI(-5) | 0.016610 | 0.011947 | 1.390338 | 0.1762 |
| FPI | 0.005515 | 0.003740 | 1.474630 | 0.1523 |
| FPI(-1) | -0.004164 | 0.004912 | -0.847786 | 0.4043 |
| FPI(-2) | -0.000910 | 0.004006 | -0.227251 | 0.8220 |
| FPI(-3) | -0.000331 | 0.003774 | -0.087622 | 0.9308 |
| FPI(-4)* | 0.007510 | 0.004308 | 1.743164 | 0.0931 |
| FPI(-5)** | -0.007413 | 0.002940 | -2.521178 | 0.0182 |
| GDPC | 4.30E-07 | 1.07E-06 | 0.403186 | 0.6901 |
| GDPC(-1) | -3.49E-07 | 1.08E-06 | -0.321554 | 0.7504 |
| HC | 178.5841 | 284.1271 | 0.628536 | 0.5351 |
| HC(-1) | 16.98713 | 282.2013 | 0.060195 | 0.9525 |
| HC(-2) | 9.715861 | 271.6068 | 0.035772 | 0.9717 |
| HC(-3) | -416.1317 | 311.3642 | -1.336479 | 0.1930 |
| HC(-4) | 177.1884 | 304.9983 | 0.580949 | 0.5663 |
| OTI* | -0.069245 | 0.040570 | -1.706804 | 0.0998 |
| OTI(-1) | 0.058909 | 0.041674 | 1.413567 | 0.1694 |
| PEC | 0.037661 | 0.288029 | 0.130754 | 0.8970 |
| PEC(-1) | -0.037769 | 0.336549 | -0.112223 | 0.9115 |
| PEC(-2) | 0.005768 | 0.304428 | 0.018948 | 0.9850 |
| PEC(-3) | -0.198134 | 0.348734 | -0.568154 | 0.5748 |
| PEC(-4) | 0.059504 | 0.260974 | 0.228005 | 0.8214 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| PGR | -0.433362 | 1.938659 | -0.223537 | 0.8249 |
| PGR(-1) | 1.867343 | 2.843442 | 0.656719 | 0.5171 |
| PGR(-2) | -0.596645 | 2.629653 | -0.226891 | 0.8223 |
| PGR(-3) | 1.109106 | 2.455317 | 0.451716 | 0.6552 |
| PGR(-4) | -1.424474 | 1.456359 | -0.978106 | 0.3370 |
| C | -2.599447 | 4.314764 | -0.602454 | 0.5521 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| R-squared | 0.999975 | Mean dependent var | 41.95278 |
| Adjusted R-squared | 0.999940 | S.D. dependent var | 2.383022 |
| S.E. of regression | 0.018528 | Akaike info criterion | -4.849542 |
| Sum squared resid | 0.008925 | Schwarz criterion | -3.590876 |
| Log likelihood | 189.7606 | Hannan-Quinn criter. | -4.354503 |
| F-statistic | 28490.13 | Durbin-Watson stat | 2.000093 |
| Prob(F-statistic) | 0.000000 | | |

**Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey**

| | | | |
|---|---|---|---|
| F-statistic | 0.804628 | Prob. F(36,26) | 0.7307 |
| Obs*R-squared | 33.20009 | Prob. Chi-Square(36) | 0.6025 |
| Scaled explained SS | 16.33990 | Prob. Chi-Square(36) | 0.9980 |

**Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:**

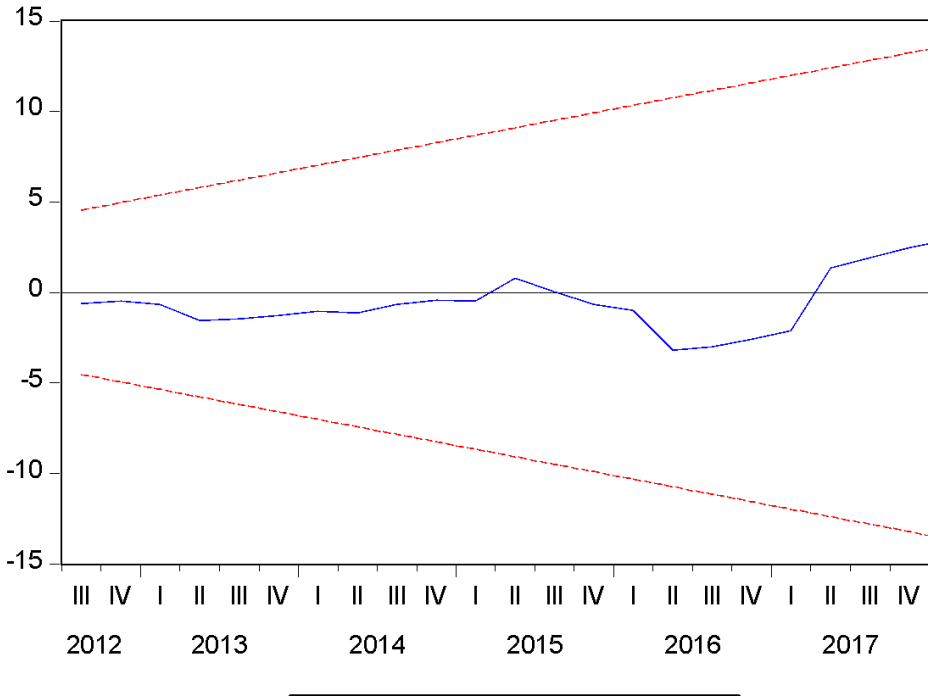
| | | | |
|---|---|---|---|
| F-statistic | 0.525678 | Prob. F(2,24) | 0.5978 |
| Obs*R-squared | 2.643987 | Prob. Chi-Square(2) | 0.2666 |

**RAMSEY TEST**

Omitted Variables: Squares of fitted values

| | Value | df | Probability |
|---|---|---|---|
| t-statistic | 2.005994 | 25 | 0.0558 |
| F-statistic | 4.024011 | (1, 25) | 0.0558 |
| Likelihood ratio | 9.402600 | 1 | 0.0022 |

## CUSUM TEST




## Rwanda

## Production du maïs

Dependent Variable: LFP
Method: Least Squares
Date: 04/19/22 Time: 22:19
Sample (adjusted): 1969Q3 2018Q1
IncLUPRded observations: 149 after adjustments

| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
|---|---|---|---|---|
| LFP(-1)*** | 1.456089 | 0.105984 | 13.73882 | 0.0000 |
| LFP(-2) | -0.521514 | 0.170368 | -3.061112 | 0.0031 |
| LFP(-3) | -0.010486 | 0.167721 | -0.062518 | 0.9503 |
| LFP(-4) | -0.140382 | 0.188551 | -0.744529 | 0.4589 |
| LFP(-5) | 0.307755 | 0.186536 | 1.649842 | 0.1032 |
| LFP(-6) | -0.113997 | 0.105106 | -1.084586 | 0.2816 |
| LRF | -0.161188 | 0.192798 | -0.836046 | 0.4058 |
| LRF(-1) | -0.121135 | 0.279225 | -0.433823 | 0.6657 |
| LRF(-2) | 0.072830 | 0.252098 | 0.288894 | 0.7735 |
| LRF(-3) | -0.010380 | 0.228658 | -0.045396 | 0.9639 |
| LRF(-4) | -0.042870 | 0.141001 | -0.304043 | 0.7619 |
| LRPR*** | -75.91751 | 27.53271 | -2.757357 | 0.0073 |
| LRPR(-1)** | 122.1317 | 54.30199 | 2.249121 | 0.0275 |
| LRPR(-2) | -52.46069 | 59.21897 | -0.885876 | 0.3786 |
| LRPR(-3) | -2.508251 | 59.76534 | -0.041968 | 0.9666 |
| LRPR(-4) | 85.94126 | 60.99198 | 1.409058 | 0.1630 |
| LRPR(-5)** | -109.7984 | 39.31318 | -2.792915 | 0.0066 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| LRPR(-6)** | 30.08559 | 12.61290 | 2.385302 | 0.0196 |
| LTP*** | 6.067570 | 1.890500 | 3.209505 | 0.0020 |
| LTP(-1)** | -8.362717 | 3.235661 | -2.584547 | 0.0117 |
| LTP(-2) | 3.685118 | 3.147917 | 1.170653 | 0.2455 |
| LTP(-3) | -1.117736 | 2.567217 | -0.435388 | 0.6645 |
| LTP(-4) | 6.534321 | 2.735210 | 2.388965 | 0.0194 |
| LTP(-5) | -7.911018 | 2.992049 | -2.644013 | 0.0100 |
| LTP(-6) | 2.396704 | 1.727111 | 1.387696 | 0.1694 |
| DPGR | 0.016775 | 0.054612 | 0.307157 | 0.7596 |
| DPGR(-1) | 0.054000 | 0.068243 | 0.791287 | 0.4313 |
| DPGR(-2) | 0.102689 | 0.063624 | 1.614000 | 0.1108 |
| DPGR(-3) | 0.013183 | 0.043329 | 0.304252 | 0.7618 |
| DPGR(-4) | -0.085809 | 0.059405 | -1.444479 | 0.1528 |
| DPGR(-5) | -0.008662 | 0.066703 | -0.129858 | 0.8970 |
| DPGR(-6)* | -0.113758 | 0.057511 | -1.978031 | 0.0516 |
| LUPR* | -10.91758 | 4.430574 | -2.464145 | 0.0161 |
| LUPR(-1)** | 17.25893 | 8.546399 | 2.019439 | 0.0471 |
| LUPR(-2) | -7.167617 | 9.044353 | -0.792496 | 0.4306 |
| LUPR(-3) | 0.716429 | 8.784640 | 0.081555 | 0.9352 |
| LUPR(-4) | 8.398228 | 8.678998 | 0.967649 | 0.3364 |
| LUPR(-5) | -9.044342 | 4.752416 | -1.903104 | 0.0609 |
| LGDPG | 0.008576 | 0.010216 | 0.839509 | 0.4039 |
| LGDPG(-1) | -0.019234 | 0.016592 | -1.159283 | 0.2501 |
| LGDPG(-2) | 0.003682 | 0.015331 | 0.240172 | 0.8109 |
| LGDPG(-3) | 0.006769 | 0.013571 | 0.498776 | 0.6194 |
| LGDPG(-4) | 0.000937 | 0.006456 | 0.145164 | 0.8850 |
| LGDPC* | 0.788463 | 0.429807 | 1.834460 | 0.0706 |
| LGDPC(-1)* | -1.328673 | 0.752635 | -1.765360 | 0.0816 |
| LGDPC(-2) | 0.698710 | 0.669902 | 1.043002 | 0.3003 |
| LGDPC(-3) | -0.186106 | 0.598012 | -0.311208 | 0.7565 |
| LGDPC(-4) | 0.311683 | 0.640943 | 0.486287 | 0.6282 |
| LGDPC(-5) | -0.481684 | 0.707943 | -0.680399 | 0.4984 |
| LGDPC(-6) | 0.387420 | 0.376722 | 1.028395 | 0.3071 |
| LH | -0.015983 | 0.016580 | -0.963967 | 0.3382 |
| LH(-1) | -0.014149 | 0.014318 | -0.988188 | 0.3263 |
| LF | 0.002199 | 0.009140 | 0.240572 | 0.8106 |
| LF(-1) | 0.006485 | 0.012899 | 0.502781 | 0.6166 |
| LF(-2) | -0.002771 | 0.009439 | -0.293628 | 0.7699 |
| LHA* | 0.293659 | 0.172071 | 1.706618 | 0.0921 |
| LHA(-1) | -0.484670 | 0.307699 | -1.575146 | 0.1195 |
| LHA(-2) | 0.131812 | 0.282652 | 0.466342 | 0.6423 |
| LHA(-3) | 0.021616 | 0.260141 | 0.083094 | 0.9340 |
| LHA(-4)** | 0.619466 | 0.289762 | 2.137846 | 0.0358 |
| LHA(-5)*** | -0.870705 | 0.313041 | -2.781443 | 0.0069 |
| LHA(-6) | 0.163844 | 0.178911 | 0.915784 | 0.3628 |
| LLI | 0.930676 | 0.656527 | 1.417574 | 0.1605 |
| LLI(-1) | -1.130204 | 1.092815 | -1.034214 | 0.3044 |
| LLI(-2) | 0.310110 | 0.925440 | 0.335095 | 0.7385 |
| LLI(-3) | 0.333470 | 0.657113 | 0.507477 | 0.6133 |
| LLI(-4) | -0.254101 | 0.600554 | -0.423111 | 0.6734 |
| LLI(-5) | 0.468081 | 0.422587 | 1.107657 | 0.2716 |
| PE | 0.004044 | 0.046785 | 0.086431 | 0.9314 |
| PE(-1) | 0.004703 | 0.063549 | 0.074004 | 0.9412 |
| PE(-2) | 0.024068 | 0.061518 | 0.391241 | 0.6967 |
| PE(-3) | -0.084019 | 0.068811 | -1.221007 | 0.2260 |
| PE(-4)* | 0.084461 | 0.048018 | 1.758953 | 0.0827 |
| DX | 8.37E-08 | 5.35E-07 | 0.156506 | 0.8761 |
| C | 10.01500 | 17.31197 | 0.578501 | 0.5647 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| R-squared | 0.999575 | Mean dependent var | 11.73052 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Adjusted R-squared | 0.999149 | S.D. dependent var | 0.799555 |
| S.E. of regression | 0.023319 | Akaike info criterion | -4.372295 |
| Sum squared resid | 0.040238 | Schwarz criterion | -2.860241 |
| Log likelihood | 400.7360 | Hannan-Quinn criter. | -3.757972 |
| F-statistic | 2350.362 | Durbin-Watson stat | 2.061290 |
| Prob(F-statistic) | 0.000000 | | |

**Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:**

| | | | |
|---|---|---|---|
| F-statistic | 1.476965 | Prob. F(2,72) | 0.2352 |
| Obs*R-squared | 5.872080 | Prob. Chi-Square(2) | 0.0531 |

**Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey**

| | | | |
|---|---|---|---|
| F-statistic | 1.283712 | Prob. F(74,74) | 0.1425 |
| Obs*R-squared | 83.75535 | Prob. Chi-Square(74) | 0.2051 |
| Scaled explained SS | 71.82132 | Prob. Chi-Square(74) | 0.5501 |

## Equation de la production du riz

Dependent Variable: LFP
Method: Least Squares
Date: 03/22/22 Time: 12:08
Sample (adjusted): 1969Q4 2018Q1
Included observations: 148 after adjustments

| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
|---|---|---|---|---|
| LFP(-1)*** | 1.378292 | 0.108091 | 12.75126 | 0.0000 |
| LFP(-2)ù | -0.329635 | 0.176191 | -1.870895 | 0.0659 |
| LFP(-3)* | -0.250504 | 0.147805 | -1.694829 | 0.0950 |
| LFP(-4) | -0.287189 | 0.115287 | -2.491075 | 0.0153 |
| LFP(-5)* | 0.662706 | 0.123322 | 5.373781 | 0.0000 |
| LFP(-6) | -0.195030 | 0.145216 | -1.343035 | 0.1840 |
| LFP(-7) | -0.226173 | 0.132569 | -1.706077 | 0.0928 |
| LFP(-8) | 0.191666 | 0.072996 | 2.625698 | 0.0108 |
| LRF | -0.190195 | 0.190329 | -0.999295 | 0.3214 |
| LRF(-1) | 0.312799 | 0.318377 | 0.982480 | 0.3296 |
| LRF(-2) | -0.014451 | 0.325090 | -0.044452 | 0.9647 |
| LRF(-3) | -0.084316 | 0.287583 | -0.293188 | 0.7703 |
| LRF(-4)* | -0.512695 | 0.257276 | -1.992778 | 0.0506 |
| LRF(-5)*** | 0.641446 | 0.175606 | 3.652755 | 0.0005 |
| LFPR | -14.28399 | 28.27965 | -0.505098 | 0.6152 |
| LFPR(-1) | 28.29377 | 52.91434 | 0.534709 | 0.5947 |
| LFPR(-2) | -16.39187 | 54.68644 | -0.299743 | 0.7653 |
| LFPR(-3) | -47.13652 | 50.88588 | -0.926318 | 0.3578 |
| LFPR(-4) | 45.70548 | 26.73419 | 1.709627 | 0.0922 |
| LTP | 0.135927 | 1.964277 | 0.069200 | 0.9450 |
| LTP(-1) | -2.312336 | 2.911862 | -0.794109 | 0.4301 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| LTP(-2) | 1.927158 | 2.917382 | 0.660578 | 0.5113 |
| LTP(-3) | 2.859883 | 2.831454 | 1.010041 | 0.3163 |
| LTP(-4)** | -5.339287 | 2.634687 | -2.026536 | 0.0469 |
| LTP(-5)** | 3.608196 | 1.536593 | 2.348179 | 0.0220 |
| DPGR | 0.106928 | 0.064837 | 1.649179 | 0.1040 |
| DPGR(-1) | 0.013026 | 0.070274 | 0.185355 | 0.8535 |
| DPGR(-2) | 0.005959 | 0.047914 | 0.124378 | 0.9014 |
| DPGR(-3) | 0.028922 | 0.046871 | 0.617049 | 0.5394 |
| DPGR(-4) | -0.025649 | 0.068148 | -0.376368 | 0.7079 |
| DPGR(-5) | 0.002125 | 0.072209 | 0.029423 | 0.9766 |
| LU | -1.101094 | 4.285673 | -0.256925 | 0.7981 |
| LUPR(-1) | 3.386969 | 8.428592 | 0.401843 | 0.6891 |
| LUPR(-2) | -2.695605 | 8.673508 | -0.310786 | 0.7570 |
| LUPR(-3) | -7.907326 | 8.235301 | -0.960174 | 0.3406 |
| LUPR(-4) | 7.473664 | 5.111041 | 1.462259 | 0.1486 |
| LUPR(-5) | 0.556829 | 1.889222 | 0.294740 | 0.7691 |
| LGDPG | 0.017329 | 0.010708 | 1.618380 | 0.1105 |
| LGDPG(-1) | -0.027543 | 0.014807 | -1.860197 | 0.0675 |
| LGDPG(-2) | 0.005177 | 0.015063 | 0.343679 | 0.7322 |
| LGDPG(-3) | 0.002293 | 0.013906 | 0.164886 | 0.8696 |
| LGDPG(-4) | -0.009349 | 0.007581 | -1.233112 | 0.2220 |
| LGDPC | 0.083516 | 0.415610 | 0.200948 | 0.8414 |
| LGDPC(-1) | -0.274206 | 0.712303 | -0.384957 | 0.7015 |
| LGDPC(-2) | 0.152064 | 0.688445 | 0.220880 | 0.8259 |
| LGDPC(-3) | 0.400645 | 0.617390 | 0.648933 | 0.5187 |
| LGDPC(-4)** | -1.401031 | 0.606714 | -2.309213 | 0.0242 |
| LGDPC(-5)*** | 1.139282 | 0.362774 | 3.140476 | 0.0026 |
| LH | -0.004587 | 0.021480 | -0.213564 | 0.8316 |
| LH(-1) | 0.001030 | 0.020375 | 0.050562 | 0.9598 |
| LH(-2) | 0.004280 | 0.018005 | 0.237725 | 0.8129 |
| LH(-3)*** | -0.052377 | 0.016969 | -3.086671 | 0.0030 |
| LH(-4) | 0.012362 | 0.021583 | 0.572773 | 0.5688 |
| LH(-5) | -0.009509 | 0.021353 | -0.445305 | 0.6576 |
| LF | -0.005135 | 0.011694 | -0.439120 | 0.6621 |
| LF(-1) | -0.000831 | 0.014953 | -0.055547 | 0.9559 |
| LF(-2) | 0.013118 | 0.012977 | 1.010899 | 0.3159 |
| LF(-3) | -6.48E-05 | 0.012223 | -0.005305 | 0.9958 |
| LF(-4) | 0.003347 | 0.013020 | 0.257083 | 0.7979 |
| LF(-5) | -0.001112 | 0.015552 | -0.071512 | 0.9432 |
| LF(-6) | -0.007966 | 0.011338 | -0.702630 | 0.4848 |
| LHA | 0.202820 | 0.153826 | 1.318501 | 0.1920 |
| LHA(-1) | -0.274221 | 0.280748 | -0.976752 | 0.3324 |
| LHA(-2) | -0.024491 | 0.292719 | -0.083668 | 0.9336 |
| LHA(-3) | 0.026837 | 0.271212 | 0.098952 | 0.9215 |
| LHA(-4) | -0.011008 | 0.157081 | -0.070078 | 0.9444 |
| LLI | 0.816030 | 0.721907 | 1.130381 | 0.2625 |
| LLI(-1) | -1.669008 | 1.292050 | -1.291752 | 0.2011 |
| LLI(-2) | 0.968302 | 1.275882 | 0.758927 | 0.4507 |
| LLI(-3) | 1.109492 | 0.965521 | 1.149113 | 0.2548 |
| LLI(-4)** | -1.190677 | 0.522164 | -2.280273 | 0.0259 |
| PE | 0.001712 | 0.051817 | 0.033048 | 0.9737 |
| PE(-1) | -0.009716 | 0.066308 | -0.146529 | 0.8840 |
| PE(-2) | -0.042049 | 0.054915 | -0.765711 | 0.4467 |
| PE(-3) | -0.006052 | 0.057935 | -0.104460 | 0.9171 |
| PE(-4) | -0.001924 | 0.043736 | -0.043985 | 0.9651 |
| LXM** | 0.037942 | 0.015522 | 2.444425 | 0.0173 |
| LXM(-1)* | -0.040287 | 0.023853 | -1.688974 | 0.0961 |
| LXM(-2) | 0.003052 | 0.021043 | 0.145049 | 0.8851 |
| LXM(-3) | 0.013484 | 0.017933 | 0.751953 | 0.4548 |
| LXM(-4) | 0.007671 | 0.016741 | 0.458232 | 0.6483 |
| LXM(-5) | -0.020546 | 0.016466 | -1.247805 | 0.2166 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| LXM(-6) | -0.017857 | 0.012241 | -1.458720 | 0.1495 |
| C | 15.23461 | 14.51926 | 1.049269 | 0.2980 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| R-squared | 0.999894 | Mean dependent var | 9.663524 |
| Adjusted R-squared | 0.999758 | S.D. dependent var | 1.453930 |
| S.E. of regression | 0.022635 | Akaike info criterion | -4.441851 |
| Sum squared resid | 0.032789 | Schwarz criterion | -2.740730 |
| Log likelihood | 412.6970 | Hannan-Quinn criter. | -3.750690 |
| F-statistic | 7306.799 | Durbin-Watson stat | 2.223252 |
| Prob(F-statistic) | 0.000000 | | |

**Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey**

| | | | |
|---|---|---|---|
| F-statistic | 1.211987 | Prob. F(83,64) | 0.2118 |
| Obs*R-squared | 90.45266 | Prob. Chi-Square(83) | 0.2698 |
| Scaled explained SS | 21.31639 | Prob. Chi-Square(83) | 1.0000 |

**Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:**

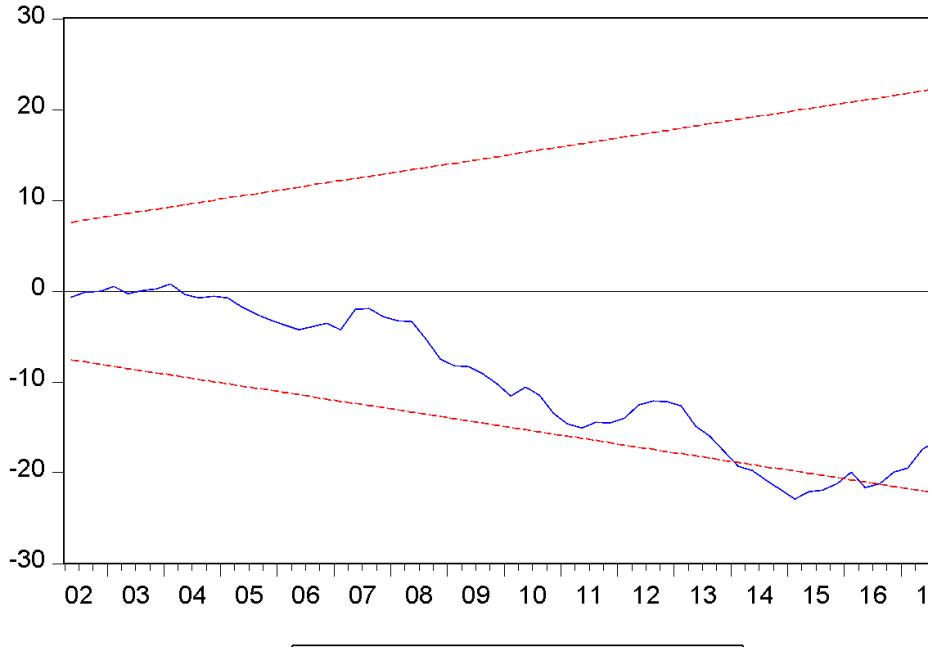
| | | | |
|---|---|---|---|
| F-statistic | 1.142330 | Prob. F(2,62) | 0.3257 |
| Obs*R-squared | 5.259881 | Prob. Chi-Square(2) | 0.0721 |

**Ramsey Test**

Omitted Variables: Squares of fitted values

| | Value | df | Probability |
|---|---|---|---|
| t-statistic | 0.634955 | 63 | 0.5278 |
| F-statistic | 0.403168 | (1, 63) | 0.5278 |
| Likelihood ratio | 0.944107 | 1 | 0.3312 |

**CUSUM TEST**




## Equation de la prévalence de l'anémie chez les femmes en âge de procréer

Dependent Variable: WA
Method: Least Squares
Date: 03/26/22 Time: 18:44
Sample (adjusted): 2003Q3 2018Q1
Included observations: 59 after adjustments
White-Hinkley (HC1) heteroskedasticity consistent standard errors and covariance

| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
|---|---|---|---|---|
| WA(-1) | 1.310864 | 0.398164 | 3.292269 | 0.0058 |
| WA(-2) | -0.392123 | 0.476889 | -0.822252 | 0.4258 |
| WA(-3) | 0.099001 | 0.314207 | 0.315083 | 0.7577 |
| WA(-4) | -0.019682 | 0.222479 | -0.088467 | 0.9309 |
| CPI | -0.017095 | 0.007497 | -2.280347 | 0.0401 |
| CPI(-1) | 0.002296 | 0.027769 | 0.082682 | 0.9354 |
| CPI(-2) | 0.002357 | 0.020600 | 0.114420 | 0.9107 |
| FPI | -0.003375 | 0.003437 | -0.981907 | 0.3441 |
| FPI(-1) | 0.006276 | 0.006577 | 0.954240 | 0.3574 |
| FPI(-2) | -0.002111 | 0.004511 | -0.467989 | 0.6475 |
| FPI(-3) | 0.001123 | 0.002411 | 0.465762 | 0.6491 |
| GDPC | -3.33E-06 | 2.18E-06 | -1.527004 | 0.1507 |
| GDPC(-1) | 5.71E-06 | 3.02E-06 | 1.892195 | 0.0809 |
| HC | 22.53066 | 214.3507 | 0.105111 | 0.9179 |
| HC(-1) | -20.67742 | 164.3062 | -0.125847 | 0.9018 |
| HC(-2) | 54.57638 | 183.1138 | 0.298046 | 0.7704 |
| HC(-3) | -687.1607 | 778.4366 | -0.882745 | 0.3934 |
| HC(-4) | 189.6182 | 457.8764 | 0.414125 | 0.6855 |
| HC(-5) | 240.8297 | 415.1129 | 0.580155 | 0.5717 |
| HC(-6) | -104.2259 | 476.8288 | -0.218581 | 0.8304 |
| HR | -0.084045 | 0.615347 | -0.136582 | 0.8935 |
| HR(-1) | -0.391877 | 1.065030 | -0.367949 | 0.7188 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| HR(-2) | -0.376047 | 1.331553 | -0.282413 | 0.7821 |
| HR(-3) | -0.217751 | 1.534480 | -0.141905 | 0.8893 |
| HR(-4) | -0.088136 | 1.401081 | -0.062906 | 0.9508 |
| HR(-5) | 0.351743 | 0.944826 | 0.372283 | 0.7157 |
| HR(-6) | 0.342615 | 0.890112 | 0.384913 | 0.7065 |
| OTI | 0.095102 | 0.052023 | 1.828079 | 0.0906 |
| OTI(-1) | -0.121596 | 0.055560 | -2.188540 | 0.0475 |
| PEC | 0.478339 | 0.849842 | 0.562856 | 0.5831 |
| PEC(-1) | -0.034579 | 0.248716 | -0.139030 | 0.8916 |
| PEC(-2) | 0.085707 | 0.153094 | 0.559835 | 0.5851 |
| PEC(-3) | -0.439452 | 0.299589 | -1.466850 | 0.1662 |
| PEC(-4) | 0.713565 | 0.669553 | 1.065734 | 0.3059 |
| PER | -0.074165 | 0.200949 | -0.369076 | 0.7180 |
| PER(-1) | -0.038419 | 0.135646 | -0.283231 | 0.7815 |
| PER(-2) | -0.033296 | 0.068695 | -0.484690 | 0.6360 |
| PER(-3) | -0.209067 | 0.124136 | -1.684182 | 0.1160 |
| PER(-4) | 0.080101 | 0.262344 | 0.305329 | 0.7649 |
| PER(-5) | -0.092223 | 0.190921 | -0.483046 | 0.6371 |
| PGR | -0.073501 | 0.206422 | -0.356074 | 0.7275 |
| PGR(-1) | 0.214337 | 0.171764 | 1.247857 | 0.2341 |
| PGR(-2) | -0.048052 | 0.117738 | -0.408129 | 0.6898 |
| PGR(-3) | -0.046905 | 0.104070 | -0.450706 | 0.6596 |
| PGR(-4) | -0.018330 | 0.118326 | -0.154913 | 0.8793 |
| C | 0.272144 | 5.019211 | 0.054221 | 0.9576 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| R-squared | 0.999993 | Mean dependent var | 19.35508 |
| Adjusted R-squared | 0.999968 | S.D. dependent var | 1.819594 |
| S.E. of regression | 0.010260 | Akaike info criterion | -6.274338 |
| Sum squared resid | 0.001369 | Schwarz criterion | -4.654563 |
| Log likelihood | 231.0930 | Hannan-Quinn criter. | -5.642043 |
| F-statistic | 40536.14 | Durbin-Watson stat | 2.061498 |
| Prob(F-statistic) | 0.000000 | Wald F-statistic | 413561.5 |
| Prob(Wald F-statistic) | 0.000000 | | |

**Heteroskedasticity Test: Breusch-Pagan-Godfrey**

| | | | |
|---|---|---|---|
| F-statistic | 0.797226 | Prob. F(45,13) | 0.7245 |
| Obs*R-squared | 43.30695 | Prob. Chi-Square(45) | 0.5439 |
| Scaled explained SS | 1.706880 | Prob. Chi-Square(45) | 1.0000 |

**Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:**

| | | | |
|---|---|---|---|
| F-statistic | 0.332201 | Prob. F(2,11) | 0.7243 |
| Obs*R-squared | 3.360631 | Prob. Chi-Square(2) | 0.1863 |

**CUSUM TEST**

