

# Etude économétrique des impacts du changement climatique sur la sécurité alimentaire au Maroc

## Econometric Study of the Impacts of Climate Change on Food Security in Morocco

Auteur 1 : ET-TOUILE Houria

Auteur 2 : ARIB Fatima

**ET-TOUILE Houria 1**, (Doctorante-chercheure)

Université Cadi Ayad/ Faculté des sciences juridiques économiques et sociales Marrakech/Maroc

et.touilehouria@gmail.com

**ARIB Fatima 2**, (Enseignant-Chercheur, PES)

Directrice de l' Ecole Nationale de Commerce et de Gestion – ENCG; Université Cadi Ayad, Marrakech/Maroc

**Déclaration de divulgation** : L'auteur n'a pas connaissance de quelconque financement qui pourrait affecter l'objectivité de cette étude.

**Conflit d'intérêts** : L'auteur ne signale aucun conflit d'intérêts.

**Pour citer cet article** : ET-TOUILE. H, ARIB. F (2021) «econometric study of the impacts of climate change on food security in morocco», African Scientific Journal « Numéro 3 / Volume 5 » pp : 525-545.

Date de soumission : Janvier 2021

Date de publication : Mars 2021



DOI : 10.5281/zenodo.5643153

Copyright © 2021 – ASJ



## Résumé

Le secteur agricole est l'un des secteurs les plus sensibles au changement climatique, ce secteur est directement affecté par la température et les précipitations et le taux des terres arables, qui sont un intrant dans la sécurité alimentaire. L'objectif principal de cet article est d'évaluer les impacts du changement climatique et des terres arables sur la sécurité alimentaire au Maroc entre 1971 et 2017 à partir d'un modèle de cointégration fondé sur l'approche ARDL (autorégressif à retards échelonnés). Les résultats empiriques montrent qu'une augmentation des précipitations a un effet positif sur le PIB agricole, l'augmentation de la température de 1% a un effet négatif sur le PIB agricole avec une diminution de 3.14% à court terme et de 5% à long terme, tandis que les terres arables n'influent pas directement la sécurité alimentaire du pays. Afin de minimiser les effets négatifs du changement climatique au Maroc, dont le secteur agricole représente le secteur le plus important de l'économie, il est important d'établir des politiques d'adaptation pour lutter contre le changement climatique.

**Mots clés :** Changement climatique, sécurité alimentaire, PIB agricole, ARDL, Maroc

## Abstract

The agricultural sector is one of the most sensitive sectors to climate change, this sector is directly affected by temperature and rainfall and the rate of arable land, which are an input in food security. The main objective of this paper is to assess the impacts of climate change and arable land on food security in Morocco between 1971 and 2017, using a cointegration model based on the ARDL (Autoregressive Staggered Delayed Rise) approach. The empirical results show that an increase in precipitation has a positive effect on agricultural GDP, the increase in temperature by 1% has a negative effect on agricultural GDP with a decrease of 3.14% in the short term and 5% in the long term, while arable land does not directly influence the country's food security. In order to minimize the negative effects of climate change in Morocco, whose agricultural sector represents the most important sector of the economy, it is important to establish adaptation policies to fight against climate change.

**Keywords :** Climate change, food security, agricultural GDP, ARDL, Morocco

**JEL Nomenclature:** A11, B23, O13, Q18

## Introduction

Le changement climatique est l'un des aspects les plus marquants du siècle. Il peut entraîner l'émergence de divers problèmes socio-économiques tels que la pauvreté, l'inflation, le chômage, le sous développement (Swart et al., 2003). Le changement climatique se manifeste sous de nombreuses formes : la hausse des températures moyennes mondiales, une plus grande variabilité des températures et des précipitations et la plus grande occurrence des événements extrêmes tels que la sécheresse, les inondations et les vents violents. La liste des chocs climatiques s'allonge au fil des années (Masih et al., 2014; Yobom, 2020).

La plupart des pays en développement sont particulièrement vulnérables au changement climatique parce que leurs économies sont étroitement liées à des secteurs sensibles au climat comme l'agriculture (Mendelsohn et al. 2006). Le secteur agricole est un secteur qui crée des emplois, assure la sécurité alimentaire, fournit des matières premières au secteur industriel et fournit un apport de devises étrangères au pays dans le cadre du commerce extérieur. La sécurité alimentaire est directement touchée par les facteurs du changement climatique, comme la température, les précipitations, la gravité et la fréquence des événements extrêmes, l'augmentation de la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, la variabilité du climat et l'élévation du niveau de la mer, mais aussi par les variables non climatiques telle que la disponibilité des terres agricoles (Adams et al., 1998).

En outre, le changement climatique modifiera les prix des produits agricoles, la réaffectation des ressources du secteur agricole, la structure des économies de nombreux pays et la structure du commerce international (Gbetibouo et Hassan, 2005). Cependant, cela modifie également l'avantage comparatif du pays, la diminution de la production agricole aura un effet négatif sur l'inflation en augmentant les prix des produits agricoles et sur le chômage. Le taux d'importation des produits agricoles à un effet négatif sur le déficit de la balance courante (Bayraç et Doğan, 2016). Cependant, le changement climatique a des effets plus néfastes sur la sécurité alimentaire.

L'objectif principal de cet article est d'enrichir la littérature sur l'incidence des facteurs du changement climatique sur la sécurité alimentaire avec une méthode économétrique au Maroc, afin de minimiser les effets négatifs du changement climatique au Maroc, dont le secteur agricole représente le secteur le plus important de l'économie.

Dans le cadre de notre étude, nous cherchons à saisir les impacts du changement climatique mesuré par la moyenne de la température annuelle (Temp) et la moyenne des précipitations

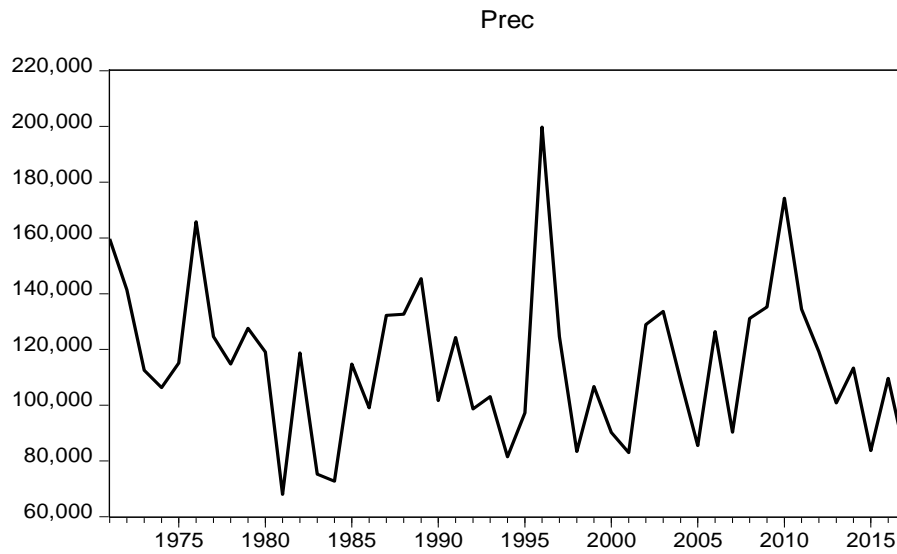
annuelles (Prec), et les effets terres arables (terres-arables) sur le PIB agricole (PIBagr). Pour capturer l'impact des composantes du changement climatique et des terres arables sur le PIB agricole au Maroc, nous avons choisi des données annuelles des variables exogènes et endogènes couvrant la période 1971-2017. Le choix de cet échantillon est justifié par la disponibilité des données collectées de la base de données de la banque mondiale notamment pour le PIB agricole.

Notre problématique s'articule autour de la question centrale suivante: « quels sont les impacts du changement climatique sur la sécurité alimentaire du Maroc ? » ; De cette problématique découle l'hypothèse principale suivante : « le changement climatique a un impact négatif sur la sécurité alimentaire au Maroc ». Et les trois sous-hypothèses suivantes:

- L'augmentation des précipitations a un effet positif sur la sécurité alimentaire au Maroc
- L'augmentation de la température a un effet négatif sur la sécurité alimentaire au Maroc
- La disponibilité des terres arables a un impact positif sur la sécurité alimentaire au Maroc

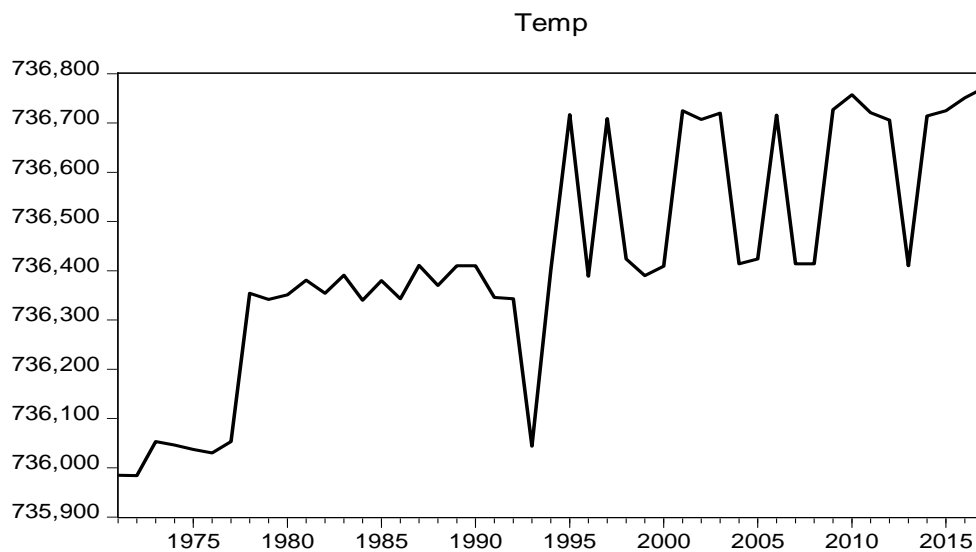
### **1. Etat des lieux du changement climatique au Maroc**

Au Maroc, l'empreinte du changement climatique global est déjà discernable dans les observations météorologiques. Le Maroc est un pays de la zone subtropicale du Nord-Ouest africain, il est caractérisé par un climat très différent selon les régions. En effet, les zones littorales bénéficient d'un climat tempéré, alors que le climat est désertique dans le sud et l'est du pays. Le climat marocain comporte beaucoup de nuances : méditerranéen au Nord, océanique à l'Ouest, continental à l'intérieur des terres et saharien au Sud. Le climat varie aussi en fonction des saisons. Les précipitations annuelles au Maroc sont très variables et irrégulières d'une année à l'autre (Figure 1). Ce déficit pluviométrique ainsi que le spectre d'une sécheresse menacent les nappes phréatiques, l'agriculture, le pâturage et l'élevage ainsi que la sécurité alimentaire du pays.



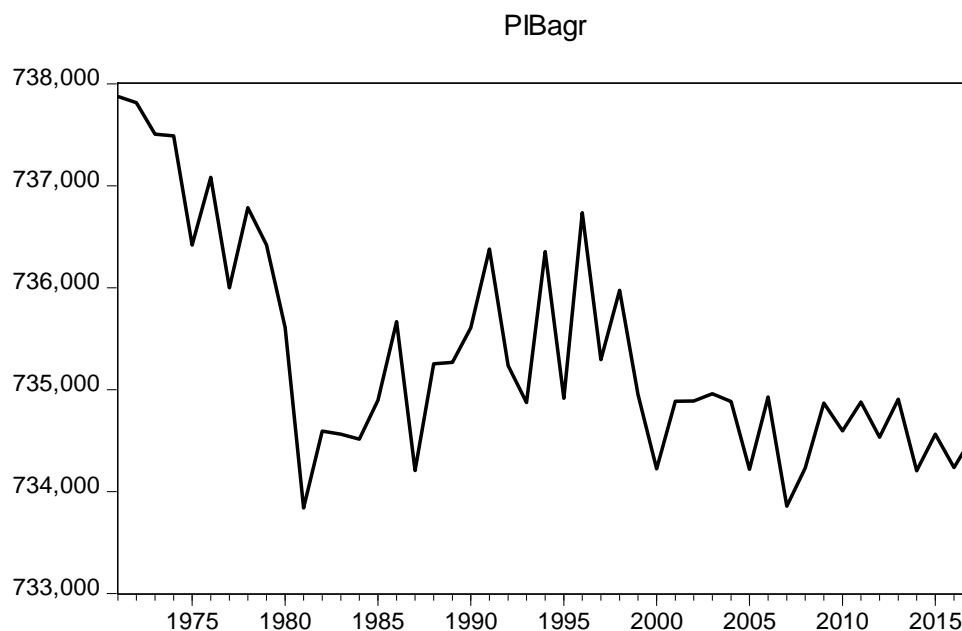
**Figure 1: représentation graphique des précipitations moyennes (en mm) au Maroc entre 1971 et 2017**

Le climat Marocain de ces dernières décennies est déjà marqué par une hausse des températures (Figure 2). D'après les projections climatiques disponibles, ce phénomène d'aridification devrait s'amplifier au cours du 21<sup>e</sup> siècle, ce qui risque d'exacerber les tensions sur l'usage de l'eau déjà existantes et constitue une menace particulière pour le secteur agricole. Avec 38 % de la population vivant en milieu rural, il s'agit d'un secteur-clef de la société Marocaine, qui représentait 12,4 % du PIB annuel et environ 37 % de la main d'œuvre en 2017 (La Banque Mondiale, 2019).



**Figure 2: Températures moyenne (en C°) au Maroc entre 1971 et 2017**

Le Maroc risque donc de connaître une exacerbation de conditions déjà difficiles et d'affronter des périodes de sécheresse plus intenses et/ou plus fréquentes. Cette aridification, qui sera d'autant plus marquée que le niveau de réchauffement global sera élevé, aura des conséquences importantes sur les ressources en eau du pays et donc entre autres sur la sécurité alimentaire. Les mauvaises campagnes agricoles auront des conséquences sur le PIB, mais surtout sur le PIB agricole. La figure 3 illustre le poids de l'agriculture dans la contribution effective au PIB marocain.



**Figure 3 : PIB agricole du Maroc entre 1971 et 2017**

Au Maroc, les faits stylisés de la pluviométrie, des températures, des terres arables et du PIB agricole présentés dans le tableau 1, montrent que le climat varie en fonction des saisons. Les précipitations annuelles sont très variables et irrégulières d'une année à l'autre, les températures ont tendance à une augmentation, et la taille des terres arables au s'est stabilisée à un niveau de 18% de l'utilisation totale des terres, alors que la part de l'agriculture dans le PIB suit une perdue augmentation entre 1971 et 2017. D'après le tableau, on peut conclure que les variables du changement climatique combinées à celle des terres arables permettent d'améliorer la valeur ajoutée du secteur agricole au Maroc.

Années	Pluviométrie (mm)	Température (C°)	Terres arables (%)	PIB agricole
1971	438,2	16.2	17.88	1339.29
1976	455,1	16.9	16.39	2316.50
1982	326,2	17.2	17.40	5037.85
1987	363,2	17.8	18.29	7695.40
1991	341,8	17.0	19.53	11029.95
1996	548,3	17.6	20.38	13606.65
2002	228,7	18.82	19.01	15611.12
2006	347,1	18.2	18.06	19315.24
2011	369,6	18.2	17.48	24649.51
2017	224,7	18.7	18.21	29428.06

**Tableau 1 : Faits stylisés de la pluviométrie, de la température, des terres arables sur le PIB agricole au Maroc**

A partir de ces constats, et afin de mieux comprendre la relation entre la pluviométrie, les températures, les terres arables et la sécurité alimentaire, nous allons passer à une revue de littérature.

## **2. REVUE DE LITTERATURE**

D'un point de vue empirique, de nombreuses études ont été conduites pour évaluer principalement l'incidence du changement climatique sur la sécurité alimentaire selon quatre approches différentes : L'approche Ricardienne, l'approche de production, l'approche de panel et l'approche par séries chronologiques. Deux des approches les plus couramment utilisées sont l'approche de panel et l'approche par séries chronologiques.

### **a. L'approche de la fonction de production**

L'approche de la fonction de production est basée sur l'analyse empirique de la relation entre les variables climatiques et le rendement (Deressa et al. 2005). Cette approche estime les effets du changement climatique en modifiant une ou plusieurs variables d'entrée telles que la température, les précipitations et les niveaux de dioxyde de carbone (Mendelsohn et al., 1994). Cette approche ne tient pas compte de l'attitude des agriculteurs à l'égard de l'adaptation, bien

que le changement climatique soit une base utile pour prévoir l'impact sur l'agriculture (Mishra et Sahu, 2014). Cela conduit à une surestimation des effets négatifs et une sous-estimation des effets positifs (Sarker et al., 2014 ; Mendelsohn et al., 1994). En d'autres termes, il y a une tendance à prédire trop de préjugés et de dommages dans les études basées sur cette approche. Plusieurs auteurs ont utilisé cette approche dans leurs études, à l'image de Aggarwal et al. (2010), qui ont analysé l'impact du changement climatique (Rayonnement solaire, températures, précipitations, vitesse du vent) sur les rendements du riz et du blé entre 1969 et 1990 en Inde, l'étude conclue que les cultures de riz et de blé seront affectées par le changement climatique.

Mathauda et al. (2000) analysent l'impact du changement de température (chaleur extrême, plus grande chaleur, chaleur modérée, légère chaleur) sur les rendements du riz en Inde pour la période 1970-1990, les résultats de la recherche montrent que l'augmentation de la température réduit le rendement du riz ; à mesure que la température augmente, les rendements du riz diminuent.

De leurs parts, Southworth et al. (2000) étudient les effets de la température et des précipitations sur les rendements du maïs dans la Région des Grands Lacs du Midwest entre 1987 et 1990. Les résultats ont montré que les températures élevées pendant le glandage du maïs entraînent une diminution significative de la productivité. Olesen et al. (2000) concluent dans leur étude sur l'impact des émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), températures, précipitations sur les rendements des céréales au Danemark pour la période 1971-1997 ; que les températures élevées réduisent la durée des cultures de certaines espèces. Pour le blé, l'étude estime qu'une augmentation de la température de 1°C pendant le remplissage des grains réduit la durée de cette phase de 5 %.

#### **b. L'approche Ricardienne**

Il s'agit d'une approche empirique basée sur des données transversales utilisées pour examiner la sensibilité de la production agricole. Cette approche est également appelée l'approche de l'évaluation des risques, elle a été décrite par Mendelsohn et al. en 1994. La valeur des terres ou la rente foncière est considérée comme une fonction des conditions climatiques, démographiques et économiques (Gumel et al., 2016).

L'approche Ricardienne est un outil remarquable pour évaluer l'impact du changement climatique dans des zones géographiques différentes, tant dans les pays développés que dans les pays en développement. Plutôt que d'examiner le rendement de certaines cultures, cette



approche examine comment le climat dans les pays influencés par le changement climatique, en mesurant directement les prix ou les revenus agricoles (Mendelsohn et al., 1994).

Cependant, le modèle de type ricardien ne tient pas compte des facteurs indépendants du temps et spécifiques au lieu, tels que l'agriculture non observée les compétences et la qualité des sols (Barnwal et Kotani, 2013). En outre, l'approche Ricardienne ne tient pas compte de l'effet de des variables immuables sur la région (telles que la concentration de dioxyde de carbone, les effets des changements annuels du temps, les changements climatiques ou les événements extrêmes, et les climats futurs) (Salvo et al., 2013).

Les études portant sur l'approche ricardienne pour analyse l'impact du changement climatique sur l'agriculture sont nombreuses, la plus récente est celle de Mishra and Sahu en 2014 qui ont évalué l'impact des précipitations et de température sur le revenu net au niveau de l'exploitation dans Odisha entre 1979 et 2009. L'étude a conclu que les précipitations de juillet ont été utiles pour l'activité agricole à Odisha et que l'augmentation de la température pour toutes les saisons avait des effets négatifs sur l'activité agricole.

Salvo et al (2013) de leur part, ont trouvé que contrairement aux effets bénéfiques généraux du changement climatique dans les vastes régions d'Europe (Allemagne et Royaume-Uni), le changement climatique a entraîné une baisse du revenu net annuel moyen dans la région alpine de l'Italie entre 2003 et 2007. Pour Deressa and Hassan (2009), la variable climatique telle que la température et les précipitations a légèrement affecté le revenu net des cultures en Ethiopie. En outre, il a également été observé que de petites variations de température pendant la période hivernale a une incidence négative sur les revenus nets des cultures.

En Afrique du Sud, une étude de Deressa et al (2005) a conclu que la production de canne à sucre est très sensible au changement climatique ; l'augmentation de la température a un effet négatif sur la production de canne à sucre. Les résultats de Gbetibouo and Hassan (2005) montrent que la production des grandes cultures est sensible à des changements marginaux de température par rapport aux variations des précipitations. L'augmentation de la température et l'augmentation des terres arables ont un effet positif sur le revenu net, tandis que l'effet de la diminution des précipitations est négatif.

### **c. L'approche des données de Panel**

L'approche fondée sur des données de panel est utilisée pour estimer l'impact des changements de précipitations et de température sur la production agricole. Cette approche tient compte des

fluctuations aléatoires des conditions météorologiques d'une année sur l'autre. L'approche des données de panel évalue l'impact du changement climatique sur le rendement moyen et le rendement agricole. On trouve dans la littérature deux types d'approche des données de panel. Il s'agit de la méthode à effet fixe et méthode des effets aléatoires (Gumel et. al., 2016 ; Guiteras, 2007). L'approche des données de panel, qui tient compte des effets fixes (comme la qualité des agriculteurs ou les sols non observables qualité) au niveau régional, alors que le modèle à effet aléatoire suppose qu'il n'y a pas de corrélation entre les données non observées et les données indépendantes en temps utile. C'est pourquoi le modèle à effet fixe donne une meilleure estimation (Gumel et. al., 2016).

Les études précédentes utilisant cette méthode confirment qu'il existe une relation étroite entre le changement climatique et la sécurité alimentaire. Loum and Fogarassy (2015) confirme qu'une augmentation ou une diminution marginale des précipitations, des températures ou des terres arables peut avoir un effet négatif sur la productivité des céréales. Alors que le dioxyde de carbone a des effets positifs sur le rendement des cultures en Gambia entre 1960-2013. Sarker et al (2014) concluent que le riz est très influencé par le changement climatique, et que l'augmentation de la température moyenne, maximale et minimale présente un risque de diminution de la production du riz, avec un effet marginal de la variable des terres arables à Bangladesh entre 1972 et 2009.

Dasgupta (2013) dans une analyse portant sur 66 pays entre 1971 et 2002, conclue que le changement climatique a une incidence négative sur la production de maïs et de riz et que l'augmentation de la variabilité climatique a un effet négatif plus important sur les pays à faible productivité pour le riz. Pour Dell et al. (2012) confirment dans une étude pour 125 Pays que l'augmentation de la température réduit considérablement la croissance économique dans les pays pauvres et réduit les taux de croissance, alors que l'augmentation de la température entraîne une diminution de la production agricole, la production industrielle et la stabilité politique.

En ce qui concerne le PIB agricole, l'analyse de (Akram ;2012) conclue que l'effet de l'augmentation des températures et des précipitations sur le PIB est négatif. Ces effets sont plus importants dans le secteur agricole que dans les secteurs manufacturiers et des services dans 8 pays asiatiques. En outre, l'article de Lobell et al. (2011) montre que la production de maïs et de blé a diminuée de 3,8 % et de 5,5%, respectivement à cause du changement climatique en USA entre 1980 et 2008. De plus, l'étude de Brown et al. (2010) conclue que l'augmentation

de la quantité de précipitations affecte positivement la part du secteur agricole dans le PIB, tandis que l'augmentation de la température en affecte négativement le PIB agricole dans 133 Pays entre 1961 et 2003.

#### **d. L'approche de séries chronologiques**

Pour examiner la relation entre les variables climatiques et le rendement des produits agricoles, cette approche suggère l'utilisation de données de séries chronologiques passées sur le rendement et la variabilité climatique. L'approche des séries chronologiques a été largement utilisée pour évaluer l'impact des variables climatiques sur le rendement de diverses cultures au niveau mondial, national ou régional (Maharjan et Joshi, 2012).

Une telle analyse suppose que les changements de gestion ne sont pas liés au climat ou qu'ils en sont la cause. En d'autres termes, les rendements des produits réagissent de la même manière au changement climatique rapide et progressif. Ces modèles fournissent une évaluation quantitative des incertitudes. Afin de minimiser ou éventuellement d'inverser les effets négatifs du changement climatique, les agriculteurs modifient le système de culture des terres agricoles en fonction de l'évolution du climat (Maharjan et Joshi, 2012).

Les études portant sur cette approche ont conclu l'existence d'une relation étroite entre le changement climatique, l'agriculture et la sécurité alimentaire. Rahim and Puay (2017) concluent qu'il existe une relation de cointégration à long terme entre les variables de l'étude, il existe une relation de causalité à sens unique entre les précipitations, la température et les terres arables et le PIB. Bayraç and Doğan (2016) dans leur article montre que les précipitations ont des effets positifs sur le PIB agricole, et la température a un effet négatif sur le secteur agricole ; c'est pourquoi l'impact global du changement climatique sur le secteur agricole est négatif. Zaied and Zouabi (2015) dans leur étude portant sur l'évaluation des impacts des variables du changement climatique (température et précipitations) sur la production d'olives en Tunisie entre 1980 et 2012, montre que dans les zones semi-arides à long terme, la production d'olives diminue avec l'augmentation de la température. Les résultats d'Amponsah et.al (2015) au Ghana entre 1961 et 2010 indiquent qu'il existe un lien négatif important entre le CO<sub>2</sub> et le rendement des céréales, et il existe un lien positif significatif à long et à court terme entre le rendement des céréales et les revenus. De plus, Başoğlu and Telatar (2013) montrent que les précipitations ont un impact positif sur le PIB agricole, tandis que la température a un impact négatif.

A la lumière de cette revue de la littérature il semble que les précipitations et la température

jumelée avec les terres arables sont des déterminants qui influencent le PIB agricole et la sécurité alimentaire. Cependant, peu d'études se sont penchées sur l'incidence des facteurs du changement climatique sur la sécurité alimentaire avec une méthode économétrique au Maroc, cet article essayera donc de combler ce gap.

### 3. METHODOLOGIE

Pour vérifier si le changement climatique et la variable des terres arables ont un impact sur le PIB agricole marocain, nous avons choisi un modèle autorégressif à retards distribués (ARDL) développé par Pesaran et al. (2001), et ce dû à sa capacité d'estimer simultanément les paramètres à long et à court terme du modèle afin d'éviter les problèmes posés par les données de séries chronologiques non stationnaires. Comme pour tout modèle dynamique, nous nous servons des critères d'information (Akaike-AIC, et Schwarz-SIC) pour déterminer les décalages optimaux (p, q) du modèle ARDL. Vu que le changement climatique est une variable latente, multiple et difficile à être mesuré directement, il existe plusieurs indicateurs du changement climatique utilisés pour la mesurer, à savoir : la température annuelle, les précipitations annuelles, les émissions de CO<sub>2</sub>....

Dans le cadre de notre étude, nous cherchons à saisir les impacts du changement climatique mesuré par la moyenne de la température annuelle (Temp) et la moyenne des précipitations annuelles (Prec), et les effets terres arables (terres-arables) sur le PIB agricole (PIBagr). Pour capturer l'impact des composantes du changement climatique et des terres arables sur le PIB agricole au Maroc, nous avons choisi des données annuelles des variables exogènes et endogènes couvrant la période 1971-2017. Le choix de cet échantillon est justifié par la disponibilité des données collectées de la base de données de la banque mondiale notamment pour le PIB agricole.

Ainsi, nous nous proposons d'estimer un modèle ARDL pour la fonction simple suivante (forme fonctionnelle linéaire) :

$$\text{PIBagr}_t = \beta_0 + \beta_1 \text{Temp}_t + \beta_2 \text{Prec}_t + \beta_3 \text{Terres\_arab}_t + \mu.$$

Les variables ont été utilisé sont comme suit :

**PIBagr** : PIB agricole

**Temp** : température annuelle en C°

**Prec** : précipitation annuelle en mm

**Terres\_arab** : terres arables en % du territoire

Si l'on se propose de saisir les effets de court terme et ceux de long terme des variables explicatives ci-dessus sur le PIB agricole au Maroc, la représentation ARDL de cette fonction sera :

$$\Delta PIB_t = a_0 + \sum_{i=1}^q a_{1i} \Delta Temp_{t-1} + \sum_{i=1}^q a_{2i} \Delta prec_{t-1} + \sum_{i=1}^q a_{3i} \Delta Terres\_arab_{t-1} + b_1 Temp_{t-1} + b_2 prec_{t-1} + b_3 Terres\_arab_{t-1} + e_t$$

$\Delta$  : Operateur de difference première

$a_0$  : Constante ;

$a_1 - a_3$ : Effets à court terme ;

$b_1 - b_3$ : Dynamique de long terme du modèle ;

$e_t$ : Terme d'erreur.

#### 4. RESULTATS ET DISCUSSION

La technique de racine unitaire sera appliquée à chaque série individuellement pour vérifier la stationnarité des données. Cependant, l'ARDL est flexible pour intégrer l'ordre de sorte que les variables qui sont incluses dans le modèle peuvent être stationnaires au niveau, la différence une fois ou un mélange de ceux-ci. Même une seule variable ne peut pas être stationnaire à la 2ème différence. De plus, la technique d'estimation fournit également des résultats efficaces pour de petits échantillons.

**Tableau 2 : Test de stationnarité de Dicky-Fuller (stationnarité des variables)**

Séries	Niveau de la différence	Type de modèle	Niveau de confiance	T-statistique ADF	P-value ADF	Observations
PIBagr	1	3 tred/inter	5%	-12.47560	0.0000	Stationnaire
Temp	0	3 tred/inter	5%	-5.362505	0.0003	Stationnaire
Prec	0	2intercept	5%	-5.757676	0.0000	Stationnaire
Terre arab	1	1 None	5%	-11.01086	0.0000	Stationnaire

Source : auteur (estimations sur eviews 10)

La réalisation de ce test nous a permis de constater que la variable dépendante PIBagr est stationnaire en première différence. Tandis que la stationnarité des autres variables d'étude est d'ordres différents notant que la température annuelle et la précipitation annuelle est d'ordre 0 alors que la variable terres arables est stationnaire en première différence. De ce fait, les séries statistiques ne sont pas intégrées du même ordre, ce qui rend inefficace le test de cointégration

de Engle et Granger (cas multivarié) et celui de Johansen, et rend opportun le test de cointégration aux bornes (tableau 3) (Pesaran, 2001).

**a. Test de cointégration aux bornes**

**Tableau 3 : bounds test/ ARDL**

F.stat calculée	4.431067	
K	3	
Seuil critique	Borne inférieure I(0)	Borne supérieure I(1)
1%	3.65	4.66
5%	2.79	3.67
10%	2.37	3.20

**Source:** auteur (estimations sur eviews 10)

La statistique F du test ARDL à la borne est d'une valeur de 4.431067 dépassants ainsi la valeur de 3.67 de la borne supérieure au seuil de 5%. Cela implique que l'hypothèse nulle de non-cointégration est rejetée à 95% de l'intervalle de confiance contenant la relation de cointégration parmi les variables. Il existe cependant une relation d'équilibre à long terme entre le PIB agricole au Maroc, la température annuelle, les précipitations et les terres arables entre 1971 et 2017.

**b. La dynamique du long terme :**

**Tableau 4: les coefficients du long terme**

**Variable dépendante : PIBagr**

Regresseurs	Coefficient	Écart-type	t-statistique	P-valeur
PREC	0.018707	0.008058	2.321696	0.0259
TEMP	-3.139116	1.016722	-3.087489	0.0038
TERRES_ARAB	0.531226	0.453814	1.170581	0.2493
C	6253316.1	701246.3	3.783715	0.0005

**Source :** calcul des auteurs (estimations Eviews 2010)

Les résultats du modèle à long terme estimé montrent qu'il existe une relation généralement significative entre les composantes du changement climatique et le PIB agricole au Maroc. Le coefficient des précipitations annuelles est de 0.018707, statistiquement significatif au niveau de 5%. Cela signifie qu'il existe une relation positive entre les précipitations et le PIB agricole au Maroc à long terme.

Il existe également une relation négative et statistiquement significative au niveau de 5% entre la température annuelle et le PIB agricole. Une augmentation de 1% des températures sera à l'origine d'une baisse de 3.139116% du PIB agricole à long terme. Certes, la variable terres

arables n'est pas significative au niveau de 5%, cela signifie que cette variable n'impact pas directement le PIB agricole.

Ces résultats montrent que le changement climatique impact négativement la sécurité alimentaire à long terme ; cependant l'impact de la température est plus élevé à long terme que celui des précipitations. Cela indique que la sécurité alimentaire s'influence plus par l'augmentation de la température à long terme. Alors que la variation des terres arables n'a pas une influence directe sur la capacité du Maroc de garantir sa sécurité alimentaire à long terme. L'effet positif des précipitations sur la sécurité alimentaire se justifie par la dominance de l'agriculture pluviale qui dépend fortement des précipitations pour une bonne campagne agricole. On peut justifier l'absence d'une influence claire des terres arables sur la sécurité alimentaire par l'utilisation de cultivars améliorés et d'engrais minéraux, qui ont rendus possible d'augmenter aussi considérablement la productivité sur les mêmes terres sans être obligé de rechercher d'autres terres.

Ces résultats confirment bel et bien ceux obtenus dans des études faites dans d'autres pays (Rahim and Puay, 2017 ; Bayraç et Doğan 2016 ; Amponsah et al 2015 ; Akram, 2012 ; Başoğlu and Telatar, 2013 ; Brown et al. 2010), qui ont montré que les précipitations ont des effets positifs sur le PIB agricole, et la température a un effet négatif sur la sécurité alimentaire et qu'il existe une relation de cointégration à long terme entre les variables et une relation de causalité à sens unique entre les précipitations, la température, les terres arables et le PIB agricole.

Certes, nos résultats invalident les études précédentes qui maintiennent une relation négative entre les terres arables et la sécurité alimentaire. L'augmentation des terres arables entraîne une augmentation de l'expansion urbaine et la construction de villes pour résoudre le problème de l'augmentation de la population (Kastner et al, 2010). Dans le même temps, elle conduit à une diminution du produit national brut agricole en raison de l'augmentation de la construction, de l'expansion des usines au détriment de la production agricole (Gerbens et al, 2002).

Si l'effet du changement climatique s'avère négatif sur la sécurité alimentaire à long terme, il est utile de vérifier si cet effet est important à court terme. Le tableau 4 présente les résultats obtenus de l'estimation de la relation de court terme suivant l'approche ARDL.

#### **3.4. La dynamique du court terme :**

Le terme de correction d'erreur (**CointEq (-1) \***) est le coefficient de correction d'erreur qui montre la vitesse d'ajustement vers l'équilibre à long terme, il doit être significativement négatif afin de garantir l'existence de la relation de long terme.

D'après le tableau 4, le coefficient d'ajustement ou force de rappel (-0.504404) est négatif, le mécanisme de correction est garanti, et donc il existe une relation de long terme (cointégration) entre les variables.

**Tableau 5 : modèle à correction d'erreur**

<b>Variable dépendante : PIBagr</b>				
Regresseurs	Coefficient	Écart-type	t-statistique	P-valeur
D (PIBAGR(1))	-0.325330	0.116346	-2.796233	0.0082
D(TEMP)	-0.057473	0.531204	-0.108194	0.9144
D (TEMP (-1))	1.120458	0.517247	2.166194	0.0368
CointEq(-1)*	-0.504404	0.101800	-4.954857	0.0000

**Source :** auteurs (estimations eviews10)

Le point d'équilibre (1) est de -0.504404 et est hautement statistiquement significatif au niveau de 1%. Cela signifie qu'environ 100% des déséquilibres du PIB agricole estiment que les précipitations et la température expliquent conjointement une part importante de la variation du PIB agricole.

Pour les résultats du modèle à long terme estimé, le PIB agricole à court terme est affecté négativement par la température annuelle dont le coefficient est de 1.120458 et n'est pas significatif au niveau de 1%. Cela signifie qu'une augmentation de 1% de la température annuelle entraînera une diminution de 5% de PIB agricole à court terme. Cependant, l'impact à court terme de la température annuelle sur le PIB agricole est plus fort qu'à long terme. En effet, un ajustement dans un délai de moins d'une année des températures avec une diminution de 1% engendra une amélioration du pourcentage de PIB agricole de 11.20%. Aucun indice ne montre que pour le cas marocain, l'impact des précipitations annuelles et des terres arables sera corrigé dans une année ou plus vers un impact à long terme.

Ces résultats confirment que l'agriculture et la sécurité alimentaire au Maroc s'influence fortement par le changement climatique ; cependant ces résultats confirment qu'une amélioration du cumul des précipitations améliore aussi la sécurité alimentaire dans le pays ; cependant l'impact de l'augmentation de température est plus élevé à court terme que celui de la pluviométrie. Cela indique que la question de l'eau est cruciale pour le développement de l'agriculture du pays, surtout que les zones d'agriculture pluviale (dites zones bour) demeurent



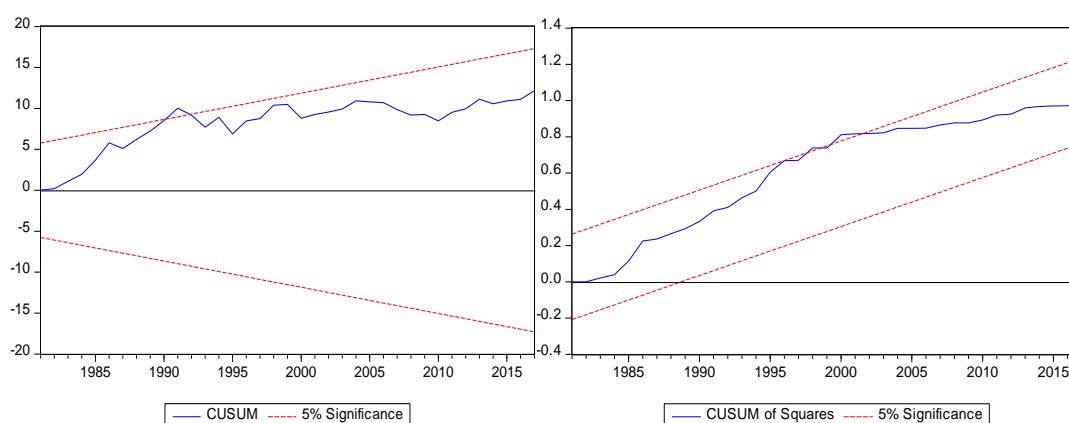
majoritaires en surface (83 % de la SAU), et beaucoup moins productives car sévèrement affectées lors des années sèches.

**Tableau 6 : Test de validité de modèle**

Test	Hypothèse nulle	t-statistique	P-valeur	Conclusions
<b>Jaque-Bera</b>	Les résidus sont normalement distribués	1.346021	0.510170	Les résidus du modèle sont normalement distribués
<b>Breusch-Godfrey</b>	L'absence d'autocorrélation	1.273798	0.2924	Les résidus sont non corrélés
<b>Breusch-Pagan</b>	L'hétéroscédasticité	1.169966	0.3433	L'absence d'hétéroscédasticité
<b>R<sup>2</sup></b>	0.571987		R <sup>2</sup> ajustée	0.540669

**Source :** auteurs (estimations sur eviews 10)

Le R<sup>2</sup> est calculé pour indiquer l'adéquation du modèle avec les données, environ 57% des répondants estiment que les précipitations et la température expliquent conjointement une part importante de la variation du PIB agricole. La stabilité des coefficients du modèle à long terme et à court terme est vérifiée par les tests de la somme cumulée (CUSUM) et de la somme cumulative des carrés (CUSUMQ). Les résultats des tests CUSUM et CUSUMQ, présentés ci-dessous montrent que le CUSUM et le CUSUMQ des résidus récursifs se situent dans les limites critiques, ce qui signifie que tous les coefficients sont stables sur la période d'échantillonnage.



Il ressort donc de tous ces résultats que les facteurs du changement climatique (Température et pluviométrie) affectent négativement la sécurité alimentaire au Maroc. En effet, la croissance du PIB agricole nécessite une augmentation des précipitations ; ce qui contribue à améliorer les disponibilités alimentaires dans le pays et la sécurité alimentaire par conséquent.

L'augmentation de la température influence négativement le PIB agricole qui représente la contribution du secteur agricole dans le PIB national.

Les conclusions mentionnées dans la revue de littérature sur l'effet négatif du changement climatique sur la sécurité alimentaire, et plus récemment celle de Rahim and Puay (2017) se trouve confirmées. De plus, les résultats montrent que les précipitations impact positivement la sécurité alimentaire, tandis que l'augmentation de 1% de la température engendre une diminution de 5% du PIB agricole à court terme et de 3.14% à long terme ; et que l'absence d'une relation de long terme entre les terres arables et la sécurité alimentaire pourrait s'expliquer par la dominance de l'agriculture pluviale qui dépendant des variabilités climatiques et qui reste majoritairement une agriculture familiale traditionnelle.

## Conclusion

Le climat Marocain de ces dernières décennies est déjà marqué par une hausse des températures et un déclin des cumuls annuels de précipitations. D'après les projections climatiques disponibles, ce phénomène d'aridification devrait s'amplifier au cours du 21<sup>e</sup> siècle, ce qui risque d'exacerber les tensions sur l'usage de l'eau déjà existantes et constitue une menace particulière pour la sécurité alimentaire. Avec 38 % de la population vivant en milieu rural, le secteur agricole est secteur-clef de la société Marocaine, qui représentait 12,4 % du PIB annuel et environ 37 % de la main d'œuvre en 2019 (La Banque Mondiale, 2019).

Dans cet article, la littérature sur les effets économiques du changement climatique sur la sécurité alimentaire est présentée en tenant compte de quatre approches différentes (approche de la fonction de production, approche Ricardienne, données de panel. Dans la littérature empirique, on observe que la température, les précipitations et les terres arables sont particulièrement utilisées comme deux indicateurs les plus importants du changement climatique pour la sécurité alimentaire. Dans cet article, des variables climatiques importantes telles que la température et les précipitations et les terres arables ont été utilisées pour évaluer les impacts du changement climatique.

La vérification de l'hypothèse de cointégration entre les précipitations, la température et le PIB agricole au Maroc suivant l'approche ARDL permet d'accepter l'existence d'une relation positive de long et du court terme pour la pluviométrie, d'une relation négative de la température et d'une absence de relation entre les terres arables et la sécurité alimentaire.

En effet ; à long terme une augmentation de 1% de la température engendre une diminution de 3.14% de la valeur ajoutée du secteur agricole à court terme et d'une diminution de 5% à long terme. L'amélioration du PIB agricole nécessite une diminution des niveaux de température à long terme. L'effet positif de la pluviométrie sur la sécurité alimentaire est ainsi validé, et l'effet négatif des terres arables a été rejeté pour le cas du Maroc.

Afin de minimiser les effets négatifs du changement climatique sur la sécurité alimentaire au Maroc, il est important d'établir des politiques et des stratégies d'adaptation pour lutter contre le changement climatique et garantir la sécurité alimentaire du pays dans le sens d'une plus grande attention à l'agriculture pluviale. En outre, la production de produits agricoles adaptés à l'augmentation de la température au Maroc devrait être soutenue et les agriculteurs devraient être conscients de l'adaptation au changement climatique.

## BIBLIOGRAPHIE

- Adams, R.M., Hurd, B.H., Lenhart, S. & Leary, N. (1998), Effects of Global Climate Change on Agriculture: An Interpretative Review, *Climate Research*, vol.11.
- Aggarwal, P.K., Kumar, S.N. & Pathak, H. (2010), Impacts of Climate Change on Growth and Yield of Rice and Wheat in the Upper Ganga Basin, WWF-India Report.
- Akram, N. (2012), Is Climate Change Hindering Economic Growth of Asian Economies?, *Asia-Pacific Development Journal*, vol.19, no.2.
- Amponsah, L., Hoggar G.K. & Asuamah, S.Y. (2015), Climate Change and Agriculture: Modeling the Impact of Carbon Dioxide Emission on Cereal Yield in Ghana, *Agriculture and Food Sciences Research*, vol.2, no.5.
- Barnwal, P. & Kotani, K. (2013), Climatic Impacts Across Agricultural Crop Yield Distributions: An Application of Quantile Regression on Rice Crops in Andhra Pradesh, India, *Ecological Economics*, vol.87.
- Başoğlu, A. & Telatar, O.M. (2013), İklim Değişikliğinin Etkileri: Tarım Sektörü Üzerine Ekonometrik Bir Uygulama, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, no.6.
- Bayraç, H. N. & Doğan, E. (2016), Türkiye’de İklim Değişikliğinin Tarım Sektörü Üzerine Etkileri, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, vol.11, no.1.
- Brown, C., Meeks, R., Ghile Y. & Hunu, K.( 2010), An Empirical Analysis of the Effects of Climate Variables on National Level Economic Growth, World Bank’s World Development Report 2010: Policy Research Working Paper 5357.
- Dasgupta, S. (2013), Impact of Climate Change on Crop Yields with Implications for Food Security and Poverty Alleviation,  
[http://www.climateimpacts013.org/files/cwi\\_dasgupta.pdf](http://www.climateimpacts013.org/files/cwi_dasgupta.pdf).
- Dell, M., Jones, B.F. & Olken, B. (2012), Temperature Shocks and Economic Growth: Evidence from the Last Half Century, *American Economic Journal: Macroeconomics*, vol.4, no.3
- Deressa, T., and Hassan. R.M.( 2009), Economic Impact of Climate Change on Crop Production in Ethiopia: Evidence from Cross-Section Measures, *Journal of African Economies*, vol.18.
- Deressa, T., Hassan, R. & Poonyth, D. (2005). Measuring The Impact of Climate Change on South African Agriculture: The Case of Sugar cane Growing Regions, *Agrekon*, vol.44, no.4.

- Gbetibouo, G.A. & Hassan, R.M. (2005), Measuring the Economic Impact of Climate Change on Major South African Field Crops: A Ricardian Approach, *Global and Planetary Change*, vol.47, no.2-4.
- Gerbens-Leenes, P.W.; Nonhebel, S.; Ivens, W. A (2002), method to determine land requirements relating to food consumption patterns. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 90, 47–58.
- Guiteras, R. (2007), The Impact of Climate Change on Indian Agriculture, Job Market Paper. Department of Economics, University of Maryland, College Park, pp.1-52.
- Gumel, D.Y., Abdullah, A.M.B., Yacob, M.R., Sood, A.M., Bose, M.M. & Ghadimzadeh, A. (2016). A Status Quo Review of Approach, Method, and Empirical Studies on Assessing the Impacts of Climate Change Variability on Agriculture, *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, vol.5, no.1.
- Lobell, D.B., Schlenker, W. & Costa-Roberts, J. (2011), Climate trends and global crop production since 1980. *Science*, vol.333.
- Loum, A. & Fogarassy, C. (2015). The Effects of Climate Change on Cereals Yield of Production and Food security in Gambia, *Applied Studies in Agribusiness and Commerce- APSTRACT*, vol.9, no.4.
- Maharjan, K.L. & Prakash, J.N. (2012). Climate Change, Agriculture and Rural Livelihoods in Developing Countries with References to Nepal, Hiroshima International Center for Environmental Cooperation, Graduate School for International Development and Cooperation, Hiroshima University.
- Masih, I., Maskey, S., Mussá, F. E. F., and Trambauer, P. (2014), A review of droughts on the African continent: a geospatial and long-term perspective, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 18, 3635–3649, <https://doi.org/10.5194/hess-18-3635-2014>.
- Mathauda S.S., Mavi H.S, Dhaliwal, B.K, Bhangoo, B.S, (2000), Impact of projected climate change on rice production in Punjab (India), [link.springer.com/article/10.1007/s10668-020-00647-8](http://link.springer.com/article/10.1007/s10668-020-00647-8)
- Mendelsohn, R., Dinar, A. & Williams, L. (2006), The distributional impact of climate change on rich and poor countries, *Environment and Development Economics*, 11, pp. 1–20.
- Mendelsohn, R., Nordhaus, W.D. & Shaw, D. (1994), The Impact of Global Warming on Agriculture: A Ricardian Analysis, *The American Economic Review*, vol.84, no.4

- Mishra, D. & Sahu, N.C. (2014), Economic Impact of Climate Change on Agriculture Sector of Coastal Odisha, APCBEE Procedia, vol.10.
- Olesen, J.E., Jensen, T. & Petersen, J. (2000), Sensitivity of Field-scale Winter Wheat Production in Denmark to Climate Variability and Climate Change. *Climate Research*, vol.15.
- Pesaran M.H., Shin Y. et Smith R.J. (2001), Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships , in *Journal of Applied Econometrics*, Vol.16, n°3, pp. 289- 326 (<http://dx.doi.org/10.1002/jae.616>).
- Rahim, S. & Puay, T.G.( 2017), The Impact of Climate on Economic Growth in Malaysia. *Journal of Advanced Research in Business and Management Studies*, vol.6, no.2.
- Salvo, M.D., Raffaelli, R. & Moser, R. (2013), The impact of climate change on permanent crops in an Alpine region: A Ricardian analysis, *Agricultural Systems*, vol.118.
- Sarker, M.D., Rashid, A., Alam, K. & Gow, J. (2014), Assessing the Effects of Climate Change on Rice Yields: An Econometric Investigation using Bangladeshi Panel Data. *Economic Analysis and Policy*, vol.44.
- Southworth, J., Randolph, J.C., Habeck, M., Doering , O.C., Pfeifer, R.A., Rao, D.G. & Johnston J.J. (2000), Consequences of Future Climate Change and Changing Climate Variability on Maize Yield in the Midwestern United States, *Agriculture, Ecosystem and Environment*, vol.82, no.3.
- Swart, R., Robinson, J., Cohen, S., (2003), Climate change and sustainable development: expanding the options, *Climate Policy* 3(S1), S19–S40.
- Yobom Oudah, (2020), Climate Change, Agriculture and Food Security in Sahel. *Economics and Finance*. Université Bourgogne Franche-Comté, 2020.
- Zaied, Y.B. & Zouabi, O. (2015), Climate change impacts on agriculture: A panel cointegration approach and application to Tunisia, MPRA Paper No. 64711, [https://mpra.ub.uni-muenchen.de/64711/1/MPRA\\_paper\\_64711.pdf](https://mpra.ub.uni-muenchen.de/64711/1/MPRA_paper_64711.pdf).