

Received: 15-05-2024 | Approved: 19-06-2024 | DOI: <https://doi.org/10.23882/emss26340>

## **CHANGEMENT CLIMATIQUE ET SÉCURITÉ ALIMENTAIRE EN AFRIQUE DU NORD : UNE ANALYSE EMPIRIQUE EN DONNÉES DE PANEL DES RISQUES ET VULNÉRABILITÉS**

### **CLIMATE CHANGE AND FOOD SECURITY IN NORTH AFRICA: AN EMPIRICAL PANEL DATA ANALYSIS OF RISKS AND VULNERABILITIES**

**LAKHOUIL ABDERRAHIM**

*Doctorant Chercheur, Laboratoire Pluridisciplinaire en Economie et Gestion (LARPEG),  
Faculté d'Economie et de Gestion, USMS-BM, Maroc  
(Lakhouil.abderrahim.al@gmail.com)*

**EL ALAOUI Aicha**

*Professeure Chercheuse, Laboratoire Pluridisciplinaire en Economie et Gestion (LARPEG),  
Faculté d'Economie et de Gestion, USMS-BM, Maroc  
(aicha\_elalaoui@yahoo.fr)*

**TARBALOUTI Essaid**

*Professeur chercheur, Laboratoire d'Innovation et de Recherche en Économie Quantitative et  
Développement Durable (LIREQ-2D), Université Cadi Ayyad / FSJES Marrakech  
(Tarbalouti9@yahoo.fr)*

#### **Résumé:**

Cette étude contribue à la littérature existante sur la relation entre le changement climatique et la sécurité alimentaire. Elle examine l'impact du changement climatique sur la sécurité alimentaire dans cinq pays d'Afrique du Nord, à savoir le Maroc, l'Algérie, la Tunisie, la Libye et l'Égypte, en analysant des données de panel de 1971 à 2018. En utilisant la production céréalière comme mesure de la sécurité alimentaire, la recherche examine les effets des variables climatiques telles que les précipitations et la température, ainsi que des facteurs non climatiques tels que les terres consacrées à la production de céréales et la croissance démographique. L'étude montre que les précipitations et les températures ont un impact positif sur la sécurité alimentaire dans ces cinq pays. En outre, la recherche suggère que le fait de consacrer des terres à la production de céréales influence positivement la sécurité alimentaire, tandis que la croissance de la population l'influence négativement.

**Mots clés :** Sécurité alimentaire, Changement climatique, Afrique du Nord, Données de panel.

#### **Abstract:**

This study contributes to the existing literature on the relationship between climate change and food security. It examines the impact of climate change on food security in five North African countries, namely Morocco, Algeria, Tunisia, Libya, and Egypt, by analyzing panel data from 1971 to 2018. Using cereal production as a measure of food security, the research investigates the effects of climate variables such as precipitation and temperature, as well as non-climatic factors like land dedicated to cereal production and population growth. The study reveals that precipitation and temperatures have a positive impact on food security in these five countries. Additionally, the research suggests that dedicating land to cereal production positively influences food security, while population growth has a negative influence.

**Keywords:** Food security, Climate change, North Africa, Panel data.

## **Introduction**

L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) a indiqué qu'environ 815 millions de personnes dans le monde souffrent de malnutrition chronique (WHO, 2017). Pour atteindre l'objectif n° 2 du programme de développement durable à l'horizon 2030 (UN, 2015), qui vise à éliminer la faim et à garantir la sécurité alimentaire, il est essentiel d'accroître les investissements et d'améliorer la planification stratégique, notamment au regard des défis posés par le changement climatique.

Dans ce contexte, il existe un besoin urgent d'informations accessibles, fiables et pertinentes pour orienter les politiques publiques concernant les effets du changement climatique sur la sécurité alimentaire. Les décideurs ont besoin de conseils pratiques pour soutenir la planification à long terme (Wheeler & von Braun, 2013). Ces informations doivent aider à répondre à des questions clés, notamment concernant l'ampleur et la direction des changements attendus, ainsi que le moment et le lieu des impacts les plus graves, afin de mieux cibler les stratégies d'atténuation et d'adaptation.

Les pays d'Afrique du Nord sont confrontés au problème crucial du réchauffement climatique. La température dans cette région augmente de 0,5°C par décennie depuis les années 1970, ce qui a un impact profond sur les rendements agricoles et les ressources en eau disponibles. Les conséquences de l'insuffisance des précipitations et de la hausse des températures sont particulièrement néfastes pour la production alimentaire, ce qui affecte directement la sécurité alimentaire des habitants de la région. Le GIEC prévoit également que le changement climatique pourrait accroître la fréquence et la gravité des sécheresses tout en réduisant la qualité des sols, ce qui entraînerait une baisse de la production agricole dans toute la région, compromettant ainsi la sécurité alimentaire.

Les effets de la variabilité du climat sur l'agriculture ont récemment suscité un regain d'intérêt, ce qui a donné lieu à un débat. De nombreux auteurs ont étudié la relation entre la variabilité du climat et les indicateurs de sécurité alimentaire. La littérature existante peut être classée en deux catégories principales. La première catégorie comprend des études théoriques ou prospectives, dans lesquelles divers auteurs ont démontré que la variabilité du climat a un effet néfaste sur la production agricole et diminue la disponibilité alimentaire. Par exemple, Christensen et al. (2007) ont montré que des conditions météorologiques défavorables constituent un risque important pour la production alimentaire, Haile (2005) attribue les récentes crises alimentaires en Afrique à des événements météorologiques extrêmes. En outre, en utilisant des modèles

de projection climatique développés par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), Schmidhuber et Tubiello (2007) et d'autres ont constaté que le changement climatique est susceptible d'avoir des conséquences négatives sur la sécurité alimentaire.

La deuxième catégorie de littérature est constituée d'études empiriques, ont utilisé des données de panel pour analyser les effets de la variabilité climatique sur la sécurité alimentaire. Lee et al. (2012) ont constaté que les températures estivales et les précipitations plus élevées ont augmenté la production agricole dans les pays asiatiques entre 1998 et 2007. Webb et al. (1991) montrent qu'une baisse de 10 % des précipitations par rapport à la moyenne à long terme entraîne une diminution de 4,4 % de la production agricole en Éthiopie. Cependant, il est difficile d'étudier l'effet de la variabilité climatique sur la sécurité alimentaire au niveau macroéconomique pour plusieurs raisons. Le manque de données climatiques appropriées pour de nombreux pays de l'Afrique du nord sur une longue période et la complexité de la sécurité alimentaire, qui comporte plusieurs dimensions, en font partie.

L'objectif de cet article est d'examiner comment la variabilité du climat affecte la sécurité alimentaire en établissant un lien de causalité. Il se distingue de l'ensemble des travaux actuels sur le sujet par deux aspects essentiels. Premièrement, alors qu'une grande partie de la littérature est essentiellement théorique, nous effectuons une analyse macroéconomique et empirique pour les cinq pays du de l'Afrique du nord - Maroc, Algérie, Tunisie, Libye et Égypte - de 1971 à 2018. Deuxièmement, nous mettons en évidence deux mécanismes qui expliquent comment la variabilité climatique peut avoir un impact sur la sécurité alimentaire.

La suite de ce travail est structurée de la manière suivante. La section 2 propose une revue de la littérature examinant les liens entre le changement climatique, la production agricole et la sécurité alimentaire. La section 3 expose l'approche économétrique et la méthodologie adoptées pour évaluer l'impact du changement climatique sur la production céréalière. Ensuite, la section 4 présente les résultats empiriques issus des estimations, tandis que la section 5 propose une discussion approfondie de ces résultats en les confrontant aux travaux antérieurs. Enfin, la dernière section dresse la conclusion générale de l'étude, formule des recommandations politiques et ouvre de nouvelles perspectives pour des recherches futures.

## 2. Revue de littérature

L'impact du dérèglement climatique sur la performance économique et généralement sous forme de l'équation suivante Dell et al (2014) :

$$Y = F(C, X)$$

Y représente généralement des agrégats économiques qui peuvent être impacté par le changement climatique à savoir le PIB, le travail les rendements agricoles ... C représentent les manifestations du changement climatique à savoir : les précipitations, l'augmentation de la température, les évènements météorologiques extrême... X représente des variables corrélées à C qui peuvent notamment être des variables qui peuvent être des mesures d'adaptation. Généralement, la relation ci-dessus est sous la forme fonctionnelle suivante :

$$Y = a + bC + cX + \alpha$$

Des critiques ont été formulées par Mendelsohn et al. (1994) à l'encontre des méthodes utilisées pour évaluer l'effet du réchauffement climatique sur le revenu agricole, en particulier les modèles CERES et SOYGRO. Ces modèles reposent sur une approche en fonction de production, qui n'analyse qu'une seule culture à la fois et néglige les différentes substitutions ainsi que les mécanismes d'adaptation mis en œuvre par les agriculteurs pour maintenir leurs revenus. Une telle approche peut conduire à une surestimation de l'impact du réchauffement climatique sur les revenus agricoles.

Pour remédier à cette limite, les auteurs proposent une approche ricardienne, qui prend en compte les différentes possibilités de génération de revenus ainsi que les substitutions opérées par les agriculteurs. Cette méthode repose directement sur les revenus et permet une analyse plus réaliste des effets du changement climatique. Par exemple, une hausse de la température peut entraîner une baisse de la production céréalière, mais elle peut également favoriser le développement d'activités alternatives, comme le tourisme. L'approche ricardienne utilise ainsi la rente foncière comme approximation du revenu agricole, dans la mesure où elle représente une part importante des coûts dans le secteur agricole par rapport à d'autres secteurs.

La méthode ricardienne remet donc en cause le raisonnement centré exclusivement sur les cultures, en reconnaissant la diversité des adaptations mises en place par les agriculteurs pour protéger leurs revenus. Cet aspect est essentiel, car il permet de corriger un biais qui tend à exagérer l'impact du changement climatique sur l'agriculture. Toutefois, certains

auteurs, notamment Ochou et Quirion (2022), ont critiqué cette méthode en soulignant l'existence d'un biais lié aux prix. Ces auteurs proposent deux approches pour mesurer l'impact du changement climatique sur l'agriculture : l'approche agronomique et l'approche économétrique. La première se concentre sur des variables biophysiques, telles que la production agricole en kilogrammes, tandis que la seconde, également appelée approche ricardienne, s'appuie sur des agrégats économiques comme la valeur des terres ou le revenu agricole.

Les études empiriques récentes confirment et approfondissent la conclusion selon laquelle le changement climatique constitue l'un des principaux facteurs de l'insécurité alimentaire. Elles mettent également en évidence une évolution qualitative de ses effets. En plus de la baisse tendancielle des rendements agricoles, plusieurs recherches récentes montrent que le principal défi réside désormais dans l'augmentation de la variabilité climatique et dans la fréquence accrue des événements climatiques extrêmes, qui compromettent la stabilité des systèmes alimentaires (Diffenbaugh et Burke, 2019).

Par ailleurs, les analyses actuelles insistent sur la dimension systémique de ces effets. En effet, des chocs climatiques localisés peuvent se diffuser à l'échelle internationale par le biais des marchés, influençant ainsi les prix et l'accessibilité des denrées alimentaires (Seekell et al., 2017). Dans ce contexte, les avancées technologiques récentes, notamment dans les domaines de la télédétection, du big data et de l'intelligence artificielle, apparaissent comme des outils essentiels pour améliorer la disponibilité d'informations précises et exploitables. Elles renforcent ainsi la capacité des décideurs publics à anticiper les risques et à planifier des réponses politiques adaptées (Jägermeyr et al., 2021).

Dans le même ordre d'idées, Zhang et al. (2017) se sont intéressés à l'importance de variables climatiques additionnelles, au-delà de la température et des précipitations, généralement privilégiées dans la littérature. Les auteurs ont étudié l'effet de la vitesse du vent, de l'humidité, de la durée d'ensoleillement et de l'évaporation. En analysant les données agricoles de la Chine sur la période 1980-2010, ils ont montré que l'impact de ces variables sur la production de blé n'est pas négligeable. Leur omission peut donc engendrer un biais significatif dans l'évaluation de l'effet du changement climatique sur la production agricole.

D'où, la dégradation de la production agricole peut en effet avoir des répercussions importantes sur la sécurité alimentaire, mais aussi sur la stabilité économique et sociale des pays. Cela explique le grand nombre d'études consacrées à l'impact du changement climatique sur la production agricole, aussi bien dans les pays développés que dans les pays en développement.

Cependant, cette littérature présente des limites et des divergences importantes qui remettent en question certaines conclusions initiales. D'une part, de nombreuses études montrent que les capacités d'adaptation de l'agriculture, bien qu'essentielles, restent limitées par des facteurs structurels, en particulier dans les pays en développement. Cela réduit leur efficacité face à des chocs climatiques de plus en plus intenses (Toreti et al., 2019). D'autre part, une approche multidimensionnelle de la sécurité alimentaire s'impose. Celle-ci doit dépasser la seule question de la production pour intégrer les dimensions sociales, économiques et politiques, notamment les inégalités au sein des États et les différents degrés de vulnérabilité des populations rurales (Hallegatte et al., 2020).

En dépit de leurs apports, ces travaux présentent encore des insuffisances notables. En effet, certaines études concluent à l'existence d'une relation significative entre les facteurs du changement climatique et la sécurité alimentaire, tandis que d'autres aboutissent à des résultats divergents. Cette hétérogénéité dans les conclusions de la littérature justifie l'approfondissement des recherches, en particulier dans des contextes encore peu explorés, comme ceux des pays d'Afrique du Nord. C'est dans cette perspective que nous mobilisons une étude empirique afin d'examiner l'impact du changement climatique sur la sécurité alimentaire.

À la lumière de cette revue de littérature, notre recherche est guidée par deux hypothèses principales. Premièrement, nous posons que le changement climatique exerce un effet négatif significatif sur la sécurité alimentaire à travers son impact sur la production agricole. Les variations de température et la baisse des précipitations réduisent la production agricole et compromettent la disponibilité des denrées alimentaires, ce qui affecte directement la sécurité alimentaire des populations.

Deuxièmement, nous supposons que l'impact du changement climatique sur la sécurité alimentaire ne dépend pas uniquement des variables climatiques. D'autres facteurs, tels que la croissance démographique et la superficie cultivée, influencent également la production agricole et, par conséquent, la sécurité alimentaire.

### 3. Méthodologie de recherche

Pour analyser le lien entre la sécurité alimentaire dans l'Afrique du nord et les facteurs climatiques et non climatiques, nous avons utilisé un cadre comparable avec quelques modifications des variables dépendantes et explicatives. Ceci était nécessaire en raison de certaines contraintes liées à la disponibilité des données. Par conséquent, nous avons utilisé une seule équation multivariée qui examine cette relation sur la période de 1970 à 2018. L'équation a été adaptée pour tenir compte des limitations de données que nous avons rencontrées est :

$$PC_{it} = \alpha_i + \alpha_t + \beta Precipt_{it} + \beta Temp_{it} + \beta LC_{it} + \beta PG_{it} + \mu_{it}$$

Ou,

$Precipt_{it}$  : Précipitations dans un pays i à la période t.

$Temp_{it}$  : Température dans un pays i à la période t.

$PG_{it}$  : Croissance de la population dans un pays i à la période t.

$LC_{it}$  : Superficie consacrée à la production céréalière dans un pays i à la période t.

$\mu_{it}$  : Comprend les effets non observés spécifiques au pays, c'est le terme d'erreur.

$PC_{it}$ : La Production Céréalière comme indicateur de la sécurité alimentaire.

Afin d'assurer l'équilibre des données de panel pour notre modèle, nous avons sélectionné une plage de données s'étendant de 1970 à 2018 pour les six pays de l'Afrique du nord - Maroc, Algérie, Tunisie, Libye et Égypte. Pour acquérir ces données, nous avons obtenu des chiffres annuels sur la production céréalière, les précipitations, la température, la croissance démographique et les terres consacrées à la production céréalière à partir de deux sources : le portail de connaissances sur le changement climatique et la base de données des indicateurs du développement mondial, tous deux fournis par la Banque mondiale.

Pour ce faire, nous avons calculé notre modèle à l'aide d'Eviews. Nous avons dû choisir entre les effets fixes (FE) et les effets aléatoires (RE) puisqu'il s'agit des deux méthodes alternatives pour estimer les modèles de panel statiques dans notre cas. Dans un premier temps, nous estimons un modèle de référence en appliquant la méthode des moindres carrés ordinaires (MCO) aux données regroupées, sans tenir compte de la structure en panel ni de l'hétérogénéité non observée. Cette approche suppose que le comportement

est homogène entre les individus et dans le temps. Afin d'améliorer la spécification, nous utilisons ensuite deux modèles adaptés aux données en panel : le modèle à effets fixes et le modèle à effets aléatoires. Le modèle à effets fixes suppose que les caractéristiques individuelles non observées sont constantes dans le temps et peuvent être corrélées avec les variables explicatives ; l'estimation est alors réalisée à l'aide de la méthode des moindres carrés ordinaires après introduction de variables fictives spécifiques aux individus et/ou aux périodes. Ce modèle nous permet d'obtenir des estimateurs non biaisés et d'effectuer des tests diagnostiques standards, notamment le test de Fisher, ainsi que des tests d'autocorrélation, d'homoscédasticité et de normalité des résidus. À l'inverse, le modèle à effets aléatoires suppose que les effets individuels non observés ne sont pas corrélés avec les variables explicatives et les intègre dans un terme d'erreur composite, l'estimation étant effectuée à l'aide de méthodes appropriées telles que les MCO généralisées.

Le choix entre ces deux spécifications repose sur le test de Hausman, qui sert à vérifier l'existence d'une corrélation entre les effets individuels et les variables explicatives. L'objectif principal de notre analyse empirique est de tester la significativité du coefficient  $\beta$  associé au taux de création d'associations régionales. L'hypothèse nulle ( $H_0$ ) stipule que ce coefficient n'est pas significatif, ce qui implique qu'il n'y a pas d'effet sur la production céréalière, par conséquent, sur la sécurité alimentaire des pays de l'Afrique du nord, tandis que l'hypothèse alternative ( $H_1$ ) suppose l'existence d'un impact, qu'il soit positif ou négatif. Cette signification est évaluée à l'aide du test t de Student et de la valeur p : l'hypothèse nulle est rejetée lorsque la statistique t calculée dépasse la valeur critique, ou lorsque la valeur p est inférieure aux seuils standard de 1 %, 5 % ou 10 %, indiquant ainsi que le coefficient  $\beta$  est statistiquement significatif.

Il est important de noter que la méthode des MCO regroupés n'a pas été utilisée car elle ne tient pas compte de l'hétérogénéité non observée entre les pays. Toutefois, les estimateurs FE et RE ont permis de résoudre ce problème (Baltagi, 2005). Il a donc fallu décider quelle méthode utiliser, et le test de Hausman a été utilisé pour déterminer que la méthode FE est plus appropriée pour notre modèle que la méthode des effets aléatoires.

#### 4. Résultats empiriques

La variable dépendante dans cette étude désigne la production de céréales agricoles produites (PC) fait référence à la production agricole de céréales de chaque année (Kang et al., 2009). La croissance démographique (PG) fait référence au taux de croissance annuel de la population, tandis que les terres utilisées pour la production de céréales (LC) sont mesurées en hectares. En ce qui concerne les facteurs climatiques, les précipitations (Precipt) sont mesurées en millimètres, et la température (TempT) en degrés Celsius centigrades. Pour faciliter le processus d'estimation, nous avons transformé les données de ces variables (à l'exception de PG) en logarithmes naturels. Le tableau 1 présente les statistiques descriptives, y compris la valeur moyenne, l'écart-type et le coefficient de variation de ces variables.

**Tableau 1:** Statistiques descriptives

	LPC	LLC	LPRECIPT	LTEMP	PG
Mean	1.833703	0.354585	2.014964	1.341540	2.197871
Median	1.841074	0.431894	1.944729	1.348305	2.222638
Maximum	2.340504	1.356066	2.743196	1.462398	4.362058
Minimum	1.347330	-0.729831	1.374748	1.206826	0.549084
Std. Dev.	0.205659	0.537834	0.370046	0.063479	0.775449
Skewness	-0.086880	0.148837	0.266555	0.094636	0.275216
Kurtosis	2.078437	2.679971	1.770310	2.503120	3.062614
Jarque-Bera	10.33377	2.244591	21.10704	3.321893	3.606015
Probability	0.005702	0.325532	0.000026	0.189959	0.164803
Sum	517.1042	99.99288	568.2198	378.3142	619.7995
Sum Sq. Dev.	11.88505	81.28367	38.47855	1.132321	168.9711
Observations	240	240	240	240	240

Source : Auteurs

Selon les tests de racine unitaire PP toutes les variables sont des combinaisons de  $I(0)$  et aucune des variables ne correspond à  $I(1)$  ou bien  $I(2)$ . Généralement, la majorité des tests de racine unitaire de panel individuelle (modèle 3 tred/inter), confirment la stationnarité des séries temporelles au niveau de variables, cela veut dire que les séries suivent un processus d'intégration au niveau  $I(0)$  au seuil de 5%. Tandis que la stationnarité des variables d'étude est d'ordres stationnaire  $I(0)$ , de ce fait, les séries statistiques sont intégrées du même ordre, ce qui rend l'efficace le test de Co-intégration de Engle et Granger (cas multivarié) et celui de Johansen.

**Tableau 2:** Test de stationnarité de Phillips-Perron des variables

Séries	Niveau de la différence	Type de modèle	Niveau de confiance	T-statistique ADF	P-value ADF	Observations
LPC	0	3 tred/inter	5%	44.5840	0.0131	Stationnaire
LLC	0	3 tred/inter	5%	53.6018	0.0011	Stationnaire
LPRECIPT	0	3 tred/inter	5%	40.2480	0.0369	Stationnaire
LTEMPT	0	1None	5%	7.46389	0.0239	Stationnaire
PG	0	3 tred/inter	5%	42.7705	0.0204	Stationnaire

Source : Auteurs

A la suite des résultats des tests de racine unitaire de panel, et la confirmation d'une intégration des variables au niveau  $I(0)$  au seuil de 5%, on procède à l'étape suivante de tester la cointégration de panel entre les variables. Le test de Engle et Granger, en utilisant les statistiques de ADF (t-statistique -1.5764), on peut rejeter l'hypothèse nulle de non Co-intégration entre les variables du modèle et accepte l'hypothèse alternative d'une relation dynamique de long terme au seuil de 5%. A cet égard, on pourrait dire que les variables sont Co-intégrées, de plus sont positivement associées entre elles.

Avec l'affirmation que les variables du modèle sont Co-intégrés, on estime la corrélation entre les variables en utilisant des techniques de régression du modèle à effet fixe (FE) et modèle à effet aléatoire (RE). Ces estimateurs ont l'avantage qu'ils produisent des estimations non biaisées même avec régresseurs endogènes et qu'ils permettent aux coefficients de se différer entre les sections. Pour déterminer s'il existe une indépendance transversale dans l'ensemble de données de panel, nous avons utilisé le test de Pesaran, qui a démontré qu'il n'y a pas de corrélation transversale dans les résidus de notre modèle. Les résultats des deux méthodes sont présentés dans les tableaux 3.

**Tableau 3** : Récapitulatif des résultats empiriques généraux

Méthode d'estimation	Effet fixes		Effet aléatoire	
	Coefficient	t-Statistique	Coefficient	t-Statistique
LLC	1.0803	3.8549 (0.0000) **	0.458504	7.1795 (0.0000) **
LPRECIPT	0.3297	3.1301 (0.0000) **	0.300121	4.7384 (0.0000) **
LTEMPT	0.7416	3.0739 (0.0000) **	1.737750	8.5646 (0.0000) **
PG	-0.0955	-1.7412 (0.0000) **	-0.119845	-10.4153 (0.0000) **
F- statistic	63.6062 (0.000000) **		83.6145 (0.000000) **	
R2 ajusté	0.667241		0.540443	
Durbin-Watson	0.864815		0.520923	
Hausman			91.8368 (0.0000) **	
Tests de normalité de résidus:				
• Jarque-Bera	• 2.0112		• 0.0132	
• Skewness	• 0.1338		• 1.7569	
• Kurtois	• 3.3155		• 2.4650	

Note : \*\* significatif au risque de 5%. La variable dépendante est LPC

Source : Auteurs

Les résultats de l'étude révèlent que les facteurs climatiques et non climatiques ont un impact significatif sur la sécurité alimentaire dans Les pays de l'Afrique du Nord (voir tableau 2). Notre variable dépendante (PC) est affectée par les précipitations, la température, les terres consacrées à la production de céréales (LC) et la croissance démographique (PG). L'impact spécifique de chacune des variables climatiques a également été évalué, et il a été constaté que les précipitations et la température ont un effet positif sur la sécurité alimentaire. Par exemple, une augmentation de 1% des précipitations annuelles pourrait conduire à une augmentation de 0,32% de la sécurité alimentaire, tandis qu'une augmentation de 1% de la température annuelle pourrait conduire à une augmentation de 0,41% de la sécurité alimentaire. Ceci peut être attribué au fait que les précipitations sont une source cruciale pour l'agriculture dans les pays de l'Afrique du nord, et qu'une augmentation des précipitations peut conduire à une augmentation de la production agricole/alimentaire, du revenu des ménages et de la sécurité alimentaire.

## 6. Discussion des résultats

Nos résultats révèlent un impact positif et significatif de la température moyenne sur la sécurité alimentaire en Afrique du Nord, ce qui contraste avec l'hypothèse théorique dominante qui prédit un effet négatif de la hausse des températures sur la production

agricole. Loin de constituer une anomalie, ce résultat invite à reconsidérer la portée des modèles théoriques standards, souvent élaborés à partir de contextes climatiques tempérés, et peu adaptés aux spécificités agroclimatiques des régions semi-arides comme l'Afrique du Nord. En effet, dans ces contextes, les cultures céréalières sont historiquement adaptées à des températures relativement élevées, et une hausse modérée de la température peut, dans certaines limites, améliorer les conditions de croissance et de maturation des cultures.

Cependant, il serait erroné d'interpréter ce résultat comme une validation de l'idée selon laquelle le réchauffement climatique serait bénéfique pour l'agriculture nord-africaine. Au-delà d'un seuil thermique critique, encore difficile à déterminer avec précision selon les espèces et les conditions pédologiques locales, l'augmentation des températures engendre des effets néfastes cumulatifs : stress thermique, évapotranspiration accrue, dégradation de la fertilité des sols et perturbation des cycles hydrologiques. Ces effets risquent à terme d'inverser l'impact positif observé dans notre étude. Il convient donc d'interpréter nos résultats avec une prudence méthodologique, en reconnaissant que l'horizon temporel et la plage de températures couverts par notre échantillon conditionnent fortement les conclusions obtenues.

Par ailleurs, nos résultats indiquent que la variabilité thermique exerce un effet positif sur la sécurité alimentaire. Ce résultat, bien que contre-intuitif au premier abord, peut s'expliquer par le fait que certaines variations thermiques saisonnières contribuent à la régulation des cycles biologiques des cultures céréalières. Toutefois, nous estimons que ce constat doit être nuancé : une variabilité climatique excessive, caractéristique des scénarios de changement climatique les plus pessimistes, est susceptible de déstabiliser les systèmes de production agricole et d'accroître l'exposition des agriculteurs aux risques climatiques. La littérature récente, notamment Diffenbaugh et Burke (2019), confirme que c'est précisément cette intensification de la variabilité, et non la seule hausse des températures moyennes, qui constitue la menace la plus sérieuse pour la sécurité alimentaire mondiale.

Ces conclusions entrent en dialogue, parfois en tension, avec plusieurs travaux empiriques de référence. Dell et al. (2012), Akram (2012) et Guiteras (2009) documentent des effets négatifs significatifs de la hausse des températures sur la productivité agricole et la croissance économique. Si ces études portent sur des échantillons géographiques plus larges et des périodes différentes, elles soulignent

néanmoins un point fondamental que nos résultats ne doivent pas occulter : les pays en développement, et en particulier les économies agricoles vulnérables, sont les plus exposés aux effets à long terme du changement climatique. Dans ce sens, nos résultats ne contredisent pas nécessairement cette littérature, mais ils en précisent les conditions de validité en fonction du contexte géographique et de la période d'analyse.

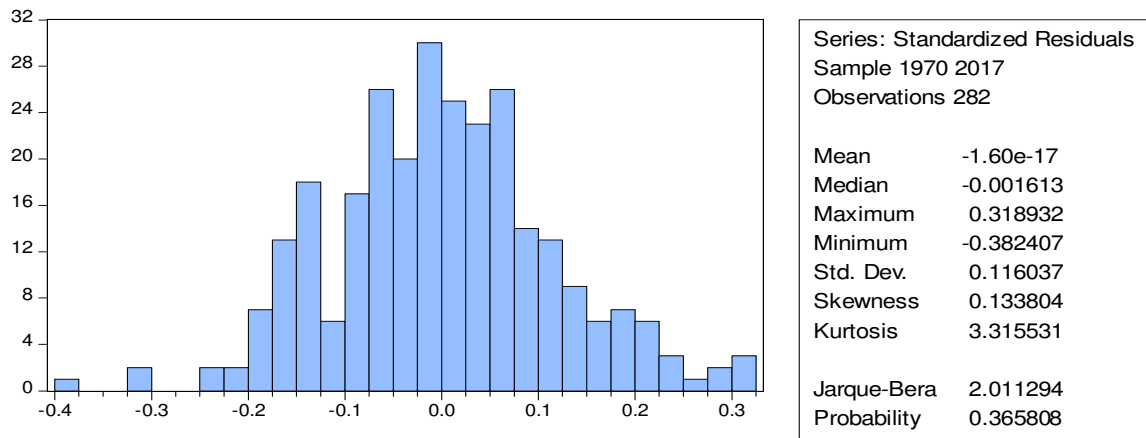
En ce qui concerne les déterminants non climatiques, nos estimations confirment que l'extension des superficies cultivées en céréales constitue un levier important d'amélioration de la sécurité alimentaire, en cohérence avec les travaux de Barrios et al. (2008) et les recommandations de la FAO (2022). Toutefois, nous considérons que cette stratégie présente des limites structurelles importantes. Comme le soulignent Searchinger et al. (2018) et Tilman et al. (2011), l'expansion agricole génère des externalités environnementales négatives, notamment la dégradation des sols, la déforestation et la perte de biodiversité. À long terme, ces effets peuvent compromettre la durabilité même de la production agricole. Il nous semble donc que les politiques de sécurité alimentaire en Afrique du Nord doivent prioritairement s'orienter vers une intensification durable, fondée sur l'amélioration des rendements et l'adoption de pratiques agronomiques résilientes, plutôt que vers une simple extension des surfaces cultivées.

Concernant l'effet de la croissance démographique, nos résultats confirment un impact négatif sur la sécurité alimentaire, ce qui s'inscrit dans la tradition néo-malthusienne représentée par Ehrlich et Ehrlich (1991) et Headey et Jayne (2014). Cependant, nous estimons que cette lecture reste insuffisante si elle n'est pas articulée à une analyse des capacités institutionnelles et technologiques des pays concernés. Les travaux de Boserup (1981) et de Muyanga et Jayne (2019) montrent en effet que la pression démographique peut, sous certaines conditions, stimuler l'innovation agricole et l'intensification des cultures. Ce résultat nuance considérablement le déterminisme démographique et invite à considérer la population non comme une contrainte figée, mais comme une variable dont l'effet dépend du contexte institutionnel, du niveau de développement technologique et de la qualité des politiques agricoles. Dans les pays d'Afrique du Nord, où les structures agraires restent marquées par une fragmentation foncière importante et un accès limité aux technologies modernes, l'effet négatif de la croissance démographique sur la sécurité alimentaire est vraisemblablement amplifié par ces facteurs structurels.

Sur le plan économétrique, si le test de Jarque-Bera confirme la normalité des résidus au seuil de 5 % (fig.1), la présence simultanée d'autocorrélation de premier ordre et d'hétéroscédasticité constitue une limite méthodologique que nous avons cherché à corriger par la réestimation du modèle à effets fixes (FE) à l'aide de la méthode des erreurs standards robustes de White (White period). Cette correction améliore la robustesse des estimations, mais ne saurait éliminer toutes les sources de biais potentielles. En particulier, le risque d'endogénéité entre les variables explicatives et la sécurité alimentaire, ainsi que l'omission possible de variables institutionnelles pertinentes, constituent des pistes d'approfondissement que des recherches futures pourraient utilement explorer, notamment à travers des approches instrumentales ou des modèles en données de panel dynamiques.

D'un point de vue politique, ces résultats suggèrent que les réponses au changement climatique ne peuvent pas se limiter à l'augmentation des superficies cultivées. Une telle stratégie peut produire des effets positifs à court terme, mais elle montre rapidement ses limites sur les plans environnemental et économique. Les politiques publiques devraient plutôt privilégier une intensification agricole durable, fondée sur l'amélioration des rendements, la diffusion de technologies adaptées, la gestion efficiente de l'eau et le renforcement de la résilience des exploitations agricoles face aux chocs climatiques.

Il apparaît également nécessaire de soutenir l'adaptation des agriculteurs par des politiques ciblées. Cela implique le développement de systèmes d'irrigation plus performants, l'encouragement à l'utilisation de variétés résistantes à la sécheresse, l'amélioration de l'accès à l'information climatique et le renforcement des dispositifs d'accompagnement technique. Dans les pays d'Afrique du Nord, où la vulnérabilité climatique est particulièrement forte, l'action publique doit jouer un rôle central dans l'orientation de la transition agricole.

**Figure 1: Test de normalité**

Source : Auteurs

## Conclusion

Cet article apporte une valeur ajoutée à la recherche actuelle sur le lien entre le changement climatique et la sécurité alimentaire. L'objectif principal de cette étude est d'examiner l'impact du changement climatique sur la sécurité alimentaire en évaluant des données de panel de 1971 à 2018 pour les cinq pays de l'Afrique du nord.

Selon les résultats, la variabilité du climat a une influence positive sur la sécurité alimentaire. L'étude suggère que l'évolution des températures pourrait être une source de bénéfices pour la sécurité alimentaire dans les pays de l'Afrique du nord en raison de l'impact favorable des précipitations et de la variabilité des températures sur la production agricole. En outre, la recherche démontre que les facteurs non climatiques, tels que la superficie consacrée à la production céréalière et la croissance démographique, ont un impact significatif sur la sécurité alimentaire. Les résultats indiquent que la superficie consacrée à la production de céréales a un effet positif et substantiel sur la sécurité alimentaire, similaire aux conclusions de Barrios et al. (2008). Cependant, la croissance démographique a un impact négatif et significatif sur la sécurité alimentaire, ce qui correspond à l'affirmation d'Ehrlich et Ehrlich (1991) selon laquelle la croissance démographique réduit les ressources et la productivité agricoles, ce qui entraîne une baisse de l'approvisionnement alimentaire. Néanmoins, ces affirmations ne s'appliquent pas à la région de l'Afrique du nord.

Une stratégie possible consiste à investir dans la recherche agricole, la vulgarisation et les techniques susceptibles de minimiser les pertes de production alimentaire liées à la variabilité du climat. Compte tenu des incertitudes importantes qui entourent les futurs régimes de précipitations dans plusieurs pays de l'Afrique du nord, il est essentiel

d'évaluer avec prudence les investissements substantiels dans les infrastructures qui soutiennent l'irrigation et le développement des ressources en eau afin d'atténuer l'impact de la baisse de la production alimentaire. En outre, une autre approche, qui pourrait être importante pour la communauté internationale, consiste à fournir une assistance aux pays de l'Afrique du nord par le biais de mécanismes d'aide automatique qui correspondent à l'ampleur de l'impact du changement climatique sur la sécurité alimentaire. Par exemple, lorsque l'impact négatif de la variabilité climatique est plus important, le niveau de l'aide climatique devrait augmenter. La troisième approche pour minimiser l'impact des chocs climatiques dans les pays de l'Afrique du nord consiste à diversifier leur structure économique.

Le thème du changement climatique et de son impact sur la sécurité alimentaire est un domaine complexe et multidimensionnel qui nécessite une approche pluridisciplinaire. Cependant, cette étude présente certaines limites, notamment l'utilisation la production céréalière comme proxy pour mesurer la sécurité alimentaire, qui se concentre principalement sur les cultures céréalières et néglige d'autres cultures essentielles. En outre, l'utilisation de variables climatiques annuelles, telles que les précipitations et les températures, peut ne pas rendre pleinement compte des variations saisonnières qui se produisent, et les études futures devraient envisager d'utiliser des variables trimestrielles pour mieux prendre en compte les effets des précipitations sur la production au cours des différentes saisons.

Enfin, cette étude ouvre plusieurs perspectives de recherche. Il serait utile d'approfondir l'analyse en intégrant d'autres variables climatiques, telles que l'humidité, l'évaporation ou la fréquence des événements extrêmes, afin de mieux saisir la complexité des effets du changement climatique sur l'agriculture. De même, l'introduction de variables institutionnelles, technologiques ou liées à l'accès aux infrastructures permettrait d'enrichir la compréhension des déterminants de la sécurité alimentaire.

De futures recherches pourraient également mobiliser des méthodes économétriques plus avancées, notamment des modèles dynamiques sur données de panel ou des approches permettant de traiter les problèmes d'endogénéité. Une analyse différenciée par pays, voire par région, serait aussi particulièrement pertinente, afin d'identifier les spécificités locales et de mieux orienter les politiques publiques. En somme, l'enjeu n'est pas seulement de mesurer l'impact du changement climatique, mais de comprendre dans quelles conditions économiques, sociales et institutionnelles cet impact devient plus ou moins critique pour la sécurité alimentaire.

## Références

- Akram, N. (2013). Is climate change hindering economic growth of Asian economies. *Asia-Pacific Development Journal*, 19(2), 1-18.
- Attiaoui, I., & Boufateh, T. (2019). Impacts of climate change on cereal farming in Tunisia: A panel ARDL–PMG approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(13), 13334-13345.
- Baltagi, B.H. (2005), *Econometric Analysis of Panel Data*, 3rd Ed., John Wiley and Sons, West Sussex.
- Barrios, S., Ouattara, B., & Strobl, E. (2008). The impact of climatic change on agricultural production : Is it different for Africa? *Food Policy*, 33(4), 287-298.
- Boserup, E. (1981). *Population and technological change: A study of long-term trends*. University of Chicago Press.
- Chou, J., & Quirion, P. (2017). *The Ricardian approach and climate change impacts on agriculture: A reappraisal accounting for farm price variability*. *Ecological Economics*, 139, 255–267. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.04.016>
- Christensen, J. H., & C
- Diffenbaugh, N. S., & Burke, M. (2019). Global warming has increased global economic inequality. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(20), 9808–9813. <https://doi.org/10.1073/pnas.1816020116>
- Food and Agriculture Organization (FAO) (2022). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2022*.
- Guiteras, R. (2009). The impact of climate change on Indian agriculture. *Manuscript, Department of Economics, University of Maryland, College Park, Maryland*.
- Haile, M. (2005). *Weather patterns, food security and humanitarian response in sub-Saharan Africa*. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360(1463), 2169–2182. <https://doi.org/10.1098/rstb.2005.1746>
- Hallegatte, S., Rentschler, J., & Rozenberg, J. (2020). *Adaptation principles: A guide for designing strategies for climate change adaptation and resilience*. World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1581-2>
- Headey, D., & Jayne, T. S. (2014). *Adaptation to land constraints: Is Africa different?* *Food Policy*, 48, 18–33. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2014.02.002>
- Christensen, O. B. (2007). A summary of the PRUDENCE model projections of changes in European climate by the end of this century. *Climatic Change*, 81(S1), 7-30.
- Jägermeyr, J., Müller, C., Ruane, A. C., Elliott, J., Balkovič, J., Castillo, O., ... & Rosenzweig, C. (2021). Climate impacts on global agriculture emerge earlier in new generation of climate and crop models. *Nature Food*, 2(11), 873–885. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00400-y>
- Kang, Y., Khan, S., & Ma, X. (2009). Climate change impacts on crop yield, crop water productivity and food security—A review. *Progress in natural Science*, 19(12), 1665-1674.

- Lee, J., Nadolnyak, D., & Hartarska, V. (2012). *Impact of Climate Change on Agricultural Production in Asian Countries : Evidence from Panel Study*.
- Melissa Dell, Benjamin F. Jones, & Benjamin A. Olken. (2012). *Temperature shocks and economic growth: Evidence from the last half century. American Economic Journal: Macroeconomics*, 4(3), 66–95. <https://doi.org/10.1257/mac.4.3.66>
- Melissa Dell, Benjamin F. Jones, & Benjamin A. Olken. (2014). *What do we learn from the weather? The new climate-economy literature. Journal of Economic Literature*, 52(3), 740–798. <https://doi.org/10.1257/jel.52.3.740>
- Mendelsohn, R., Nordhaus, W. D., & Shaw, D. (1994). The Impact of Global Warming on Agriculture : A Ricardian Analysis. *The American Economic Review*, 84(4), 753-771.
- Muyanga, M., & Jayne, T. S. (2019). Revisiting the farm size–productivity relationship in Kenya. *World Development*, 117, 114–124.
- Ochou, F., & Quirion, P. (2022). Impact du changement climatique sur l’agriculture : Une quantification du biais de prix dans les approches économétriques: *Revue économique*, Vol. 73(1), 43-67. <https://doi.org/10.3917/reco.731.0043>
- Paul R. Ehrlich, P. R., & Anne H. Ehrlich, A. H. (1991). *The population explosion*. Simon & Schuster
- Rahim, S., & Puay, T. G. (2017). The impact of climate on economic growth in Malaysia. *Journal of Advanced Research in Business and Management Studies*, 6(2), 108-119.
- Schmidhuber, J., & Tubiello, F. N. (2007). Global food security under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(50), 19703-19708. <https://doi.org/10.1073/pnas.0701976104>
- Searchinger, T. D., Wiersenius, S., Beringer, T., & Dumas, P. (2018). Assessing the efficiency of changes in land use. *Nature*, 564(7735), 249–253.
- Seekell, D. A., Carr, J. A., Dell’Angelo, J., & D’Odorico, P. (2017). Resilience in the global food system. *Environmental Research Letters*, 12(2), 025010. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa5730>
- Tilman, D., Balzer, C., Hill, J., & Befort, B. L. (2011). Global food demand and sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(50), 20260–20264.
- Toreti, A., Cronie, O., Zampieri, M., & Ceglar, A. (2019). The exceptional 2018 European water seesaw calls for action on adaptation. *Earth’s Future*, 7(6), 652–663. <https://doi.org/10.1029/2019EF001170>
- United Nations (2015). *Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. United Nations. <https://sdgs.un.org/2030agenda>
- Webb, P., Von Braun, J., & Teklu, T. (1991). Drought and famine in Ethiopia and Sudan : An ongoing tragedy. *Natural Hazards*, 4(1), 85-86. <https://doi.org/10.1007/BF00126561>
- Wheeler, T., & von Braun, J. (2013). Climate Change Impacts on Global Food Security. *Science*, 341(6145), 508-513. <https://doi.org/10.1126/science.1239402>

- World Health Organization, & Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (83rd, 2017: Geneva, Switzerland). (2017). *Evaluation of certain contaminants in food: Eighty-third report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives*. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/254893>
- Zhang, P., Zhang, J., & Chen, M. (2017). Economic impacts of climate change on agriculture: The importance of additional climatic variables other than temperature and precipitation. *Journal of Environmental Economics and Management*, 83, 8-31. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2016.12.001>