

UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA DE BEJAIA



Faculté des Sciences Economiques, Commerciales et des Sciences de Gestion  
Département des Sciences Economiques

## MEMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de  
MASTER EN SCIENCES ECONOMIQUES

Option : Economie Quantitative

L'INTITULE DU MEMOIRE

**L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR  
LA PRODUCTION AGRICOLE EN ALGERIE**

Préparé par : L'étudiante  
- Melle ZIMOUCHE Afaf

Dirigé par :  
Dr BOUZNIT Mohammed

Date de soutenance : .....

**Jury :**

Président : .....

Examineur : .....

Rapporteur : .....

**Année universitaire : 2020/2021**

## *Remerciement*

*Je remercie tout d'abord, Dieu le tout puissant de m'avoir donné la force et la connaissance pour accomplir une action qui lui plaise. Dans le cadre de ce mémoire de recherche, Je tiens à remercier profondément, mon directeur de mémoire **Mr Bouznit Mohammed** pour la qualité d'encadrement, la rigueur scientifique, sa patience et le soutien inconditionnel dont m'avoir bénéficié tout au long de la période d'élaboration de ce mémoire.*

*Je tiens à exprimer mes plus vifs remerciements à Monsieur ..... pour avoir accepté de présider le jury.*

*Ma reconnaissance, et mes sincères Monsieur .....pour avoir accepté d'examiner mon travail.*

*Je tiens à remercier également Monsieur **Blkhirî Aïmad eddîne** pour son aide et son encouragement.*

*Mes sincères remerciements s'adressent aussi à l'ensemble des enseignants du département des sciences économiques de l'Université de Bejaia pour la qualité de formation et d'encadrement dont j'ai bénéficié tout au long de mes études.*

*Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de mon mémoire et qui m'ont aidée lors de la rédaction de ce mémoire de près ou de loin.*

**ZIMOUCHE AFAF**



# Dédicace

*Ce travail traite du changement climatique et voilà que durant ces dernières années, le climat n'a pas été toujours clément pour moi. Heureusement, j'ai eu la chance d'être entourée de personnes exceptionnelles qui m'ont permis d'être plus résiliente au changement de mon « micro climat ». Et je dédie ce travail pour eux.*

*Mon ange gardien ma sœur aîné « **Nadia** » quelle ma toujours encourager et m'aider ;*

*Mes frères **Fateh** et **Kamel**, mes neveux et mes nièces, Mon fiancé, Ma mère et ma cousine « **Bouchra Letrache** ».*

*Mes amis **Baazizen Massinissa** et **Nait Chaalal Lydia***

*Enfin, mais avant tout, mes pensées vont à mon chers papa, puisse ce travail être une goutte de gratitude dans l'océan de sacrifices qu'il m'a consentis.*



# Sommaire

Les titres	Page
Remerciement	-
Dédicace	-
Liste des abréviations	-
<b>Introduction générale</b>	A
<b>Chapitre 1 : Changements Climatiques, généralités et revus de la littérature relatif à ses effets sur le rendement agricole</b>	
Introduction	2
1. Généralité sur le changement climatique	2
2. Effets du CC sur la production agricole : Revue de la littérature	11
Conclusion	23
<b>Chapitre 2 : Changements climatiques et production agricole dans l'Algérie</b>	
Introduction	25
1. L'Algérie et le changement climatique	25
2. Impacts du changement climatique sur l'agriculture	32
3. Vers des politiques de lutte contre les changements climatiques	41
Conclusion	57
<b>Chapitre 03 : Etude économétrique de l'impact du changement climatique sur la production agricole en Algérie</b>	
Introduction	59
1. Méthodologie de co-intégration utilisant le modèle d'auto-régression des décalages temporels distribués ARDL :(Les modèles ARDL)	59
2. Modélisation économétrique	67
Conclusion	82
<b>Conclusion générale</b>	85
Liste des annexes	89
Bibliographie	93
Liste des tableaux	98
Liste des figures	99
Résumé	101

# *ABREVIATION*

---

**CC** : Le changement climatique

**CCUNCC** : La Convention-Cadres des Nations unies sur les changements climatiques

**GIEC** : Le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat des possibilités

**GES** : Gaz à effet de serre

**CH<sub>4</sub>** : Le méthane

**N<sub>2</sub>O** : L'oxyde nitreux

**CO<sub>2</sub>** : Le dioxyde de carbone

**CFC** : Les chlorofluorocarbones

**NO** : L'oxyde d'azote

**HCO<sub>3</sub>** : Bicarbonate

**SIG** : Systèmes d'informations géographiques

**MCGAO** : Modèle de Circulation Générale Atmosphère-Océan

**SA** : La surface des terres agricoles

**ST** : Surface Total

**SAU** : Surface agricole utile

**SAT** : Superficie agricole total

**ONU** : L'Organisation des Nations Unies

**OMM** : l'Organisation Météorologique Mondiale

**ROSELT** : Réseau d'Observations et de Suivi Ecologique à Long Terme

**PIB** : Produit Intérieur Brute

## **Symboles et Unités**

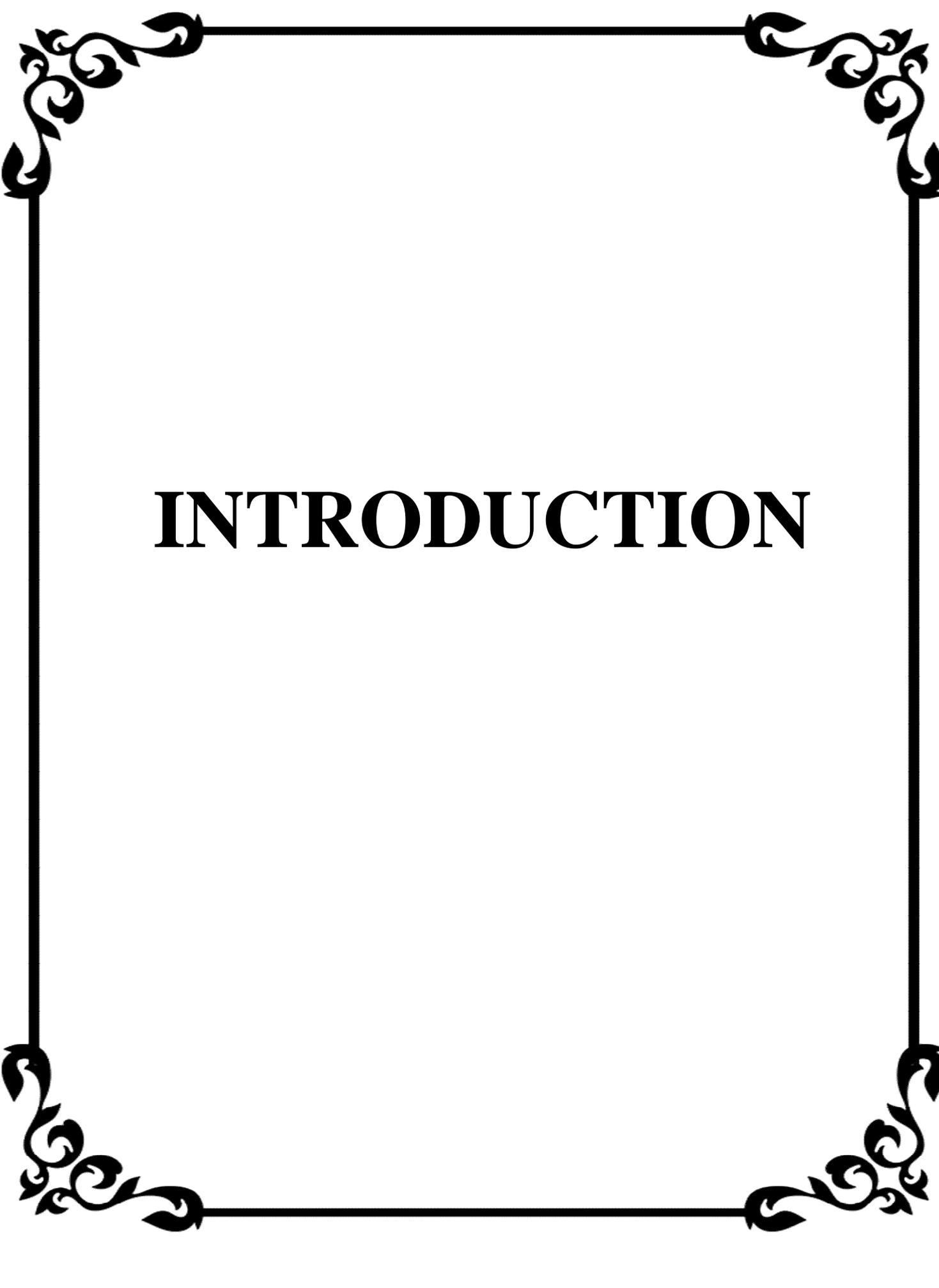
**Mm** : Millimètre

**USD** : Dollars des Etats-Unis /United States Dollars

**Mha** : Million hectares

**m<sup>3</sup>/ hab/ an** : Mètre cube par habitant par an

**°C** : Degré Celsius



# **INTRODUCTION**

# INTRODUCTION

---

## INTRODUCTION GENERALE :

Le changement climatique a de multiples sur la production agricole dans le monde entier, ce qui engendre par ailleurs de lourdes conséquences sociaux-économiques. Actuellement, la préservation de notre planète et la promotion de développement durable obligent les pays développés et sous-développés à conjuguer leurs efforts pour face au réchauffement climatique, car ceci est un phénomène transnational et aucun pays n'est à l'abri de ses conséquences désastreuses. En effet, aucune région et aucun pays n'est épargnée par le réchauffement climatique, cependant les pays sous-développés sont les plus touchés, car les besoins de leurs populations sont fortement liés à l'environnement. Selon les statistiques émanant de l'Union Européenne<sup>1</sup>, le réchauffement climatique est responsable chaque année des dizaines de milliers de morts et des dizaines de milliards d'euros de perte, tandis que le nombre de morts prévu d'ici l'année 2030 est terrible, environ 1 million.

Consciente de son extrêmement vulnérabilité au changement climatique, l'Algérie a ratifié tous les accros internationaux sur le climat à savoir la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques en avril 1993, Protocole de Kyoto<sup>2</sup> en 2005 et l'accord de Paris en 2015 (COP21<sup>3</sup>). En effet, l'Algérie s'est engagée à participer aux efforts internationaux de lutte contre le changement climatique et ses impacts potentiels sur les ressources en eau et les écosystèmes naturels et à soutenir le développement économique. Dans ce contexte, l'Algérie œuvre pour réduire les émissions du GES de 7% d'ici 2030, et ce via l'adaptation de multiples mesures d'atténuation et d'adaptation au changement climatique. En effet, la stratégie nationale que proposé par l'Algérie repose principalement sur quatre domaines : le renforcement des institutions, l'adaptation au changement climatique, l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre et le renforcement des capacités humaines. La mise en œuvre de cette stratégie, sous l'égide de l'Agence nationale des

---

<sup>1</sup> L'Union Européenne : est une union politico-économique sui generis de vingt-sept États européens

<sup>2</sup> Par ce **protocole universel**, les pays industrialisés s'engagent à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre (GES) de 5%.

<sup>3</sup> La COP21 est la 21e Conférence des parties (COP) à la Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques de 1992, réunissant 195 États et l'Union Européenne, Elle s'est tenue du 30 novembre au 11 décembre 2015 à Paris-Le Bourget (93), sous présidence française.

## INTRODUCTION

---

changements climatiques créée en 2007, concerne principalement les secteurs de l'énergie, de l'industrie, des transports, des déchets, des ressources en eau, de l'agriculture et de la sylviculture.

En outre, la production agricole en Algérie est fortement liée à aussi bien à la variation de la précipitation et que de la variation de la température. En effet, la croissance du PIB de l'Algérie est tributaire de 11% au secteur agricole, et ce dernier emploie, directement ou indirectement plus de 13 million d'habitants vivant dans des zones rurales.

En revanche, les débats autour des questions relatives aux effets de la variabilité du climat sur la planète deviennent d'actualité d'une part, et ils font partie des domaines privilégiés de la recherche scientifique à travers le Groupe Intergouvernemental sur l'Étude du Climat (GIEC). Dès lors, ce mémoire se propose d'analyser empiriquement la question des effets du changement climatique sur la production agricole en Algérie durant les cinq dernières décennies. De ce fait, la question principale à laquelle nous cherchons d'apporter des éléments de réponse est la suivante : quel serait l'effet de la variabilité des températures et de la pluviométrie sur la production agricole en Algérie ?

Outre l'introduction générale et conclusion générale, Ce mémoire est divisé en trois chapitres :

Le premier chapitre examine des généralités sur le changement climatique et une revue de la littérature. Le Deuxième chapitre traite l'état actuel des changements climatiques en Algérie et de leurs effets sur la production agricole, ainsi que les principales politiques adoptées par l'Algérie pour atténuer ces effets. Le Troisième chapitre, une étude empirique analysant l'impact des changements climatiques sur la production agricole en Algérie durant la période allant de 1966 à 2016, et ce en utilisant le modèle ARDL.

- **L'importance de la recherche :**

- L'importance de l'étude est de mettre en évidence un sujet très important, qui est la réalité de l'agriculture en Algérie dans le contexte du changement climatique et de la mesure dans laquelle la production agricole est affectée par ces derniers. Cela est dû à l'importance du secteur agricole dans un pays de la taille de l'Algérie afin de répondre aux besoins alimentaires de ses citoyens et d'atteindre l'autosuffisance et pourquoi pas l'exportation. Ceci afin que le secteur agricole soit une alternative au secteur des carburants. S'appuyer sur des méthodes et des outils statistiques pour construire un modèle standard qui détermine la relation entre la production agricole

## INTRODUCTION

---

et le changement climatique, en particulier à la lumière des réformes que l'Algérie a mises en place ces dernières années pour promouvoir le secteur.

- **Les objectifs de la recherche :**

À travers cette étude, nous visons à :

- Comprendre l'ampleur et l'importance de la production agricole algérienne dans l'activité économique
- Analyse de la situation actuelle de l'agriculture algérienne dans le contexte du changement climatique
- Tentative d'établir des modèles économétriques pour comprendre l'impact du changement climatique sur la production agricole en Algérie à l'aide de méthodes économétriques

- **Les raisons de choisir la recherche :**

Il y a plusieurs raisons objectives qui nous ont amenées à rechercher dans ce sujet, parmi lesquelles nous mentionnons :

- Manque d'études qui ont adopté ce sujet au niveau national, en particulier les études économétriques ;

- **Problématique de la recherche :**

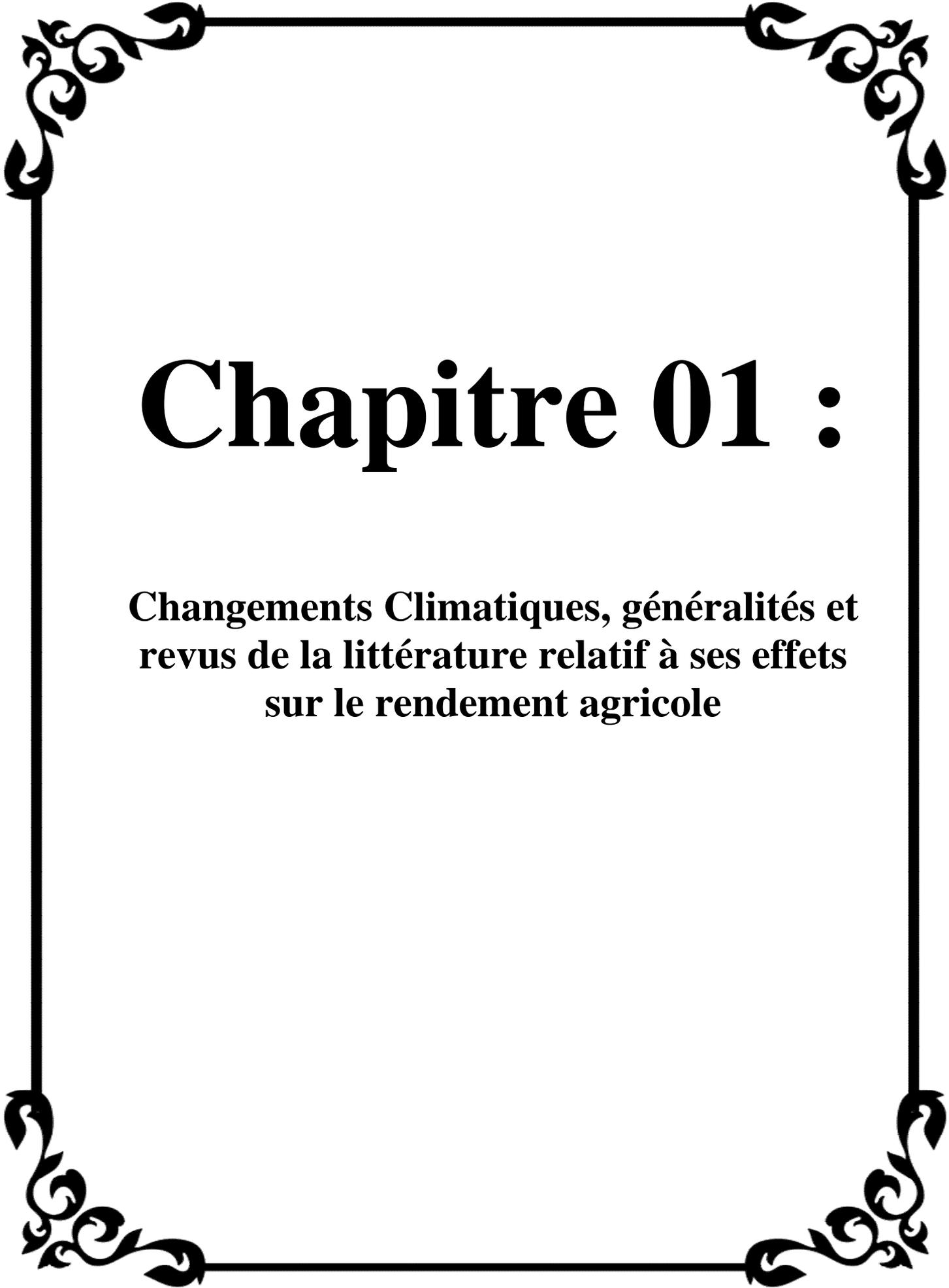
La question clé est de savoir dans quelle mesure le changement climatique affecte la production agricole en Algérie ?

À travers cela, nous pouvons poser les sous-questions suivantes :

- Quels sont les changements climatiques ? ses causes et ses impacts ?
- Ses impacts sur le secteur agricole en particulier ;
- Quels sont les changements climatiques les plus influents sur la production agricole en Algérie ?
- Quelle est la nature de la relation entre le changement climatique et la production agricole.

- **Méthodologie de la recherche :**

Dans cette étude, nous nous sommes appuyés sur l'approche descriptive liée aux différents concepts et définitions présentés, ainsi qu'à l'approche économétrique afin de relier et expliquer la relation entre le changement climatique et la production agricole en Algérie.



# **Chapitre 01 :**

**Changements Climatiques, généralités et  
revus de la littérature relatif à ses effets  
sur le rendement agricole**

## **Introduction :**

Le climat est le plus grand facteur affectant le secteur agricole, car il a un impact aussi bien sur la plante que sur le sol. La meilleure preuve est les grands changements qui se produisent ces dernières années dans le monde et son impact sur les cultures agricoles en raison du phénomène de chevauchement des saisons et des changements soudains et brusques du temps tels que : l'intensité du vent, taux et quantités de précipitations, différence de température entre froid en hiver et chaud en été et la violence des phénomènes météorologiques au printemps. Ces menaces du changement climatique sont le centre d'inquiétude de la communauté. Afin de comprendre ce phénomène, il faudrait connaître la signification du terme « changement climatique ». Le sens du terme « changement climatique » est assez simple à comprendre et ne suscite plus de controverses. Cependant, ses causes, sa magnitude ainsi que les impacts de ces changements sur le bien-être humain et l'environnement sont très discutés.

Dans ce chapitre aussi nous proposons une revue de la littérature de l'impact du changement climatique sur le secteur agricole.

### **1. Généralités sur le changement climatique :**

#### **1.1. Définition de changement climatique :**

Le changement climatique(CC) est un grand défi pour l'humanité, et l'intérêt pour ce phénomène a commencé au début du 19<sup>ème</sup> siècle où les scientifiques et les chercheurs dans le domaine de la climatologie et des sciences de la terre ont pu affirmer que le climat de la terre change constamment d'une manière qui aura un impact négatif sur le mode de vie de ses habitants à tous égards, et cela est dû à un certain nombre de causes naturelle et humaine.

Depuis lors, plusieurs définitions ont été introduites, parmi celles-ci, la Convention-Cadres des Nations unies sur les changements climatiques(CCUNCC)<sup>4</sup> et dans son premier article, le changement climatique est défini comme : « des changements de climat qui sont attribués directement ou indirectement une activité humaine altérant la composition de

---

<sup>4</sup>La Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques, a été adoptée au cours du Sommet de la Terre de Rio de Janeiro en 1992 par 154 États auxquels il faut ajouter la totalité des membres de la Communauté européenne. Elle est entrée en vigueur le 21 mars 1994.

l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables.». Cette définition fait référence aux causes du changement climatique, Où l'homme est-il considéré comme l'acteur principal ainsi que des facteurs naturels.

Le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat(GIEC)<sup>5</sup>a été considéré le changement climatique comme toutes les formes de changements qui pourraient être exprimées statistiquement, résultant de l'activité humaine, ou résultant d'interactions internes de composants du système climatique, ce qui peut durer des décennies d'affilée.

Cette définition ajoute la caractéristique de la continuité du phénomène du changement climatique, dont les causes sont immédiates, mais dont les effets négatifs se poursuivront pour les générations à venir. Après une série de rapports publiés par cet organisme, un consensus scientifique que le changement climatique est clair et sans ambiguïté, et que la plupart des changements climatiques au cours des 50 dernières années sont causés par des activités humaines.

La plupart des définitions du changement climatique se concentrent sur les causes qui ont donné naissance à ce phénomène .Par conséquent, les changements climatiques résultant des causes naturelles, et l'interaction interne entre les composants du système climatique .Il est donc possible de distinguer entre les influences internes et externes.

---

<sup>5</sup> Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) est l'organe des Nations Unies chargé d'évaluer les travaux scientifiques consacrés aux changements climatiques. Il a été créé en 1988 par l'Organisation météorologique mondiale et le Programme des Nations Unies pour l'environnement afin d'offrir aux décideurs des évaluations régulières du fondement scientifique de l'évolution du climat, des incidences et des risques associés et des possibilités d'adaptation et d'atténuation.

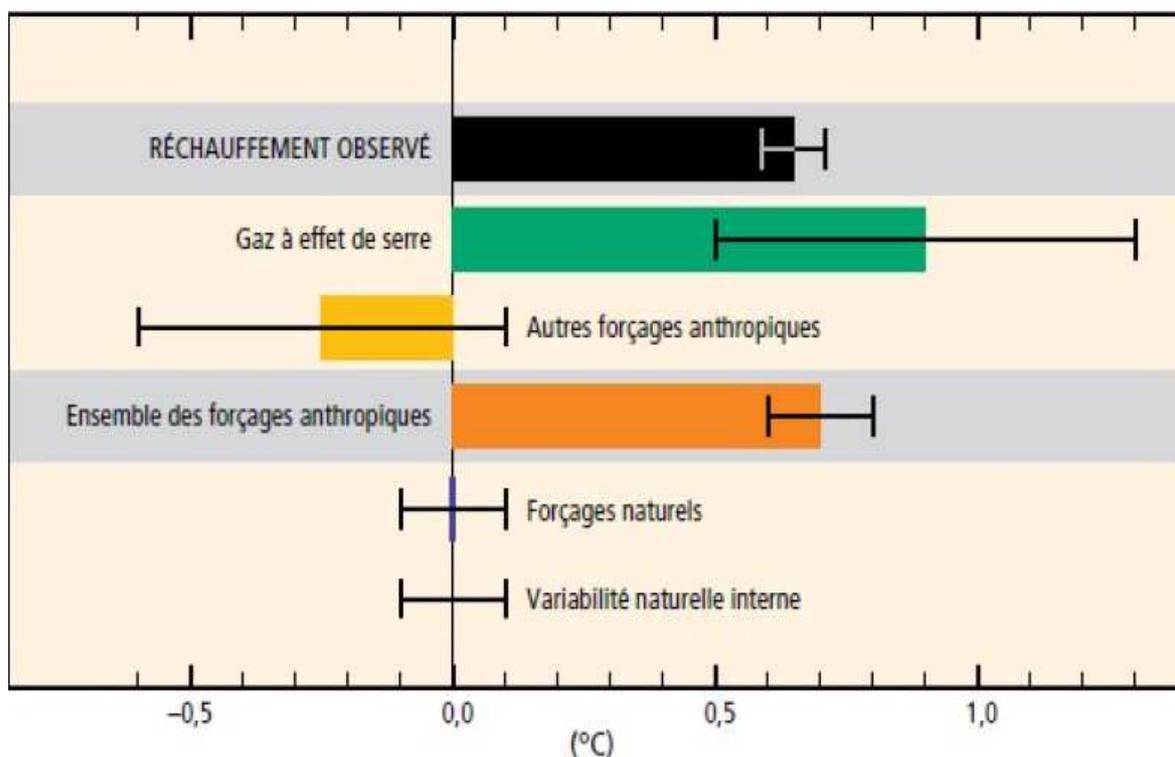
## 1.2. Les causes du changement climatique :

Les définitions du changement climatique soulignent qu'il est causé par des processus naturels internes et les forçages externes tels que les modulations des cycles solaires, les éruptions volcaniques et les changements anthropiques persistants de la composition de l'atmosphère ou de l'utilisation des terres. Parmi toutes ces causes, il est largement noté dans la littérature que l'action de l'homme sur le système climatique participe le plus au changement climatique à travers les émissions anthropiques de gaz à effet de serre qui sont de plus en plus élevées.

Selon le cinquième rapport d'évaluation du GIEC (AR5, IPCC 2014), les émissions anthropiques de gaz à effet de serre (GES) que sont le méthane (CH<sub>4</sub>), l'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O) et le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), ont considérablement augmenté depuis l'ère préindustrielle, et en même temps causé l'augmentation de la température mondiale et le changement climatique. Les émissions mondiales totales de gaz à effet de serre anthropiques ont continué d'augmenter de 1970 à 2010, et l'augmentation absolue de 2000 à 2010 a été encore plus importante. En 2010, les émissions anthropiques annuelles de gaz à effet de serre ont atteint 49 (± 4,5) GteqCO<sub>2</sub>. Le GIEC a souligné que la croissance économique et démographique expliquait ces chiffres élevés. Ces deux facteurs restent les principaux moteurs de l'augmentation des émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) causées par l'utilisation de combustibles fossiles. Entre 1970 et 2010, les émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) provenant des combustibles fossiles et des procédés industriels ont représenté 78 % de l'augmentation des émissions mondiales de gaz à effet de serre. Selon ce rapport, l'Homme ait été extrêmement probable la cause principale du réchauffement observé depuis le milieu du 20<sup>ème</sup> siècle.

Cette hypothèse est soutenue par les preuves apportées sur la Figure 1 sur laquelle on voit les contributions au changement de la température observé en surface entre 1951 et 2010.

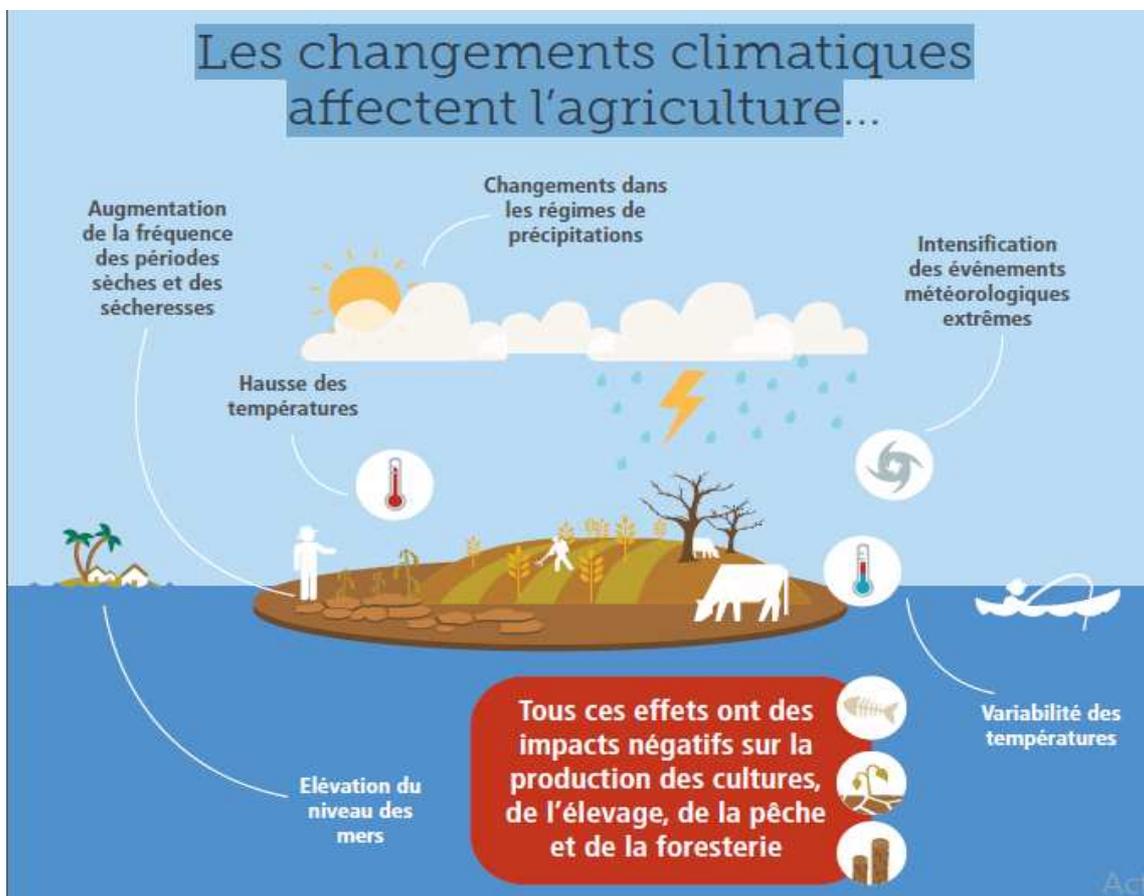
**Figure 1 : Contributions au changement de la température observé en surface entre 1951 et 2010**



Note: Estimation de la plage probable (segments horizontaux) et médianes correspondantes (barres) pour les tendances du réchauffement sur la période 1951-2010 dû aux gaz à effet de serre au mélange homogène a d'autres forçages anthropiques (y compris l'effet refroidissant des aérosols et celui du changement d'affectation des terres), à l'ensemble des forçages anthropiques, aux forçages naturels et à la variabilité naturelle interne (qui correspond à la partie de la variabilité du climat qui se produit spontanément au sein du système climatique, même en l'absence de forçage). Ce graphique est une reproduction de la Figure R.ID 3 du rapport de synthèse sur le changement climatique (GIEC, 2014).

La conséquence directe de la hausse des températures est le changement climatique qui a un impact sur divers secteurs dont celui agricole. Comme indiqué dans figure 2.

Figure 2 : Les changements climatiques affectent l'agriculture



Source : FAO 2016

Voici quelques-unes des causes humaines et naturelles les plus importantes du changement climatique :

### 1.2.1. Causes humaines :

#### ➤ Déforestation :

La déforestation est l'une des principales causes humaines du changement climatique. Les humains enlèvent des arbres dans la plupart des forêts pour créer de l'espace pour l'agriculture, les bâtiments et d'autres activités, contribuant au réchauffement planétaire. Les arbres consomment du dioxyde de carbone dans les constructions photovoltaïques, et les surplus sont stockés pour soutenir leur croissance et leur développement, et lorsqu'ils sont coupés, le dioxyde de carbone qui y est stocké est émis pour s'accumuler dans l'atmosphère.

#### ➤ L'agriculture :

L'agriculture est l'une des causes humaines les plus importantes de changement climatique, en raison de la déforestation, de l'exploitation des terres et de la conversion agricole, ainsi que des pratiques agricoles modernes. - Tels que l'utilisation d'engrais industriels et l'utilisation de machines pour intensifier la production agricole : préparation, stockage, traitement, emballage et transport. Chez le bétail, le méthane est produit à partir de certains corps animaux en raison de la fermentation intestinale pendant la digestion des fourrages, ainsi que d'importantes émissions de méthane provenant des rizières. Il convient de noter que les déchets chimiques produits par certaines pratiques agricoles ont contribué au changement climatique, car ils sont causés par la perte de biodiversité et l'érosion accélérée des sols, ce qu'a accru l'acidification des eaux océaniques.

➤ **l'industrie :**

La révolution industrielle et les diverses activités de fabrication sont liées aux effets environnementaux négatifs qui causent le changement climatique. Les innovations technologiques récentes ont conduit au remplacement du travail humain par des machines qui consomment de grandes quantités d'énergie. À mesure que l'industrialisation a augmenté, la consommation de carburant a augmenté aussi, entraînant de nombreuses émissions directes et indirectes de gaz à effet de serre. La croissance des activités industrielles a accompagné le déplacement des populations vers les zones urbaines à la recherche de travail, contribuant au surpeuplement, à l'augmentation de la pollution et à la déforestation urbaine massive. (Murat Suner ,2019)

**1.2.2. Causes naturelles :**

➤ **Rayonnement solaire :**

L'énergie changeante du Soleil dans le passé a affecté la température de la Terre, mais elle n'a pas suffi à changer le climat. Toute augmentation de l'énergie solaire réchauffe l'atmosphère terrestre, mais seulement le substrat.

➤ **Éruptions volcaniques :**

Les volcans émettent des gaz à effet de serre tels que le dioxyde de carbone, mais leur quantité est 50 fois inférieure à celle produite par les activités humaines. En revanche, ils peuvent avoir un effet différent sur le climat de la terre, refroidit, pas réchauffé. (Melissa Denchak, 2017)

### 1.2.3. Les gaz responsables du changement climatique :

#### ➤ Vapeur d'eau :

La vapeur d'eau est l'un des gaz à effet de serre les plus abondants et a l'avantage d'augmenter avec le réchauffement de l'atmosphère terrestre, augmentant ainsi la probabilité de nuages et de précipitations, ce qui en fait l'une des conséquences directes de réchauffement climatique.

#### ➤ Le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) :

Le dioxyde de carbone est libéré dans l'atmosphère par des processus naturels tels que ; la respiration, les éruptions volcaniques ou par des activités humaines, comme la déforestation, et la combustibles fossiles brûlants, les humains ont causé une augmentation de 47% de la concentration de dioxyde de carbone atmosphérique, provoquant un changement climatique à long terme.

#### ➤ Méthane(CH<sub>4</sub>) :

Il s'agit d'un gaz d'hydrocarbures produit à partir de sources naturelles et d'activités humaines, comme la dégradation des déchets, résultant aussi de l'agriculture, la digestion de la nourriture réalisée par les animaux dépendants et la dégradation des résidus organiques des animaux. Le méthane est plus influent en tant que gaz chaud que le dioxyde de carbone, mais il est disponible avec moins de concentration dans l'atmosphère.

#### ➤ Oxyde d'azote (NO) :

L'oxyde d'azote est produit à partir de certaines pratiques, comme l'utilisation d'engrais industriels et organiques en agriculture, des combustibles fossiles brûlants, le processus de production d'acide nitrique et d'autres sources. L'oxyde d'azote est connu comme un puissant gaz à effet de serre.

#### ➤ Les chlorofluorocarbones (CFC) :

Les chlorofluorocarbones (CFC) sont des composés synthétiques utilisés dans de nombreuses applications, leur production et leur rejet dans l'atmosphère ont été empêchés et déterminés par une convention internationale en raison de leur effet dévastateur sur la couche d'ozone, et parce qu'ils sont également des gaz à effet de serre. (Murat Suner ,2019) ;

### **1.3. Impacts des changements climatiques :**

Selon le rapport du GIEC (2001), l'impact du changement climatique désigne les conséquences sur les systèmes naturels et humains des événements météorologiques et climatiques extrêmes. Les impacts désignent généralement les conséquences sur les vies, les moyens de subsistance, la santé, les écosystèmes, les économies, les sociétés, les cultures, les services et les infrastructures dues au changement climatique ou des événements climatiques dangereux, se produisant à une période donnée.

#### **1.3.1. Les impacts en général :**

Il est scientifiquement impossible d'attribuer chaque événement météorologique au changement climatique actuel ; cependant, à partir de données statistiques, il est possible de prouver que le réchauffement climatique augmentera la possibilité d'événements météorologiques extrêmes.

Les conséquences directes du changement climatique causé par les activités humaines sont les suivantes :

- La température maximale augmente ;
- Élévation de température minimale ;
- Le niveau de la mer monte ;
- La hausse de la température des océans ;
- Augmentation des précipitations (fortes pluies et grêle) ;
- Retrait et fonte des glaciers ;
- Dégel du permafrost ;

Les conséquences indirectes du changement climatique qui affectent directement la population et l'environnement sont les suivantes :

- Les crises alimentaires et hydriques se sont multipliées, notamment dans les pays en développement ;
- Risques sanitaires dus à la hausse des températures et aux canicules ;
- Conséquences économiques pour l'élimination des conséquences climatiques ;
- La propagation des parasites et des maladies ;
- Perte de la biodiversité en raison de la capacité et de la vitesse d'adaptation limitées de la faune et de la flore ;

- À mesure que la concentration de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) augmente, la forte concentration de bicarbonate (HCO<sub>3</sub>) dans l'eau provoque une acidification des océans ;
- Nécessité d'agir dans tous les secteurs (tels que l'agriculture, la foresterie, l'énergie, les infrastructures, le tourisme, etc.) ;

Étant donné que le climat mondial est un système énorme et interconnecté affecté par de nombreux facteurs, ses effets secondaires peuvent être positifs ou négatifs. Lorsque certaines conditions se présenteront, ces développements deviendront plus puissants. Par exemple, on peut nommer l'effet albédo de la glace, qui est lié à la fonte de la calotte glaciaire. De vastes étendues de glace refroidissent le climat car elles reflètent une plus grande proportion de rayonnement.

Cependant, la hausse des températures moyennes mondiales a fait fondre et rétrécir ces surfaces de glace. En conséquence, le rayonnement infrarouge diminue. Dans le même temps, les surfaces terrestres ou les océans à albédo relativement faible ont augmenté. Par conséquent, ils réfléchissent moins de rayonnement et renforcent l'origine de la fonte des glaces. De plus, les scientifiques peuvent déduire le point critique de chaque partie du système climatique mondial. Plus la température mondiale augmente, plus la menace pour le système climatique est grande. Malgré tous nos efforts, à un moment donné, il est impossible de remonter dans le temps. Ces points critiques sont encore difficiles à définir, et leurs calculs sont encore très incertains. Nous prévoyons qu'il y aura des circonstances entourant la fonte des calottes glaciaires ou la stabilité des principaux courants océaniques. (<https://www.myclimate.org>)

### **1.3.2. Les effets globaux attendus :**

Le deuxième volume du cinquième rapport d'impact du GIEC publié le 31 mars 2014 a attiré notre attention sur les principaux impacts mondiaux du changement climatique. Ainsi, les événements potentiels attendus sont les suivants, calculés en moyenne annuelle :

- Hausse du niveau de la mer de 26 à 82 cm en 2100, si la fonte récente des glaciers, mesurée mais non intégrée par les modèles actuels, se poursuit ;
- Certaines zones côtières sont inondées, comme les deltas où vivent des centaines de millions de personnes ;
- Les glaciers de montagne, le Groenland, l'Antarctique et la banquise arctique ont fondu et la couverture neigeuse a diminué ;

- Augmentation des événements météorologiques extrêmes (canicules, fortes pluies, sécheresse, montée des eaux accompagnant les tempêtes, etc.) ;
- Le déclin des ressources en eau douce et de la production agricole dans certaines des régions les plus vulnérables d'Afrique et d'Asie peut conduire à des crises alimentaires et à une aggravation de la pauvreté ;
- Augmentation de certaines allergies et maladies vectorielles (paludisme, fièvre jaune, dengue, etc.) ;
- la diminution de la production mondiale de denrées alimentaires, la baisse des rendements agricoles mondiaux de 2% par décennie en moyenne au cours du 21<sup>ème</sup> siècle ;
- Si la température augmente de 2,5°C, la perte économique représentera 0,2% à 2% des revenus de tous les secteurs du monde ; ces valeurs devraient augmenter progressivement à mesure que la température augmente. (Cyrielle Denhartigh ; 2014)

## 2. Effets du CC sur la production agricole : Revue de littérature

Les effets potentiels du changement climatique sur l'agriculture sont très incertains. Le grand nombre d'études menées ces dernières années apparaît dans de nombreux endroits différents à travers le monde, où il y a des conclusions fortes sur l'ampleur et la direction de l'impact pour chaque pays ou région. Lorsqu'il y a un consensus clair, il semble souvent que cela ne se produise que parce qu'une ou deux études ont été menées en utilisant un seul scénario climatique. Beaucoup de ces études se sont concentrées sur des scénarios obtenus pour doubler le dioxyde de carbone (2xCO<sub>2</sub>) avec un Modèle de Circulation Générale équilibré (GCM). Ces conditions ne décrivent pas la diversité des conditions climatiques qu'une région particulière connaîtra à la suite des changements futurs du climat actuel.

Les changements climatiques futurs potentiels sont également plus incertains en raison du rôle récemment reconnu des aérosols sulfuriques qui pourraient partiellement compenser le réchauffement attendu des concentrations plus élevées de dioxyde de carbone, de méthane, d'oxyde nitreux et d'autres gaz dans les effets actifs des rayonnements. Une variation spatiale significative des concentrations d'aérosols de sulfate signifie que le rythme régional du changement climatique peut être très différent de ceux simulés uniquement sur la base d'une augmentation du CO<sub>2</sub>. Le court âge des aérosols atmosphériques (quelques jours) signifie que si l'utilisation de charbon riche en soufre augmente en Chine et en Inde ou si les efforts pour contrôler les émissions de soufre aux États-Unis ou en Europe augmentent, le rythme spatial

du changement climatique peut changer considérablement dans un laps de temps relativement court en raison des changements causés par l'impact des aérosols sur le refroidissement.

Différentes méthodologies d'impact produisent également des résultats significativement différents dans les effets directs du changement climatique sur les rendements des cultures et la production agricole, même en examinant des scénarios pour la région elle-même dans le même climat. Les fondements de l'environnement socio-économique, de la technologie agricole et des ressources naturelles changeront profondément au cours des 100 prochaines années si l'agriculture est réalisée ou ne parvient pas à relever les nombreux défis liés à l'alimentation de la population mondiale croissante.

Les études d'impact concluent fortement que les changements climatiques peuvent modifier considérablement la productivité agricole dans presque toutes les régions. À l'heure actuelle, il est probable que la productivité diminuera considérablement dans certaines régions à haut rendement et qu'elle diminuera dans d'autres. Les régions actuellement marginalisées en bénéficieront grandement, tandis que d'autres pourraient devenir des régions improductives. Des études montrent que les rendements des cultures varient de + 20,30% ou plus dans certaines régions, tandis que d'autres subissent des pertes. La plupart des régions sont capables de prévoir les changements et doivent s'y adapter, mais les tendances actuelles sont imprévisibles, en particulier l'adaptation aux précipitations n'est pas fiable. Les données actuelles indiquent que les régions polaires, limitées par l'agriculture saisonnière à court terme, pourraient recevoir des revenus supplémentaires, tandis que les régions subtropicales et tropicales pourraient souffrir de sécheresses plus graves. Toutefois, ces conclusions générales ne peuvent servir de base à l'élaboration d'une stratégie d'adaptation agricole à long terme et les politiques doivent donc rester souples pour s'adapter à l'évolution de la situation.

Une autre question est de savoir comment l'impact des changements climatiques sur la production agricole est devenu un autre défi urgent pour l'agriculture dans le monde entier. Le changement climatique constitue-t-il une menace mineure et, dans de nombreux cas, remodelera-t-il l'économie mondiale dans le secteur agricole ? Ou si le secteur agricole est confronté à un autre défi majeur dans ses efforts pour faire face à la croissance démographique et à la dégradation des ressources, • Les ressources disponibles sont-elles plus limitées et la capacité technique d'utiliser les terres et les ressources en eau existantes pour accroître la production est-elle épuisée ?

Il est utile de positionner certaines projections d'une agriculture sous 2xCO<sub>2</sub> dans le contexte d'autres projections du futur. Si nous acceptons les tendances démographiques à long terme, l'ajout absolu le plus grand à la population mondiale aura lieu au cours de la décennie des années 1990, la croissance ayant déjà ralenti depuis les années 1950 et 1960. D'ici le temps où les scénarios de climat 2xCO<sub>2</sub> devraient se réaliser (aux environs de 2100 ou plus tard), la population du monde se sera stabilisée et la recherche agronomique ne sera plus confrontée au défi d'accroître la productivité pour soutenir une population en croissance.

Il est donc nécessaire d'analyser comment le changement climatique changera plus spécifiquement dans les 10, 20 ou 30 prochaines années plutôt que dans les 100 prochaines années. C'est aussi un avertissement contre le fait de ne pas répondre aux besoins immédiats de l'agriculture : nourrir une population croissante, dont environ 740 millions de personnes souffrent actuellement de la faim et de la malnutrition, tout en maintenant la productivité des ressources agricoles de base et en répondant aux demandes de celles-ci pour minimiser les dommages environnementaux.

### **2.1. Les méthodologies d'évaluation des impacts :**

Les changements climatiques posent un défi aux chercheurs qui tentent de quantifier leurs effets en raison de l'ampleur globale des effets potentiels, de la diversité des systèmes agricoles à long terme sur plusieurs décennies. Les conditions climatiques, pédologiques et socio-économiques varient largement à travers le monde. Chaque culture ayant sa propre tolérance et un meilleur climat, et les modèles agricoles mondiaux ne permettent pas de saisir les détails des réactions. À l'heure actuelle, l'accès aux données géo-taxonomiques nécessaires constitue un obstacle majeur, plutôt que la capacité fondamentale de calculer ou de comprendre la réponse des cultures au climat. Les réponses détaillées de la végétation nécessitent une évaluation complète de l'évaluation régionale. En général, l'analyse quantitative exige des compromis au niveau régional.

Il existe deux méthodes de base pour évaluer la réponse des cultures et des agriculteurs aux changements climatiques.

- La modélisation structurelle de la réponse agronomique des plantes et les décisions de gestion économique des agriculteurs sur base de spécifications théoriques et d'une évidence expérimentale contrôlée ;

- la dépendance de la réponse observée des cultures et des agriculteurs aux variations de climat.

Dans la première approche, il est nécessaire de disposer d'une structure et de détails suffisants pour représenter des cultures et des variétés particulières, et les réactions de ces cultures et variétés aux différentes situations sont connues grâce à une expérience détaillée de la gestion et à des détails similaires. Les exploitations agricoles permettent de simuler directement les opérations sur le terrain, le choix des cultures et la façon dont ces décisions influentes sur les coûts et les revenus. L'objectif initial était de mieux faire connaître la croissance des cultures et la gestion agricole. En ce qui concerne le modèle représentatif de gestion agricole, il peut fournir aux agriculteurs des conseils normatifs qui diffèrent des résultats du modèle de maximisation des bénéfices (ou de minimisation des coûts). Cela a une certaine importance pour les agriculteurs sur la façon d'améliorer la performance de la gestion agricole. Dans les deux cas, les descriptions idéales des processus agricoles et des exploitations ont tendance à produire des résultats très différents de ceux de l'expérience actuelle des exploitations dans des conditions réelles. Les agriculteurs ne travaillent pas pour maximiser leurs profits (ce qui peut améliorer leurs performances) ou. En justification le modèle ne tient pas compte de certains facteurs perçus par les agriculteurs, tels que les risques ou l'absence de solutions de rechange à l'emploi immédiat. Compte tenu de la nature idéale de ces modèles, de nombreux analystes estiment qu'ils fournissent des preuves de production potentielle ou de rentabilité et que l'inclusion des changements climatiques dans ces modèles aidera à estimer les changements. Par conséquent, l'utilisation de ces résultats comme indicateurs de l'impact réel du changement climatique sur l'agriculture repose sur l'hypothèse que les changements potentiels sont de nombreux changements réels. Dans l'analyse intégrée, compte tenu de la complexité du modèle et de la nécessité d'au moins 10 ans d'information détaillée, il est nécessaire de relativement peu d'endroits et de systèmes de production végétale sont grands et variés.

Il en va de même pour **Leemans et Solomon (1993)**. Ils ont choisi la méthode la plus simple pour décrire l'interaction entre la culture et le climat, mais elle reste liée aux caractéristiques agricoles de base de la croissance de la culture, à savoir la température et les précipitations. Les conditions climatiques requises (température moyenne mensuelle et

précipitations) peuvent être appliquées à un modèle de culture avec une latitude et une longitude de  $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ .

La deuxième méthode consiste à faire des estimations préliminaires des impacts possibles, fondées sur les réactions observées aux cultures et aux agriculteurs, le plus simple étant la surveillance des limites climatiques des cultures existantes et la redéfinition des limites climatiques. Concevoir ces limites pour prévoir les changements climatiques (par ex., **Rosenzweig, 1985**). De même, les chercheurs ont effectué une analyse statistique des données provenant de différentes régions géographiques afin de séparer le climat d'autres facteurs tels que la qualité des sols et les conditions économiques et d'expliquer les différences de production entre les différentes régions. Évaluer les effets potentiels des changements climatiques sur l'agriculture (p. ex., **Mendelson et al ; 1994**). Les données reflètent la façon dont les agriculteurs travaillent dans des conditions économiques et la façon dont ils réagissent aux cultures effectivement cultivées dans des conditions économiques. À cet égard, des travaux récents ont utilisé de très petits modèles formels (p. ex., **Mendelson et al, 1994**). Bien qu'il puisse estimer des modèles structurels plus détaillés. **Darwin et al. (1995)** utilisent des preuves à partir de variations géographiques du climat dans un modèle global, en allouant la production et l'usage d'intrants à des classes de sols déterminées climatiquement sur base des modes actuels de production. Les impacts du changement de climat sont alors simulés en altérant la distribution des classes de sols et en supposant que, quand une classe de sols change dans une région, son niveau sous-jacent de production se transforme en celui de la nouvelle classe de sols.

Méthode de **Darwin et al. (1995)** dans l'économie mondiale, la productivité agricole de base d'une catégorie de sols est décrite à l'aide d'un modèle d'équilibre général calculable, de sorte que le rendement actuel d'une région ou d'une catégorie de sols dépend des prix. Le modèle tient également compte des interactions avec d'autres secteurs de l'économie, en mettant l'accent sur les secteurs de l'eau et de la concurrence foncière. Compte tenu des effets initiaux du climat sur la productivité décrits par **Fischer et al. (1994)**, **Riley et al. (1994)** et **Adams et al. (1988)** Il existe plusieurs façons d'introduire ce type de chocs dans divers modèles économiques afin de produire des estimations des effets du marché et d'amener la production à de nouveaux prix d'équilibre.

L'avantage de ces approches est que les cultures et les réactions des agriculteurs sont basées sur les conditions d'exploitation actuelles et non sur des scénarios de culture idéaux et des méthodes de réaction des agriculteurs, qui dépendent de leur exactitude. Méthodes d'expression de l'influence de la productivité sur l'efficacité du contrôle d'autres facteurs tels que la qualité du sol. Ces dernières considérations indiquent que ces méthodes permettent de déterminer une réponse équilibrée à long terme aux changements climatiques et qu'elles ne tiennent peut-être pas compte des coûts d'adaptation liés aux changements des cultures. Nouvelles pratiques de production.

## **2.2. Estimations de la réponse des cultures pour différentes régions du monde :**

Le tableau 1 résume les résultats d'un grand nombre d'études sur les effets potentiels des changements climatiques sur les cultures, bien qu'il ne précise pas la portée, la méthodologie et les scénarios d'évaluation spécifiques de l'étude. La conclusion générale de l'étude mondiale selon laquelle, dans une certaine mesure, les tropiques subiraient les effets négatifs les plus graves est appuyée par le tableau. Les effets négatifs sont importants en Amérique latine et en Afrique, mais peu de recherches ont été menées dans ces domaines en Europe, aux États-Unis et au Canada, ainsi qu'en Asie, y compris en Chine. Dans la région du Pacifique, d'autres études ont été menées et ont généralement donné des résultats négatifs importants (-60 à -70%, ou échec cultural complet) jusqu'à des hausses de rendements potentiels tout aussi grandes.

Les grandes estimations sont dues à plusieurs facteurs encore inexplicés. Les différences entre les scénarios climatiques sont importantes et peuvent produire un large éventail d'effets, même si des méthodes identiques sont appliquées pour les mêmes régions. Une étude sur l'impact potentiel des rendements du riz, réalisée pour la plupart des pays d'Asie du Sud et du Sud-Est, ainsi que pour la Chine, le Japon et la Corée, a trouvé une série de changements de rendement de -3 à 28% pour l'Inde, de +2 à +27% pour la Malaisie, de -14 à +14% pour les Philippines et de -18 à -4% pour la Chine continentale (Matthews et al., 1994a, b) selon le scénario climatique utilisé : GISS, GFDL ou UKMO

Les impacts d'un site à l'autre peuvent varier considérablement d'une région. Donc, combien et quels sites sont choisis pour représenter une région et comment les estimations

spécifiques au site sont agrégées sont des questions qui peuvent avoir des effets importants sur les résultats. Des études pour les États-Unis et le Canada démontrent le large éventail d'impacts entre les sites où la perte totale ou presque totale des cultures est projetée chaque année pour le blé et le soja à un site aux États-Unis (Rosenzweig et al, 1994), mais avec des augmentations du rendement du blé de 180 à 230 % pour d'autres sites aux États-Unis et au Canada (Rosenzweig et al, 1994 ; Brklacich et coll., 1994 ; Brklacich et Smit, 1992).

Si et comment les changements dans une variété de culture sont spécifiés dans une étude peut avoir un impact important. Des études sur la réponse du blé en Australie ont montré des impacts compris entre -34 et +65 % pour le même scénario climatique et le même site, selon la spécification du cultivar connu et habituellement cultivé dans le modèle de culture (Wang et al ; 1992).

De même, Matthews *et al.* (1994a, b) ont conclu que de graves pertes de rendement en riz en Asie du Sud, du Sud-Est et de l'Est étaient dues dans de nombreux scénarios à l'effet d'un seuil de température qui causait la stérilité des épillets, mais que la variation génétique par rapport à ce seuil offrirait probablement une occasion importante de changer de variété à mesure que la température augmente. Par conséquent, une évaluation d'impact qui spécifie étroitement une variété de culture génère probablement un impact estimé très différent d'une analyse qui spécifie les réponses basées sur la variation génétique des cultivars existants. Certaines études ont tenté d'évaluer comment la production de cultures futures peut modifier l'étendue des variabilités génétique des variétés futures (Easterling *et al.*, 1993).

Enfin, le nombre estimé d'adaptations à entreprendre par les agriculteurs varie. Les points de vue fondamentaux sur la façon dont le secteur agricole réagit aux conditions du changement (de tout type) façonnent le choix de l'approche méthodologique. Et ces approches méthodologiques peuvent apparemment donner des estimations d'impact très différentes. Pour certains analystes, la perspective que les agriculteurs ne changeront pas de variétés de cultures au cours des 100 prochaines années à mesure que le climat, la technologie, les prix et d'autres facteurs changent, est si lointaine qu'ils ont choisi de dépeindre les changements variés comme une réponse essentiellement autonome du secteur agricole. D'autres analystes ont choisi des caractéristiques plus spécifiques des variétés de cultures, même en considérant que

le changement de variétés n'est ni automatique ni gratuit. Par exemple, les différentes variétés de blé produisent des farines aux caractéristiques différentes et les pratiques culturales pour cultiver le blé de printemps ou d'hiver diffèrent. De même, des études d'impacts sur la production de riz japonais estiment des impacts négatifs dans les parties méridionales du pays à cause des tolérances climatiques du riz Japonica qui est préféré aux variétés Indica au Japon (Seino, 1993).

**Tableau 1 : Rendement régional de cultures sur base de climats GCM en équilibre avec un doublement du CO<sub>2</sub> (2xCO<sub>2</sub>)**

Région	Culture	Impact sur rendement (%)	Pays étudiés/commentaires
Amérique latine	maïs	-61 à la hausse	Argentine, Brésil, Chili, Mexique. La gamme est donnée pour différents scénarios du GCM, avec et sans effet du CO <sub>2</sub>
	Blé	-50 à -5	Argentine Uruguay, Brésil. La gamme correspond à différents scénarios du GCM, avec et sans effet du CO <sub>2</sub>
	soja	-10 à +40	Brésil. La gamme correspond à différents scénarios du GCM, avec effet du CO <sub>2</sub>
Ex-URSS	blé grain	-19 à +41 -14 à +13	La gamme est donnée pour différents scénarios du GCM et régions, avec l'effet du CO <sub>2</sub>
Europe	maïs	-30 à la hausse	France, Espagne, Europe du Nord. Avec adaptation, effet du CO <sub>2</sub> Plus longue saison culturale; perte d'efficacité d'irrigation; décalage vers le nord.
	blé	hausse ou baisse	France, Royaume-Uni, Europe du Nord avec adaptation, effet du CO <sub>2</sub>
	légumes	hausse	Plus longue saison: décalage vers le nord, plus grands dégâts dus aux ennemis des cultures moins de risque d'échecs dans les cultures
Amérique du Nord	maïs blé	-55 à +62 -100 à +234	Etats-Unis d'Amérique et Canada. La gamme comprend divers scénarios du GCM et sites avec/sans effet du CO <sub>2</sub>
	soja	-96 à +58	Etats-Unis d'Amérique. Impact moins sévère ou augmentation de rendement quand l'effet du CO <sub>2</sub> et l'adaptation sont considérés
Afrique	maïs	-65 à +6	Egypte, Kenya, Afrique du Sud, Zimbabwe. Avec effet du CO <sub>2</sub> ; la gamme porte sur différents sites et scénarios de climats.
	millet	-79 à -63	Sénégal. La capacité de charge est tombée à 11-38%.
	biomasse	baisse	Afrique du Sud; décalage des zones agricoles.
Asie du Sud	riz	-22 à +28	Bangladesh, Inde Philippines, Thaïlande, Indonésie
	maïs	-65 à -10	Malaisie, Myanmar. Gamme sur différents scénarios
	blé	-61 à +67	du GCM, et sites; avec effet du CO <sub>2</sub> ; certaines études prennent en compte l'adaptation.
Chine Continentale et Taiwan	riz	-78 à +28	Inclus le riz pluvial et irrigué. Effets positifs au NE et NW de la Chine, négatif dans la plus grande partie du pays. La variation génétique fournit les possibilités pour l'adaptation
Asie (reste) et la ceinture pacifique	riz	-45 à +30	Japon et Corée du Sud. La gamme comprend les différents scénarios du GCM. Généralement positive au Nord du Japon; négative au Sud.
	pâture	-1 à +35	Australie et Nouvelle Zélande. Variation régionale.
	blé	-41 à +65	Australie et Japon. Large variation, dépendant du type de cultivar

Source : Reilly et al. (1996)

Les différences entre simplement supposer ou non que l'agriculteur adoptera la variété la plus appropriée sont grandes, mais ces différences sont potentiellement amplifiées plusieurs fois parce que la série d'adaptations potentielles est large, certaines nécessitant une reconnaissance, une action et un investissement plus spécifiques de la part des agriculteurs. Comment choisissent-ils une date de plantation - planté à la même période chaque année sans se soucier des conditions climatiques ou planter lorsque les températures du sol sont suffisantes pour la croissance des cultures, lorsque la saison des pluies commence ou lorsque les champs peuvent être préparés ? Si la décision dépend en partie des conditions météorologiques, le processus de prise de décision à la ferme conduira à un certain degré d'adaptation autonome au changement climatique. De même, les changements dans les pratiques de travail du sol et d'irrigation, les plans de rotation des cultures, les traitements des cultures et les récoltes de cultures qui sont

susceptibles d'avoir lieu au cours des 100 prochaines années en raison de nombreux facteurs reflèteront-ils des changements climatiques simultanés ou les agriculteurs seront-ils incapables de détecter le changement climatique et ne parviendront donc pas à adapter ces systèmes, devenant ou restant mal adaptés aux conditions climatiques locales? S'ils s'adaptent aux conditions actuelles (mais ne peuvent pas regarder l'avenir avec confiance), dans quelle mesure leurs investissements à long terme seront-ils insuffisants après 3, 5, 10 ou 20 ans de changement climatique continu ?

### **2.3. Les études globales et leurs implications dans les effets régionaux :**

Le problème exact de l'approvisionnement alimentaire national et local et de leurs impacts économiques dépend de l'estimation de l'évolution de l'offre et des prix globaux des denrées alimentaires. En 1988, par exemple, la sécheresse représentait une menace plus grande parce qu'elle se produisait simultanément dans bon nombre des principales régions productrices de céréales du monde Reilly *et al.* (1994) démontrent que de considérer les impacts de production au niveau d'un pays sans tenir compte des impacts globaux peut générer des résultats hautement trompeurs.

Si les prix agricoles mondiaux augmentent en raison du changement climatique, les pays exportateurs de produits agricoles dont la productivité a chuté en raison du changement climatique pourraient bénéficier d'une prospérité financière. Ces mêmes pays pourraient subir une perte économique importante si le changement de climat devenait généralement bénéfique à l'agriculture mondiale même si la productivité agricole de leur pays en bénéficie. Cette caractéristique de l'économie agricole est bien connue, bref, elle reflète l'inélasticité de la demande alimentaire. Ce sujet est l'observation de base des économistes ruraux. Cela signifie qu'il n'y a absolument aucun moyen de déduire un impact sur l'approvisionnement alimentaire, les prix ou la réussite financière des exploitations à partir d'estimations locales et nationales de l'impact du changement climatique sur la production sans supposer que les modifications de production dans le monde vont généralement s'équilibrer pour laisser peu d'impact sur la production et les prix globaux. Un pays peut essayer d'adopter une série de politiques pour maintenir une influence neutre sur son secteur agricole par rapport au reste du monde, mais le maintien de ces politiques entraînera généralement des coûts économiques énormes ou des

contrôles des importations et des exportations en subventionnant la production agricole nationale et/ou consommation. Il y a de nombreuses voies pour supporter ces coûts (des prix alimentaires plus élevés, les dépenses gouvernementales, une perte d'efficacité dans le secteur de production, une perte d'opportunités à l'exportation) en fonction de la structuration des politiques.

Il existe de nombreuses tentatives pour estimer l'impact du changement climatique sur l'agriculture mondiale. Il s'agit en partie d'examiner la question de l'impact mondial, mais il est plus important de considérer avec plus de précision ce que peut être les impacts régionaux. Reconnaître que l'impact du changement climatique sur l'agriculture mondiale peut être plus important pour la viabilité et le succès économique de l'agriculture locale que l'impact sur le potentiel de production local lui-même. Kane et al. (1992) et Tobey et al. (1992) ont étudié la sensibilité de la perte potentielle de rendement de l'agriculture dans les principales zones de production céréalière tempérées aux effets très stylisés du changement climatique. Ils relient vaguement la possibilité d'une perte de rendement dans les régions tempérées aux prévisions climatiques montrant une augmentation de la sécheresse dans les latitudes moyennes continentales.

Ils firent des hypothèses différentes sur l'impact possible sur l'agriculture dans les hautes latitudes plus hautes et sous les tropiques. Ils ont également développé des scénarios qui reflètent l'impact de la production estimée dans différentes parties du monde, qui ont été résumés dans l'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) de 1990 (Parry et al, 1990). Les estimations des réponses du rendement utilisées par Rosenzweig et Parry (1994) ont également aussi rapportées par Fisher et al. Servirent également de base aux recherches de Reilly et al. (1994) et des informations détaillées de Reilly et al. (1993). De nombreuses conclusions générales entre les études sont similaires, ce qui montre que, compte tenu d'un ensemble de chocs de rendement, la modélisation économique du marché international lui-même n'est pas la principale source de différence de résultats, même s'il existe des différences significatives dans les méthodes de modélisation.

Au lieu de cela, ces différentes méthodes de modélisation économique mettent l'accent sur les différents aspects et niveaux de détail dans l'interaction entre les cultures, le bétail, l'utilisation des terres et d'autres parties de l'économie dans l'économie rurale.

Les principaux points qui causent des incertitudes dans ces études comprennent les facteurs suivants :

1. Le processus d'anticipation du changement climatique. Par exemple, Rosenzweig et Parry (1994) supposent que le scénario 4-5°C se produira en 2060, mais les derniers travaux du GIEC montrent que l'estimation moyenne pour 2060 est plus proche de 1,5°C, et que la gamme des impacts globaux de température d'ici 2100 serait vraisemblablement entre 1 et 5°C.

2. Agrégation à partir de sites détaillés. Les modèles détaillés de croissance des plantes qui sont à la base de nombreuses études, nécessitant des enregistrements quotidiens de la température et des précipitations sur 10 à 30 ans d'histoire climatique, ainsi que des données détaillées sur les sols. Cela limite le nombre de sites pour lesquels les données sont facilement disponibles et qui peuvent être évaluées dans la pratique. Une approche alternative (Leemans et Solomon, 1993 ; Carter et al, 1991) utilise des bases de données de systèmes d'informations géographiques (SIG) qui contiennent des informations plus larges sur les climats actuels dans le monde. Les résultats confirment la contraction rapide du potentiel des cultures relativement diminué dans les tropiques et le potentiel accru dans les régions nordiques, mais n'ont pas été combinés pour déterminer l'impact net global.

3. Couvrant les activités agricoles. La simulation des modèles de reposes des cultures s'est limitée à quelques cultures majeures dans chaque région, généralement de grandes céréales dont les effets s'étendent à d'autres cultures. Restés de côté sont les impacts indirects du changement de climat comme les impacts sur les insectes, la maladie et les ennemis des mauvaises herbes ; sur les sols ; et sur l'élevage. Mendelsohn et al. (1994) soulignent que leur approche statistique prend en compte toutes les activités agricoles, et donc tous les effets du climat.

4. Des changements dans d'autres ressources et concurrence pour les ressources avec d'autres secteurs. L'allocation des ressources en terres et en eaux est une contrainte évidente dans les études mondiales. La demande d'eau pour d'autres utilisations augmentera, l'utilisation de l'eau aura peut-être atteint ou dépassé des niveaux d'utilisation durables dans certaines régions, l'irrigation est responsable de la salinité et de la dégradation des terres, les prix de l'eau et la gestion des systèmes hydrauliques sont loin d'être efficaces dans les circonstances ac-

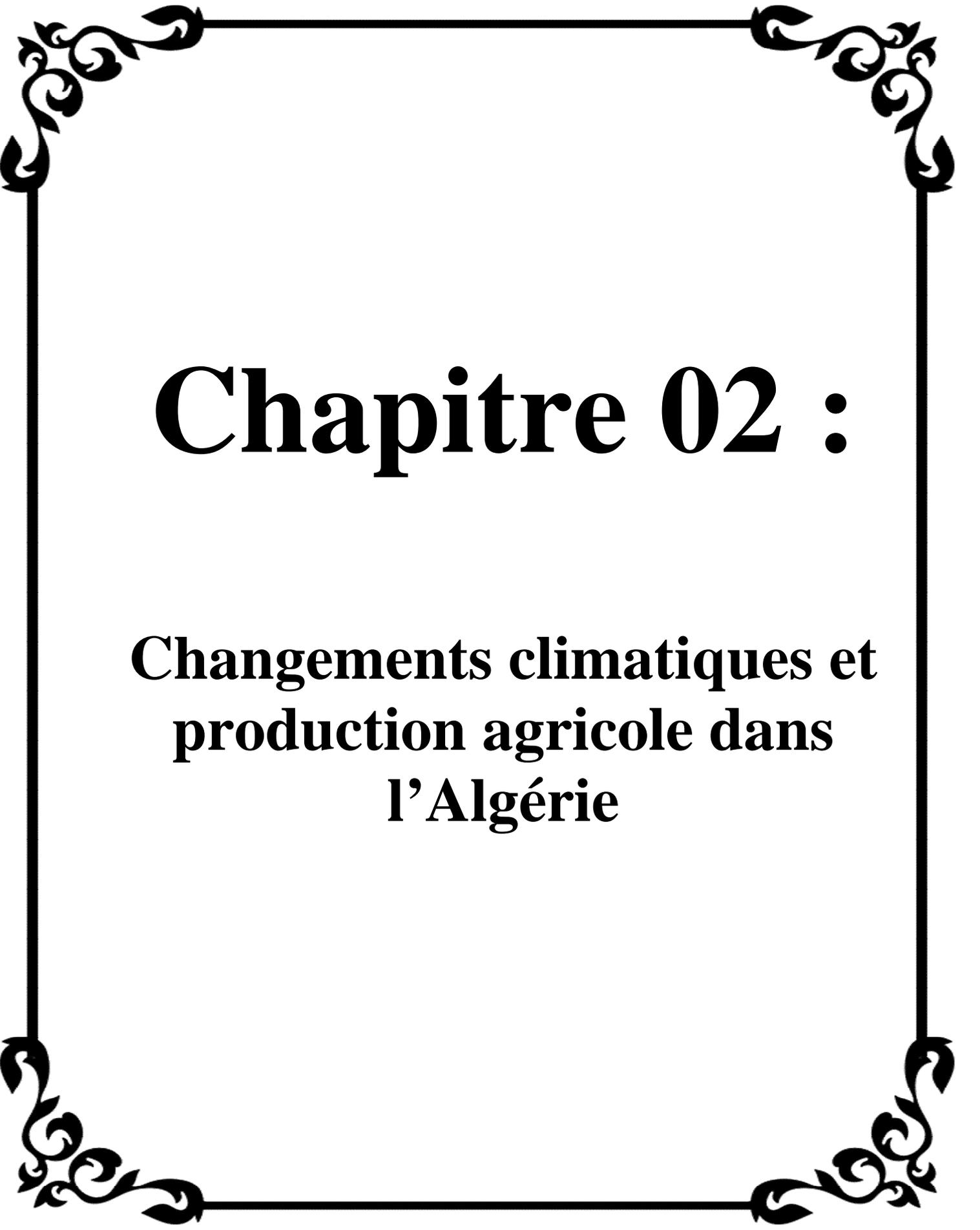
tuelles (par ex., Umali, 1993 ; Moore, 1991). Le changement climatique affectera également la demande de ressources d'autres secteurs.

L'étude menée par Darwin et al. (1995) rencontre nombre de ces considérations dans un modèle global qui couvre huit régions du monde. Dans un modèle Appliqué d'Equilibre Général Calculable (Applied Computable General Equilibrium : ACGE), les modifications des terres et des ressources climatiques sont basées sur un système d'informations géographiques et le climat en changeant modifie la distribution des terres en plusieurs classes agro-climatiques de territoires. D'autres secteurs qui utilisent des ressources en font partie et sont également touchés par le changement climatique. Le modèle est statique et impose le changement climatique sur les marchés économiques et agricoles actuels, et n'aborde donc pas directement le problème du temps.

**Conclusion :**

En somme, dans ce chapitre, nous avons vu que le phénomène du changement climatique a été au centre de l'attention du monde depuis le début du 19<sup>ème</sup> siècle, des études ont démontré que les causes du changement climatique sont naturelles et humaines, mais ces dernières sont les principales causes.

Ce phénomène à des impacts sur l'environnement et sur la vie humaine, en particulier le secteur agricole, A l'issue de l'analyse des études précédentes, nous avons pu dégager les canaux de transmission par lesquels des changements climatiques affectent le rendement agricole.



# **Chapitre 02 :**

**Changements climatiques et  
production agricole dans  
l'Algérie**

**Introduction :**

L'Algérie, qui fait partie de la côte méditerranéenne, est considérée parmi les pays en voie de développement qui sont les plus vulnérables aux changements climatiques. Consciente des effets du changement climatique sur l'activité économique, notamment agricole, l'Algérie a porté durant ces dernières années un grand intérêt à toutes les actions menées dans le cadre de lutter contre les changements climatiques en particulier dans les zones arides du pays.

À travers ce chapitre, nous présenterons :

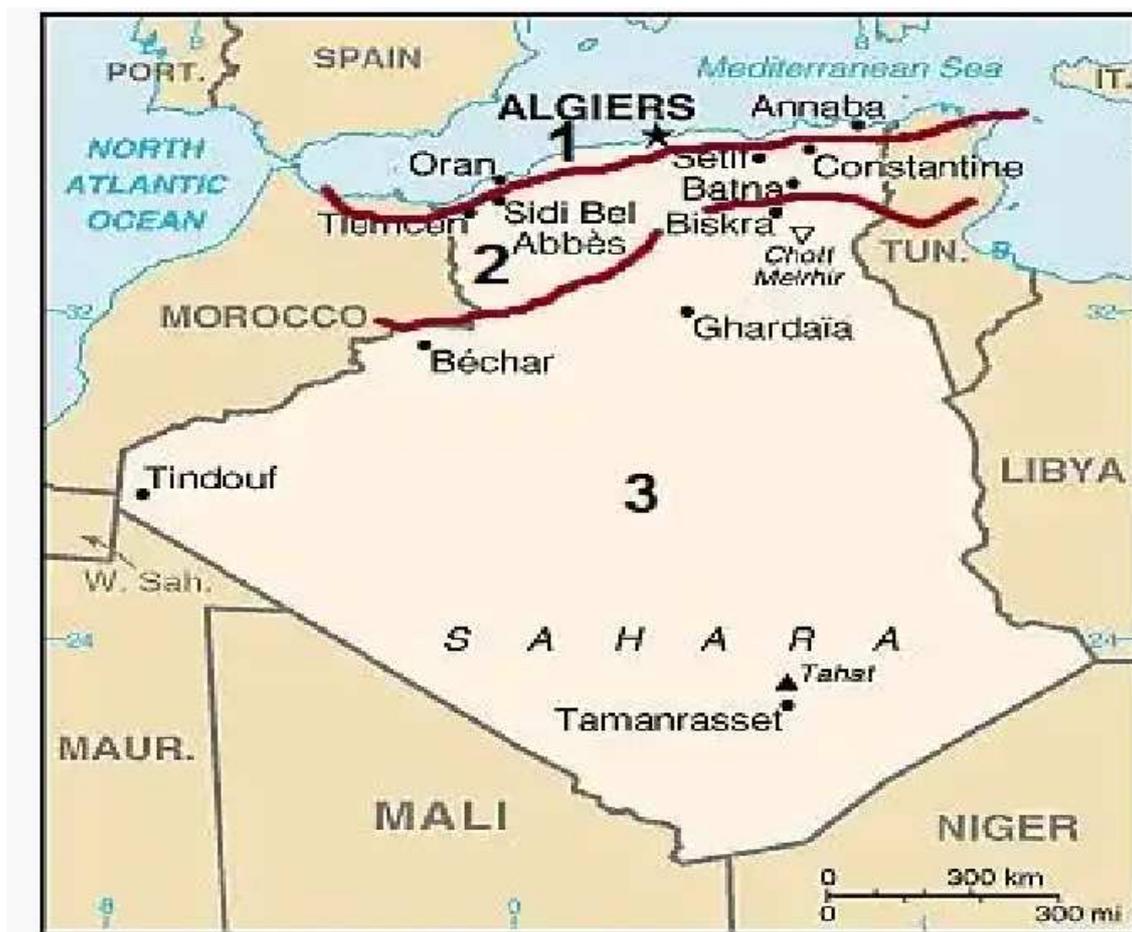
- La situation géographique de l'Algérie et son potentiel naturel utilisé dans le secteur agricole, ainsi que les effets et les impacts des changements climatiques sur ce secteur ;
- Enfin, nous aborderons également les actions menées par l'Algérie pour s'adapter et atténuer les effets du changement climatique.

**1. L'Algérie et le changement climatique :****1.1. Présentation de l'Algérie :**

L'Algérie est le plus grand pays d'Afrique. Il couvre une superficie de 2 381 700 kilomètres carrés (Km<sup>2</sup>) (La Banque Mondial, 2018). Le territoire de l'Algérie comprend trois grandes régions :

- nord-Tell à climat méditerranéen domine la zone côtière entre la Méditerranée et l'atlasse tellein. Il est caractérisé par des étés chauds et secs, des hivers pluvieux et chauds et des précipitations annuelles comprises entre 600 et 1000 mm.
- La zone centrale : Caractérisé par étés chauds et secs·hivers froids et précipitations moyennes ·la quantité de précipitations varie entre 200 et 400 mm par an. La gamme thermique s'élargit.
- Le Sud saharien : (oasis et zones arides) à climat hyper aride, le climat désertique avec une forte chaleur et une sécheresse en été, et des précipitations rares en hiver, avec des températures basses la nuit. La gamme thermique s'élargit. Voir figure 3.

Figure 3 : Carte du climat de l'Algérie



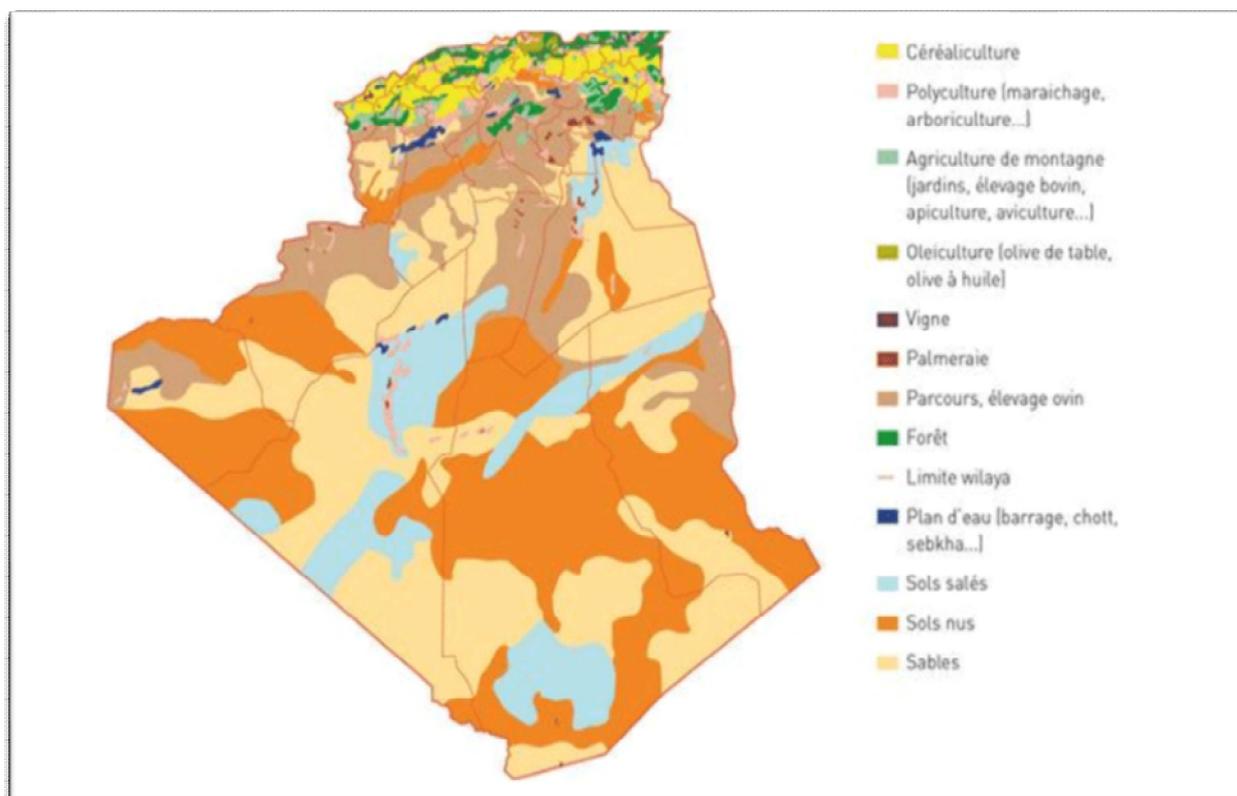
Source : <https://www.climatsetvoyages.com/climat/algerie> (21/06/2021)

**Note :** En Algérie, le plus grand pays de l'Afrique, il existe trois types de climat : **le climat méditerranéen** le long de la côte (zone 1 sur la carte), **le climat de transition** de la bande collinaire et montagneuse du nord, un peu plus continental et modérément pluvieux (zone 2), et enfin **le climat désertique** de la grande surface occupée par le Sahara (zone 3).

La surface des terres agricoles (SA) est de 20 % de la superficie totale (ST) du pays soit à peu près 41Mha, dont 8,5 Mha de surface agricole utile (SAU) soit 19,7% de la superficie agricole totale, 32 Mha de parcours et 7 Mha de forêt. La surface irriguée ne représente que 7 % de la SAU. (La Banque Mondiale ,2018).

Les principales cultures algériennes sont les céréales (33 %), l'arboriculture (6 %), les fourrages (6 %) et les cultures maraîchères (3 %). Les jachères couvrent près de la moitié de la SAU. (MAAF, 2016) (Voir figure 4)

Figure 4 : Carte agricole de l'Algérie



Source : Salon de l'élevage et de l'agroéquipement 8 au 11 octobre 2018. Alger.  
<https://www.sima-sipsa.com> (22/06/2021)

Potentialités en eau : estimées globalement à 19 milliards de m<sup>3</sup>/an, correspondant à environ 600 m<sup>3</sup>/hab/an en 2006. Ce taux passera à 500 m<sup>3</sup>/hab/an en 2020. (Ali Dekkiche, 2010)

Le PIB est de 170 milliards USD courants avec un taux de croissance en 2017 de 1,7 %, l'agriculture contribue pour 12,2 % au PIB et emploie 13 % de la population active (Banque Mondial, 2018).

Les produits principalement cultivés sont le blé et la pomme de terre. Malgré cela, l'Algérie est contrainte d'importer des quantités importantes de blé et de produits laitiers. En effet, la production agricole algérienne souffre d'un manque de moyens techniques : l'irrigation est insuffisante et la productivité est faible en raison de semences de mauvaises qualités.

Les petites exploitations agricoles dominent le secteur agricole en Algérie, selon le recensement général agricole. Tandis que 62 % de la superficie des terres arables est inférieure à 5 hectares, représentant 13 % de la SAU contre 24 % de la SAU pour les grandes exploitations. Celles-ci représentent 2% du nombre total d'exploitations agricoles en Algérie. 2,8

Mha, soit 1/3 de la SAU appartiennent à l'État. Les autorités algériennes hésitent aujourd'hui entre la vente définitive des terres étatiques et un bail emphytéotique (la location à long terme, bail de 99 ans). Il s'agit d'une vieille polémique qui n'a pas encore été résolue. (MAAF ; 2016)

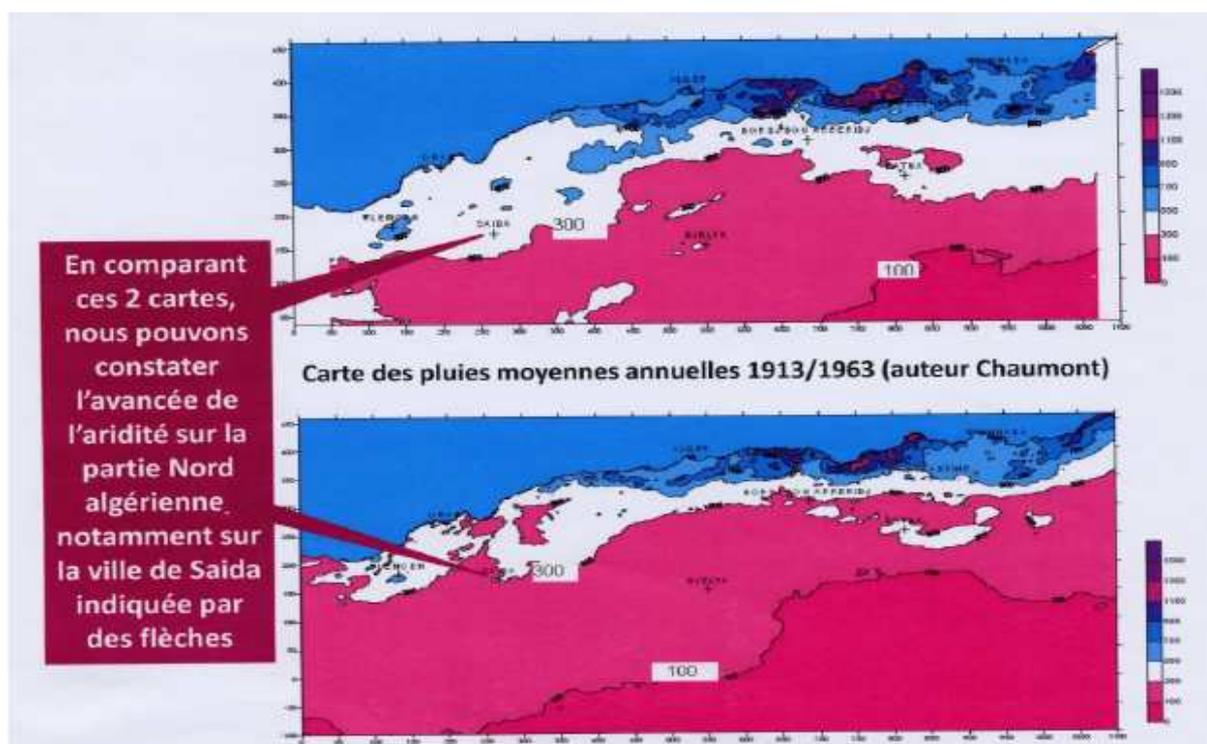
### **1.2. Réalités des changements climatiques en Algérie :**

L'Algérie est l'un des pays situés sur la côte sud méditerranéenne les plus touchés par les conséquences du changement climatique. Ceci est particulièrement important pour la partie nord du pays, une zone côtière étroite où se concentrent la plupart de la population, de la production agricole et de l'industrie. Les températures moyennes augmentent, tout comme le nombre de phénomènes météorologiques et climatiques extrêmes, tels que la sécheresse, l'érosion des sols, les incendies de forêt, les fortes pluies et les tempêtes. Dans les hautes terres et le sud, les effets de la désertification, du limon des routes, des palmeraies et des colonies sont les plus visibles. (Sahli et Amrani, 2019)

L'analyse du changement climatique au Maghreb, et plus particulièrement en Algérie, montre clairement que les effets du changement climatique deviennent plus prononcés dans le pays.

Les changements climatiques récents au Maghreb indiquent que le réchauffement climatique est supérieur à la moyenne mondiale. En effet, si à l'échelle mondiale, la hausse des températures au 20<sup>ème</sup> siècle était de 0,74 °C, alors selon les régions, la hausse des températures au Maghreb était comprise entre 1,5 et 2 °C, soit plus du double de l'augmentation. La moyenne mondiale, selon un rapport de l'Organisation météorologique mondiale (OMM), la décennie 2000-2011 a été l'une des décennies les plus chaudes jamais observées au Maghreb. Il y a également eu de nombreux phénomènes météorologiques et climatiques extrêmes (inondations, sécheresses, froids et canicules) au cours de la dernière décennie.

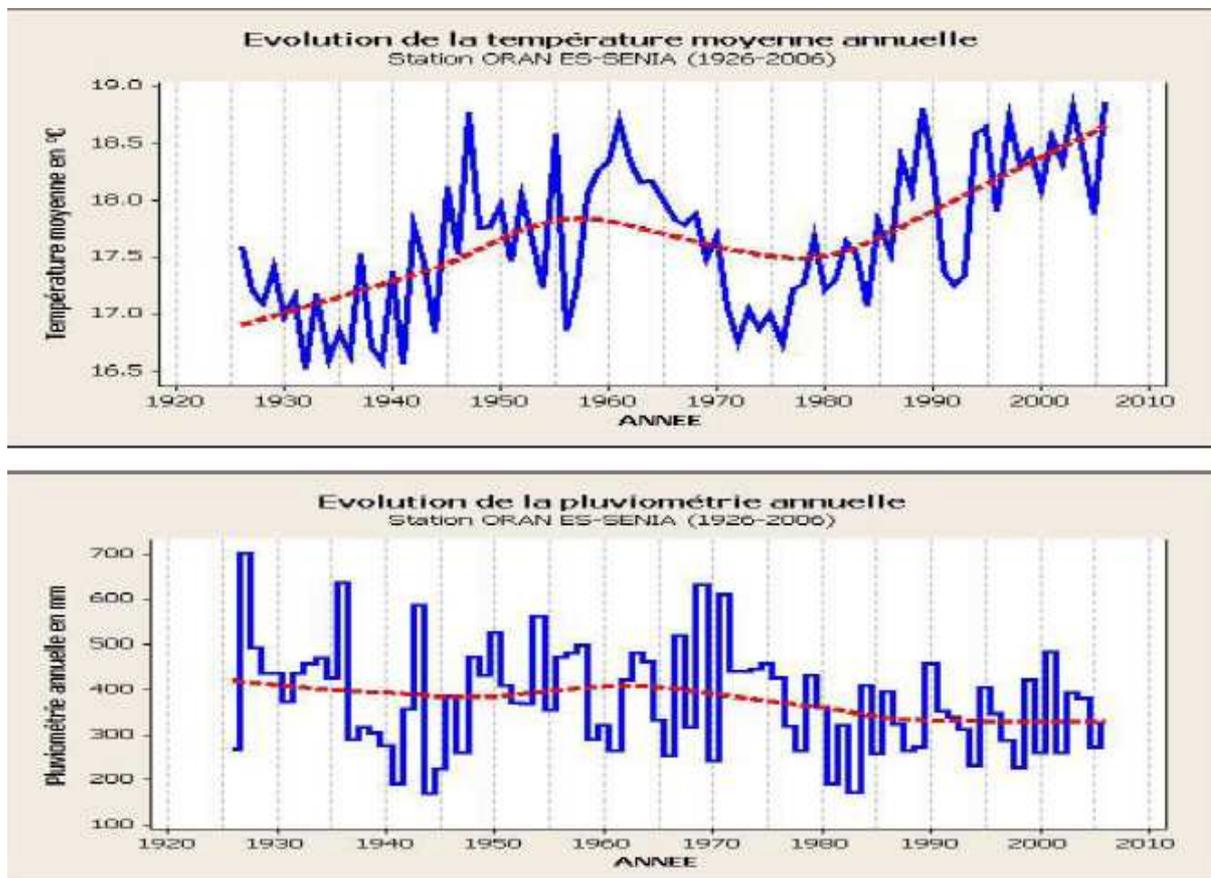
Figure 5 : Carte évolution du régime des précipitations entre 1913-1963 ET 1965-2004



Source : [http://www.anrh.dz/\(25/06/2021\)](http://www.anrh.dz/(25/06/2021))

Il existe très peu d'études sur le zonage pluviométrique en Algérie, et le seul travail documenté concerne l'ouest algérien. Dans cette région (Oranie), entre 1926 et 2006, la température a augmenté de plus de 1,5°C, et les précipitations moyennes ont enregistré une baisse de 10 à 20 % (Tabet-Aoul, 2008), comme le montre la figure 7, qui est construit à partir de la température quotidienne et des lectures de précipitations. Une étude récente sur le changement climatique dans l'ouest de l'Algérie, utilisant les données de toutes les stations météorologiques d'Oranie a montré que la sécheresse a augmenté entre 1913-1938 et 1987 - 2012, et que le bioclimat a diminué pour devenir un climat semi-aride inférieur à long terme. Et des périodes de sécheresse s'étalant sur 7 mois (Yahiaoui, 2015).

Figure 6 : évolution de la température et de la pluviométrie annuelles moyennes en Oranie



Source : Tabet-Aoual (2008)

Les régions du Nord-Ouest et du Sud-Ouest de l'Algérie seront les plus affectées avec à la fois un réchauffement important et une diminution des précipitations (ANRH<sup>6</sup>). En ce qui concerne le nord-ouest algérien, certaines études ont montré une rupture durant la décennie 1970 pour la quasi-totalité des stations et postes étudiés (Meddi, 2003) : la pluviométrie baisse et la variabilité interannuelle des pluies augmente en se rapprochant là aussi des conditions arides.

Une autre étude d'impact des changements climatiques sur les ressources en eau conduite par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (2009), basée sur l'examen de séries de données pluviométriques depuis 1900, a montré que la pluviométrie est en baisse de 40 % à l'Ouest du pays, de 30 % au Centre et de 20 % à l'Est.

<sup>6</sup> Agence nationale des ressources hydrauliques

Le climat des régions steppiques algériennes a également bien changé et on enregistre une réelle baisse des précipitations au cours de ce dernier siècle comme le montre le tableau 1.

**Tableau 2 : Baisse des précipitations (mm/an) sur les hautes plaines steppiques**

Station	1913-1930	1952-1975	1975-1990	Diminution(%)
Saida	430	419	320	25
El Kreider	208	184	166	18
Méchéria	293	310	213	27
Ain Sefra	192	194	156	20

Source : Djellouli et Nedjraoui, 1995

Toutes les recherches confirment ainsi que l'Algérie connaîtra un accroissement sévère de l'aridité qui la rendra davantage vulnérable au stress hydrique et à la désertification.

L'Algérie se trouve également de plus en plus confrontée à la recrudescence d'accidents climatiques extrêmes (tempêtes, inondations, vagues de chaleur), qui accentuent sa vulnérabilité.

Des évaluations récentes ont montré que :

- Plus de 13 millions d'hectares (ha) sont touchés par l'érosion, dont 4 millions de manière «grave» ;
- Plus de 4000 ha de terres arables sont perdus par les mêmes effets de l'érosion hydrique ;
- La perte de biodiversité et la dégradation d'écosystèmes, les mouvements de populations, ainsi que les incidences sur la santé (Bolin, 1980) ;
- Les épisodes de sécheresse, d'inondation, d'augmentation anormale de température de l'air se manifestent continuellement, amenant le pays à être soumis à des conditions physiques et hydro climatiques défavorables, accentuées par des périodes de sécheresses chroniques, notamment dans les hauts plateaux et la steppe qui couvrent environ 60% des terres viables du Nord ;
- Une modification du climat est pensée comme étant inéluctable et il en résultera des impacts significatifs, liés entre autres à l'augmentation des températures et des précipitations, à la raréfaction des ressources en eau et à la hausse de la fréquence des tempêtes ;

- De nombreuses études sur les variations possibles dans la région du Maghreb dont l'Algérie (Rousset et Arrus. 2006, Mahi- Tabet. 2008, Nelson et al., 2009) projettent ainsi une hausse des températures de l'ordre de 1°C avec des baisse de précipitations de 10 à 20% à l'horizon 2050, soit une augmentation des températures de 2 à 3° C et une chute des précipitations de 10 à 30% ;
- D'après les scénarios cités, une augmentation des températures de 0,5 à 1°C, induira une baisse des précipitations qui induira à son tour un déficit des eaux de surface de l'ordre de -10 à -30% ;
- Les changements climatiques (CC) ont d'autre part entraîné (et risquent d'entraîner encore plus) un dérèglement du calendrier agricole et une baisse des rendements des céréales allant jusqu'à 50%. Les experts prévoient l'accentuation de cette baisse à l'horizon 2040, avec une diminution attendue de 10 à 20% par rapport au niveau enregistré en 2011 ;
- Le secteur forestier, malgré les efforts qui sont faits en matière de reboisement, se verra amputer de plusieurs milliers d'hectares sous l'effet des incendies réguliers ;
- L'agriculture intensive (notamment celle qui est basée sur les modèles d'intensification par la grande mise en valeur dans le grand sud) pourrait – de son côté - contribuer à accentuer la pression sur les ressources en eau (fossiles) et à rendre stériles et salines une grande partie des terres.
- En 2001, le quartier de Bab el Oued situé à Alger a vu des inondations catastrophiques qui ont causé d'énormes dégâts matériels et humains.
- En 2008, la ville de Ghardaia, a été inondée par d'importantes pluies diluviennes.

## **2. Impacts du changement climatique sur l'agriculture :**

En Algérie, le changement climatique, caractérisé par une augmentation des températures moyennes et une diminution des précipitations, affecte non seulement la qualité et la résilience des écosystèmes, mais aussi la disponibilité et la qualité des ressources naturelles pour l'économie et les conditions de vie de la société. En ce sens, le changement climatique et les événements associés posent des défis extrêmement graves pour l'agriculture, la sécurité alimentaire et le développement social et économique du pays. Parmi les systèmes de production mis en œuvre aujourd'hui en Algérie, seules les cultures irriguées (14% des SAU) sont vulnérables au changement climatique à court terme. Leur sensibilité

au changement climatique dépendra principalement des ressources en eau à utiliser pour l'irrigation future.

Les modèles agro-climatiques prédisent que le changement climatique en Algérie aura pour effet de modifier le cycle de l'eau contribuant à la dégradation de la fertilité des terres agricoles, à la réduction de la production agricole et à la perte de biodiversité. Le réchauffement climatique entraînera à l'avenir davantage de modifications du cycle végétatif des plantes et de raccourcissements des saisons agricoles, de déplacement des sols bioclimatiques et d'augmentation des risques parasitaires et sanitaires. (Lakdhary et Ayad, 2009).

À la lumière de ces prévisions, le ministère de l'Agriculture et du Développement rural prévoyait une baisse de 10% du rendement moyen, confirmant le rapport stern (2010) qui faisait état de pertes d'environ 15% à 35% en Afrique du Nord. (Bindi et Moriondo; 2005) on estime que d'ici 2030, le changement climatique entraînera directement une diminution de 15 à 30% de la productivité des légumes en Algérie (PNC, 2012). Dans les scénarios climatiques défavorables, les pertes de rendement moyennes devraient être plus importantes, de l'ordre de 31% à 39% pour la culture du blé.

Les systèmes pastoraux, qui accueillent une grande partie de la population, sont également particulièrement vulnérables à la désertification. Ceci est le résultat de l'épuisement des sols et de la réduction des ressources en eau.

Dans les plateaux steppiques algériens, les précipitations particulièrement faibles sont les principales raisons de la fragilité de ces milieux. Les disponibilités fourragères naturelles deviennent de plus en plus aléatoires. Des études du Réseau d'Observations et de Suivi Ecologique à Long Terme (ROSELT) dans les steppes du Sud algérois ont montré une perte de la production pastorale équivalente à 236 UF/ha pour une diminution de la pluviosité annuelle de 104 mm/an. On assiste à la disparition de l'alfa alors que cette plante représentait 80 % du couvert végétal du système préexistant, cette disparition étant bien entendu encore plus rapide dans les parcelles pâturées. De plus, les pratiques culturales inadaptées font que les superficies labourées annuellement et soumises à l'érosion éolienne sont estimées à près de 1,2 millions d'ha (CREAD<sup>7</sup>, 2018). La récurrence des cycles de sécheresse, devenus de plus en plus longs, accentue cette désertification.

---

<sup>7</sup>Centre de Recherche en Economie Appliquée pour le Développement

L'élaboration d'une carte de sensibilité à la désertification par télédétection a révélé que plus de 570 000 hectares de terres dans la zone steppique sont déjà complètement désertiques sans possibilité d'élévation biologique et que près de 6 millions d'hectares sont exposés à un risque élevé d'érosion éolienne.

Dans ce rapide aperçu, nous n'oublierons pas la dégradation des oasis qui sont déjà sévèrement contraintes par des pratiques agricoles non durables, de toute la force de la dégradation du climat.

En conséquence, les ménages agricoles sont susceptibles de connaître une baisse de leurs sources de revenus. Au niveau de la population générale, les prix des principaux produits agricoles pourraient connaître des augmentations significatives, menaçant la sécurité alimentaire du pays. Les prix intérieurs des produits d'origine animale (viande et produits laitiers) peuvent également connaître des augmentations importantes en raison de la réduction de la productivité des pâturages.

## **2.1. Impacts des CC sur les ressources naturelles :**

### **2.1.1. Impacts des changements climatiques sur les sols :**

Le changement climatique va exacerber les facteurs anthropiques de dégradation à l'origine de la baisse de productivité des sols, tels que l'utilisation inappropriée des terres, le défrichage, la déforestation, la salinité, l'érosion et la désertification. En effet, l'érosion a déjà gravement dégradé les zones agricoles et forestières et a parfois causé des dommages irréversibles aux zones de steppe, déstabilisant la vie pastorale traditionnelle.

Le changement climatique, par une hausse progressive des températures et une variabilité accrue des précipitations, augmentera la vulnérabilité des sols et l'activité agricole. Premièrement, l'intensification de l'évaporation due à la hausse de la température et à la chute des précipitations affectera négativement l'approvisionnement en eau du sol. En période de sécheresse causée par le changement climatique, le sol a tendance à s'assécher et devient ainsi plus sensible à l'érosion éolienne, surtout s'il n'a pas de couverture végétale ou s'il est labouré à sec. Une série de températures élevées (canicules) peut être la cause d'une faible fertilité du sol due à des taux élevés de décomposition et de perte de matière organique, affectant le cycle des nutriments dans le sol. Une réduction des précipitations ou une évaporation accrue due à une température élevée peuvent intensifier la salinité des sols déjà affectés, en particulier des sols peu profonds ou mal drainés. Enfin, l'élévation du niveau de la mer peut entraîner la couverture de terres côtières fertiles par la mer.

**2.1.2. Impacts du changement climatique sur les ressources en eau :**

En Algérie, les ressources en eau sont vulnérables au changement climatique. L'eau et sa gestion sont déjà des problèmes qui s'adaptent à son avenir, indépendamment de tout changement climatique. La grande sensibilité des bassins versants à de petits écarts par rapport aux variables climatiques signifie que le volume d'eau qui peut être rempli sera gravement affecté par un faible ruissellement (Agoumi et al, 1999 ; PNUD-FEM, 1998). Compte tenu des estimations des besoins sectoriels, le changement climatique pourrait mettre l'Algérie dans une position inconfortable car le volume maximum pouvant être mobilisé sera à la limite des soins, voire handicap (Rousset et Arrus, 2006).

Des études réalisées en Algérie et au Maroc montrent également une baisse du taux de ruissellement. En effet, la baisse attendue des précipitations aura des répercussions, notamment avec la hausse des températures, sur le ruissellement, qui se rapporte à une baisse significative (de 20 à plus de 40 %), concerne le nord du Maghreb où se concentrent populations et grandes plaines fertiles. Les estimations moyennes par pays prévoient une réduction du ruissellement allant de 20 % en Algérie et en Tunisie et 25 % au Maroc (GIEC-IPCC, 2008 ; Mostefa-Kara, 2008).

Dans le secteur agricole, le déficit en eau déclaré entraînera une augmentation de la durée des cycles végétaux et une augmentation de la demande en eau de nombreuses cultures (GIEC-IPCC, 2008 ; Brauch, 2007 ; Maracchi et al. 2005 ; Agoumi, 2003 ; Fischer et al. 2005) ; M.Taabni et M-Driss El Jihad, (Revue.org, 212).

Les pressions anthropiques exercées sur les écosystèmes maghrébins amplifient d'autre part l'érosion des terres et, par conséquent, l'envasement accéléré des barrages. Ce qui concerne l'Algérie, ce phénomène entraîne, en moyenne annuelle, une perte de 40 hm<sup>3</sup> de capacité de stockage des barrages, soit un potentiel en eau d'irrigation de 5 000 ha/an. À l'horizon 2030, cette superficie atteindrait 36 000 ha/an pour une capacité perdue des barrages de 90 hm<sup>3</sup>/an (tableau N° 2 ci-après).

**Tableau 3 : Envasement des barrages et ses conséquences en 2010 et à l'horizon 2030**

	2010		2030	
	Capacité perdue des barrages (hm <sup>3</sup> /an)	Potentiel perdu en eau d'irrigation (ha/an)	Capacité perdue des barrages (hm <sup>3</sup> /an)	Potentiel perdu (ha/an)
<b>Algérie</b>	40	5000	90	36000

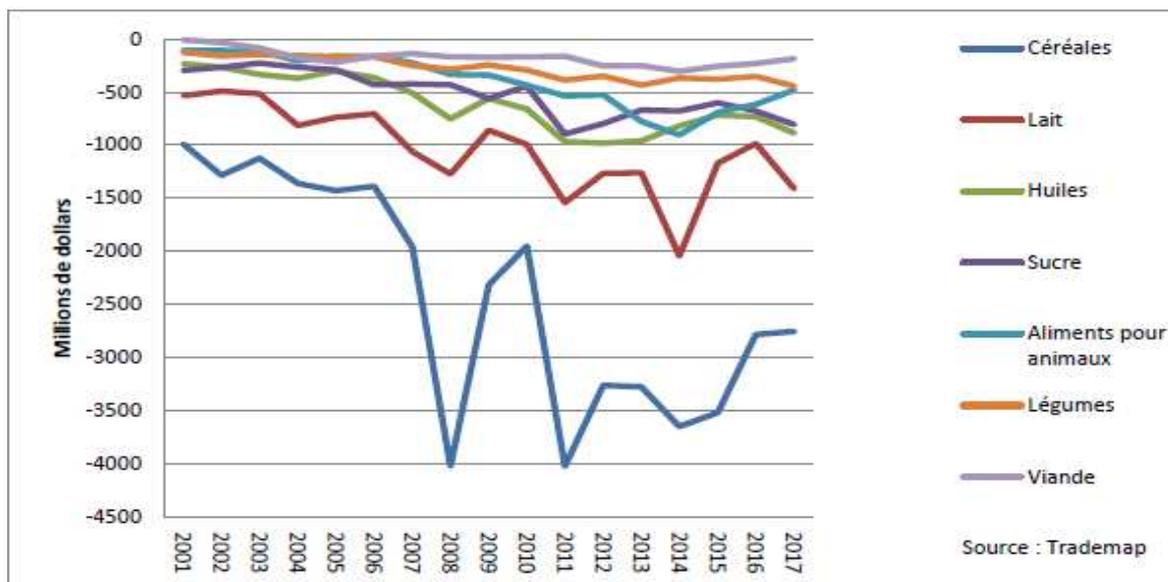
Source : Lahlou, 1996 ; Remini et Remini, 2003 et calculs des auteurs

D'autre part, la baisse des précipitations due à la sécheresse, qui fait rage depuis le début des années 70 dans la région, a déjà entraîné une diminution constante des réserves d'eau souterraine des principales nappes aquifères. Dans le nord de l'Algérie, en particulier dans les zones de basse altitude (par exemple le plateau d'Oran et les hautes plaines occidentales), le niveau des eaux souterraines a diminué dans des proportions alarmantes (plus de 20 mètres). L'aggravation des sécheresses associée à la surexploitation des eaux souterraines a également minéralisé des zones insaturées dans les aquifères profonds dans les zones semi-arides (M. Nichane et MA. Khélil, 2015).

## **2.2. Changements climatiques et sécurité alimentaire :**

Le changement climatique constitue une menace sérieuse pour la sécurité alimentaire de l'Algérie, qui a déjà une balance commerciale négative (Figure 7). Les scénarios (même les plus optimistes) examinent l'aggravation de la situation de dépendance alimentaire en Algérie par rapport aux marchés extérieurs des produits alimentaires de base (céréales, lait en poudre, sucre, etc.). Avec l'émergence du changement climatique, il y aura alors des défis croissants en matière de sécurité alimentaire à l'avenir. Les effets de ces cas concernent principalement les sols et leur utilisation (avec des conséquences attendues en termes d'érosion, de salinité et de perte de fertilité, de ressources en eau (sécheresse, évaporation et salinité), les rendements agricoles (en particulier de grandes cultures : céréales, cultures fourragères et industrielles), les forêts (incendies de forêt et déforestation), et les steppes (désertification des parcours), de biodiversité (perturbations et risques de dégradation des écosystèmes forestier, oasien et marin, notamment), les ressources halieutiques...

**Figure 7 : Balance commerciale agricole algérienne par produit 2001-2017 (millions USD)**



Source : Trademap

### 2.3. Impacts du changement climatique sur les rendements agricoles :

Les changements dans les régimes de précipitations augmenteront la probabilité de «mauvaises récoltes» à court terme et de baisse des niveaux de production à long terme. En conséquence, les prix des produits agricoles sont susceptibles d'augmenter considérablement sur les marchés nationaux et internationaux. Pour sa part, les prix des différentes viandes augmenteront en raison de la hausse des prix des aliments pour animaux en raison de la faible productivité des pâturages. Ainsi, le changement climatique est devenu une menace réelle pour la sécurité alimentaire mondiale (M. Chaabane, 2012).

En Algérie, les simulations de trois types de années agricoles (optimale, normale et sèche) montrent une réduction des rendements d'ici 2020 comprise entre 5,7% et 14% par zone géographique et par type d'année (Méditerranée, 2009).

Ces études ont montré que le changement climatique affectera également les légumes dont la production diminuera de 10% à 30% en Algérie d'ici 2030 (Bindi et Moriondo, 2005).

#### 2.3.1. Impacts du changement climatique sur la céréaliculture (culture pluviale) :

Dans la première partie de cette étude, nous avons montré que la plupart des cultures cultivées en Algérie étaient des cultures céréalières récoltées par la pluie (en sec et en terres «bour»). Cependant, la céréaliculture est un système de culture plus vulnérable qui

dépend fortement des risques climatiques et des niveaux de précipitations. Diverses études récentes ont montré des effets négatifs sur les rendements et la production céréalière en Algérie, à travers le changement climatique. Face à cette situation, une étude sur les effets du changement climatique sur les rendements du blé d'hiver d'ici 2020, présentée dans le cadre des premières communications nationales de trois pays du Maghreb, l'Algérie, le Maroc et la Tunisie, a révélé des effets très négatifs, entraînant des baisses progressives mais durables des rendements en blé. Ces études étaient basées sur l'introduction de hausses de températures et de baisses mensuelles des taux d'altitude fournis par les scénarios climatiques dans le modèle de simulation CropWat<sup>8</sup> de la FAO.

Le tableau 3 montre la production céréalière en Algérie au cours de la période 1966-2016.

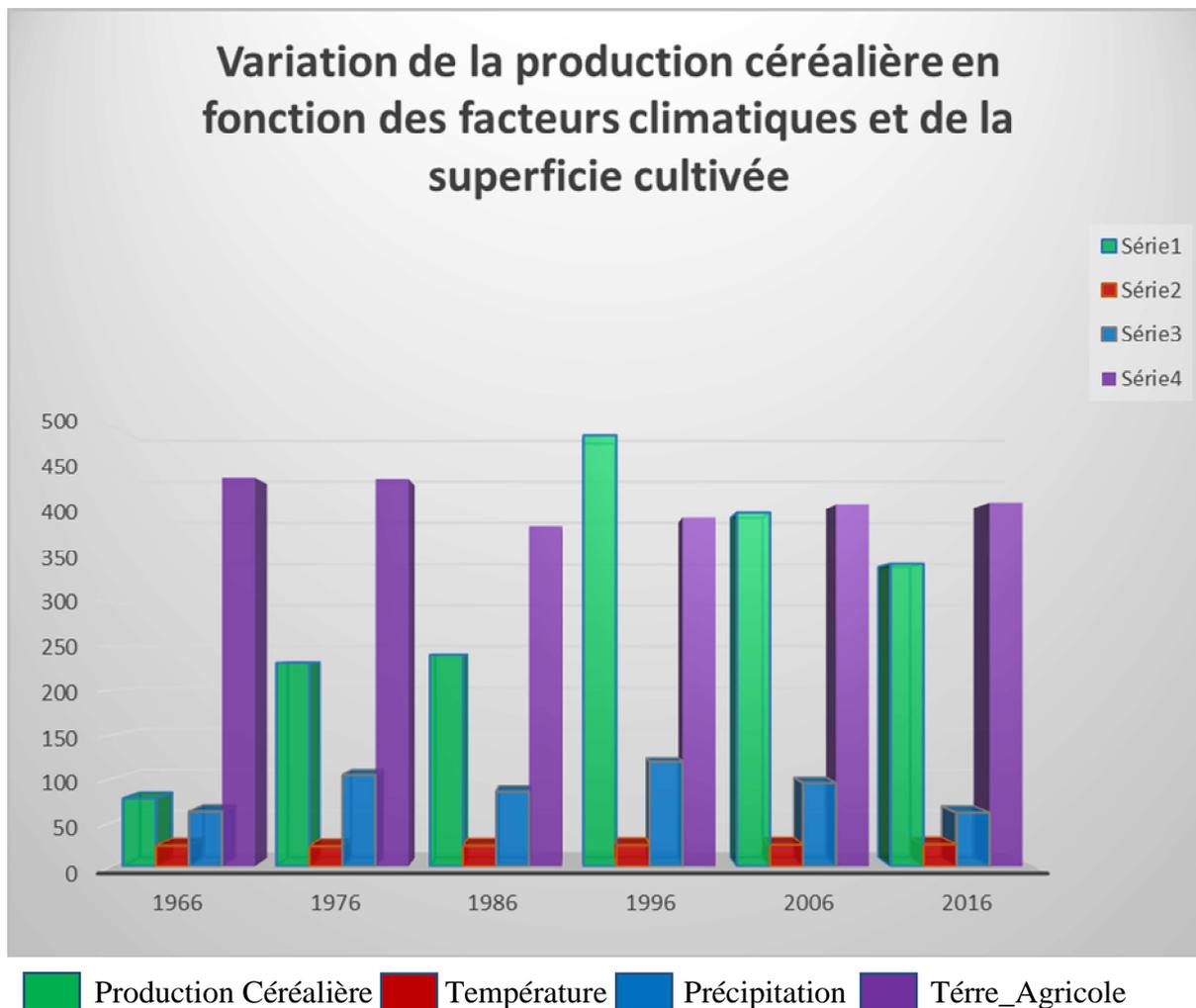
**Tableau 4 : Production céréalière en Algérie au cours de la période 1966-2016**

<b>Année</b>	<b>Production de la céréale (métrique tons)</b>	<b>Température</b>	<b>Précipitation (mm/ an)</b>	<b>Terre_Agricole (sq. km)</b>
<b>1966</b>	776122	22,7174	61,74483	441670
<b>1976</b>	2313186	21,92864167	103,68062	440210
<b>1986</b>	2403612	22,65754167	84,89778	386880
<b>1996</b>	4901678	23,100625	118,58894	396360
<b>2006</b>	4018105	23,67015	94,74952	411810
<b>2016</b>	3445158	24,06706667	60,44467	413601,9922

Source : la Banque mondiale (BM) et Climate Change Knowledge Portal database (CCKP)

<sup>8</sup>Le Cropwat est un logiciel d'aide à la gestion de l'irrigation, il a été mis au point par la FAO en 1992, basé sur la formule de Penman - Monteith modifiée. Il permet le calcul des besoins en eau des cultures et des quantités d'eau d'irrigation ; basés sur les Bulletins d'irrigation et de drainage FAO-24 et 33.

Figure 8 : Variation de la production céréalière en fonction des facteurs climatiques et de la superficie cultivée



Source : Préparé par l'étudiante sur la base des résultats de l'EXCEL

**Commentaire :**

Le graphique montre que :

L'année 1996 a enregistré la plus grande quantité de production céréalière 4901678 métrique tonnes, aussi la plus grande quantité de précipitations 11858894mm/an, mais la température était plutôt modérée 23C°, bien que la superficie cultivée soit petite 396360 Km<sup>2</sup> par rapport à l'année 1966 ou la superficie cultivée était de 441670 Km<sup>2</sup>. Mais elle a atteint la plus petite quantité de production 776122 métrique tonnes pour l'intervalle d'étude, cette année aussi a enregistré une très petite quantité de précipitations 6174483 mm/an, elle a également enregistré une température plutôt basse de 22C°.

En conclure qu'il existe une corrélation entre les facteurs climatiques (précipitation et température), superficie cultivée et la quantité de production de céréales.

La quantité de production de céréales est importante chaque fois que :

- La superficie plantée est grande ;
- Grande quantité de précipitations ;
- La température est modérée.

### **2.3.2. Impacts du changement climatique sur la l'élevage pastoral (ovin et camelin) :**

La plupart des zones rurales de l'Algérie (steppes et zones arides et présahariennes) abrite un cheptel ovin et camelin important. Sa conduite sous forme pastoral constitue certes encore la forme la plus courante et la plus régulière. Cependant le monde pastoral est actuellement en crise, du fait de l'augmentation de l'occurrence de l'aridité et de la sécheresse, de la raréfaction des zones de pâturages et du changement graduel des modes de vie des populations.

Les éleveurs ont également modifié leur système de production en combinant la culture des céréales et de l'élevage (Nedjraoui et Bedrani, 2008). Cette pratique a conduit à la surexploitation de parcelles de terre individuelles qui conduisent à une forte teneur en sel et stérilisent souvent le sol.

Tout cela a un impact sur l'activité de l'élevage pastoral qui est d'ailleurs devenu par la force des choses – une activité agro-pastorale, dont les principaux déterminants sont l'augmentation du cheptel et la valorisation du produit viande rouge, dans un contexte de surexploitation des parcours d'une part et d'aridification - désertification du milieu, d'autre part.

Les restrictions sont également de nature climatique. Au cours des dernières décennies, l'Algérie a connu une réduction significative des précipitations annuelles (une baisse de 17 à 28%), les perturbations climatiques persistantes continuant à s'assécher pendant plusieurs années consécutives, provoquant des crises environnementales affectant tous les écosystèmes. La sécheresse exacerbe la pression démographique sur les ressources, provoque la dégradation des sols et de faibles réserves d'eau des sols, conduisant à la désertification, une menace majeure pour la gestion durable des ressources naturelles (Nedjraoui, 2011), et mettant en danger la sécurité alimentaire et l'approvisionnement en eau des populations pastorales et de leur bétail. Tout cela a un impact sur l'activité de l'élevage pastoral, qui est également devenu, par nécessité, une activité agricole pastorale, les principaux déterminants étant l'augmentation et la valeur du bétail et la valorisation du produit viande rouge, dans un contexte de surexploitation des parcours d'une part et d'aridification - désertification du milieu, d'autre part.

**3. Vers des politiques de lutte contre les changements climatiques :**

Au cours d'une grande période, le secteur de l'environnement en Algérie a connu une instabilité institutionnelle, où le secteur a été confié à plusieurs secteurs gouvernementaux (irrigation, forêts, recherche scientifique, éducation). Et la sensibilisation à l'environnement en Algérie n'est apparue qu'au début des années 70, à travers la création du Conseil national de l'environnement en 1974, et avant cette date, il n'y avait aucun intérêt parce que l'Algérie venait tout juste d'accéder à l'indépendance. Au fil des ans, l'impact des différents problèmes environnementaux s'est accru et les décideurs algériens sont de plus en plus conscients de ces problèmes, y compris la pollution de l'air, la pollution de l'eau, la pollution industrielle, l'expansion urbaine, la désertification, la surexploitation des ressources naturelles et le changement climatique. (Sami Zaabat ,A.Merghit ;2006)

**3.1. Le développement des organismes administratifs spécialisés dans la protection de l'environnement en Algérie :****3.1.1. Comité National de l'environnement en 1974 :**

Conformément à la déclaration finale de la conférence de Stockholm sur l'Environnement tenue en 1972, l'Algérie a créé le Comité National de l'environnement en 1974, et ce comité a été le premier organe administratif central spécialisé dans la protection de l'environnement, ses fonctions principales :

- Promouvoir une communication permanente entre les différents autres ministères concernés par les problèmes environnementaux ;
- Assure et coordonne la préparation des procédures et programmes de nature interministérielle ;
- Publication d'actualités et préparation de rapports annuels sur l'état de l'environnement en Algérie ;(Yahya Ounas ; 2007)

**3.1.2. La loi sur la protection de l'environnement (03-83) :**

Cette loi régit le cadre juridique de la politique environnementale nationale, qui vise à préserver les composantes de l'environnement, à améliorer l'exploitation et l'utilisation de ses ressources et à lutter contre toutes les formes de pollution de l'environnement (pollution de l'air, pollution industrielle, pollution de l'eau), En plus d'identifier les cadres juridiques pour la protection de la biodiversité (plante et animal), les questions environnementales ont été incluses pour la première fois dans les priorités du gouvernement et des travaux ministériels. (Yahya Ounas ; 2007)

**3.1.3. Création du ministère de l'Irrigation, de l'environnement et des forêts (1977-1988) :**

Bien que ce ministère soit stable depuis près de dix ans, il n'a pas été en mesure d'atteindre les résultats de l'élaboration de politiques environnementales efficaces. Après 1988, le secteur de l'environnement a été rattaché au ministère de la recherche et de la technologie. Puis le ministère de l'Éducation. La rotation des différents secteurs ministériels sur le thème de la protection de l'environnement a conduit à l'échec de leur administration centrale et à leur incapacité à faire face à sa grave dégradation et à ses conséquences sociales et économiques. Cet échec a conduit à la restructuration du secteur de l'environnement et à la création du "Ministère du développement régional et de l'environnement".

**3.1.4. Ministère du Développement régional et de l'environnement :**

Ce ministre prend des mesures de protection et de prévention de toutes les formes de pollution de l'environnement ;

- Surveiller et suivre l'application des politiques environnementales nationales ;
- Communication permanente avec d'autres ministères, en particulier le Ministère de l'urbanisation et Ministère de la Santé ; (Yahya Ounas ; 2007)

Pour répondre au risque de dégradation de l'environnement en raison de la vulnérabilité législative et institutionnelle visant à protéger l'environnement, Ministère du Développement régional et de l'environnement ont mis au point un plan décennal global.

Son objectif est de faire face aux crises écologiques et à ses implications pour la sécurité nationale algérienne (Siham Bensafia ; 2011).

**3.1.5. L'Agence nationale du changement climatique :**

Créé par le Décret exécutif N° 375-05 du 22 Septembre 2005<sup>9</sup>. Est une institution administrative basée à Alger. L'agence vise à promouvoir l'intégration du changement climatique dans tous les plans de développement et à contribuer à la protection de l'environnement.

Dans le cadre de la stratégie nationale dans le domaine du changement climatique, l'agence mène des activités médiatiques et de sensibilisation, étudie les niveaux d'émissions de gaz, recherche les mécanismes d'adaptation aux changements climatiques et réduit leurs effets, et étudie les différents impacts sociaux et économiques. (Ahmad Salam ; 2014)

**3.1.6. Le Fonds national de l'environnement et de la dépollution :**

Le Fonds national de l'environnement a été créé dans le cadre de la Loi de finance N° 91-25 du 18 février 1991. Son objectif est de suivre les mesures de protection de l'environnement et de sensibilisation à l'environnement.

Les manifestations de sensibilisation à l'environnement dans l'Algérie peuvent être identifiées à travers :

- L'Algérie a ratifié la Convention des Nations Unies sur les changements climatiques en avril 1993 ;
- Participation de l'Algérie au projet régional RAB/ 94/G31<sup>10</sup> financé par le Fonds Mondial de l'environnement avec le statut des mécanismes et notamment du Maghreb pour faire face au changement climatique.
- Mise en œuvre du projet national ALG/98/G31<sup>11</sup>, financé par le Fonds Mondial de l'environnement sur la base de la stratégie de développement et du Plan d'Action National de lutte contre le changement climatique

---

<sup>9</sup> Décret exécutif n° 2005-375 du 22 Chaâbane 1426 correspondant au 26 septembre 2005 portant création de l'agence nationale des changements climatiques, fixant ses missions et définissant les modalités de son organisation et de son fonctionnement.

<sup>10</sup> projet régional RAB/94/G31 renforcement des capacités dans le Maghreb pour faire face aux changements climatiques (Algérie, Maroc, Tunisie)

<sup>11</sup> Le projet ALG/98/G31 financé dans le cadre des dispositions du Fonds Mondial de l'Environnement (FEM), a facilité la mise en œuvre de la Communication Nationale Initiale (CNI).

- L'Algérie a participé aux conférences des parties à la Convention-cadre des Nations Unies à Berlin en 1995, à Genève en 1996 et à Kyoto en 1997. À Buenos Aires en 1998. À Bonn en 1999 et à Lahey en 2000.
- Participation de l'Algérie aux organes subsidiaires de la Convention-cadre sur les changements climatiques (CCNUCC).
- La création de la Comité nationale de changement climatique en septembre 1996. Ce comité est composé de représentants des secteurs concernés de l'énergie, des transports, de la météorologie, de l'agriculture, des forêts, de l'industrie, de l'environnement et de l'enseignement supérieur.
- L'Algérie a ratifié l'accord de Paris sur le climat adopté fin 2015, à la 21ème Conférence des parties à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (COP21), le 13 octobre 2016.

Au vu de l'analyse de la nature des cadres réglementaires (institutions et départements environnementaux en Algérie), on peut dire qu'il y a une prise de conscience accrue du risque de changement climatique, que ce soit par des décideurs ou par le peuple, même si ce n'est pas au niveau requis et reste loin de la sensibilisation à l'environnement dans d'autres pays tels que les États Scandinavie par exemple.

### **3.2. Mesures d'atténuation et mesures d'adaptation aux effets des CC :**

#### **3.2.1. Mesures d'atténuation des effets des CC :**

La stratégie d'atténuation de l'Algérie couvre principalement les secteurs de l'énergie, des forêts, de l'habitat, des transports, de l'industrie et des déchets. Elle est également basée sur des programmes nationaux d'énergie renouvelable et d'efficacité énergétique. Ces programmes se poursuivront et seront renforcés à condition que l'Algérie reçoive un soutien international en termes de nouvelles ressources financières et extérieures, de transfert de technologie et de savoir-faire. En ce qui concerne la séquestration du carbone, le pays a l'intention d'accélérer et d'intensifier son plan national de reboisement avec un objectif total de reboisement de 1 245 000 hectares.

**3.2.2. Mesures d'adaptation aux effets des CC :**

L'Algérie met en avant la désertification dès le préambule de sa contribution INDC<sup>12</sup> et souligne ainsi la vulnérabilité de ses populations aux événements extrêmes dus à ce phénomène. Elle envisage un Plan National Climat ambitieux basé sur trois piliers :

- La résilience des écosystèmes (vis-à-vis des inondations et des sécheresses) ;
  - La lutte contre l'érosion et réhabilitation des terres dégradées ;
  - L'intégration des questions climatiques dans les stratégies sectorielles, en particulier l'agriculture et l'hydraulique (H. Levite, 2016).
- **LE PLAN NATIONAL CLIMAT (PNC) :**

Il est conforme à la vision de Rio+20<sup>13</sup> et contribue aux efforts mondiaux de lutte contre le changement climatique et au développement durable du pays, travaille à combiner toutes les actions sur le changement climatique et organise tous les efforts en proposant une stratégie mondiale pour adapter l'économie nationale au changement climatique.

**a) Les objectifs :**

- Rapport sur les connaissances climatiques en Algérie ;
- Identifier les effets du changement climatique sur l'économie et la société nationales ;
- Identifier les faiblesses du développement national en ce qui concerne le changement climatique ;
- Identifier les plans, programmes et politiques qui font référence au changement climatique et examiner dans quelle mesure les stratégies nationales et sectorielles existantes intègre la question des changements climatiques.
- Proposer une stratégie de lutte contre le changement climatique et la traduire en une série de mesures ;

---

<sup>12</sup>Les contributions déterminées au niveau national (NDC) ou les contributions prévues déterminées au niveau national (INDC) sont des plans nationaux non contraignants mettant en évidence les actions climatiques, y compris les objectifs liés au climat pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre, les politiques et les mesures que les gouvernements visent à mettre en œuvre en réponse au changement climatique et en tant que contribution. Pour atteindre les objectifs mondiaux fixés dans l'accord de Paris.

<sup>13</sup>Rio+20, a eu lieu du 20 au 22 juin 2012 au Brésil.

- Donner la priorité aux mesures d'adaptation qui peuvent anticiper et traiter les risques et réduire les vulnérabilités liées au changement climatique ;
- Proposer des mesures visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre lorsqu'elles s'avèrent économiquement et/ou socialement bénéfiques pour le pays, notamment en promouvant les énergies renouvelables, en améliorant l'efficacité énergétique et en participant aux mécanismes internationaux ;
- Identifier les conditions et les modalités de mise en œuvre des mesures ainsi que les suivre et les évaluer ;
- Améliorer l'accès au financement international des secteurs public et privé et renforcer les partenariats technologiques et financiers étrangers.

**b) Les mesures d'adaptation prévues par le Plan National Climat (PNC) se déclinent comme suit :**

- Adapter le cadre institutionnel et réglementaire au changement climatique ;
- Renforcer les capacités institutionnelles et humaines pour lutter contre le changement climatique ;
- Mettre en place un système de surveillance, d'alerte précoce et de renforcement des capacités pour gérer les phénomènes météorologiques extrêmes ;
- Élaborer des plans régionaux et locaux pour s'adapter au changement climatique ;
- L'Algérie a adopté diverses stratégies et mesures de nature technique, économique et institutionnelle dans le cadre de politiques renouvelées de développement agricole, alimentaire ou rural, en fonction de la situation économique actuelle et des enjeux climatiques.

**3.3. Politiques adoptées vis-à-vis des CC :**

**3.3.1. Politique de protection des terres :**

Même si l'approche «traitement par des banquettes de défense et restauration des sols - DRS» a été quelque peu abandonné par les pouvoirs publics, les services des Forêts ont entrepris de vastes programmes de traitement des massifs forestiers et des zones de piémonts et de montagnes, en mettant en place diverses démarches et divers dispositifs :

- tout d'abord une démarche et des actions classiques de reboisement tout azimut et de nettoyage des massifs forestiers, des clairières et des zones de piémonts et des actions de protection des berges des oueds (Rives de vallées) ;

- le lancement d'actions de conservation des eaux et du sol et de plantation fruitière sur le domaine privé des populations riveraines, avec d'ambitieux programmes de développement intégré des espaces soumis à la dégradation. L'objectif étant de lutter contre les phénomènes récurrents de l'érosion hydrique qui se sont intensifiés, suite aux perturbations climatiques et les fortes précipitations.

Parmi les éléments de la nouvelle stratégie de lutte contre le phénomène de l'érosion mise au point ces dernières années, on compte "la gestion conservatoire de l'eau et des sols" (ou travaux de conservation des eaux et du sol – CES) dont les objectifs visent :

- **À limiter les dégâts dans un premier temps en mettant place des dispositifs de protection des berges d'oueds, de correction torrentielle, de confection de seuils.** Les traitements par correction torrentielle viennent compléter et renforcer la lutte antiérosive et la régulation des écoulements par fixation des ravins au moyen de seuils en pierres sèches et par gabionnage. La fixation de berges est également une technique antiérosive à laquelle il est fait appel parce que spécifique à certaines formes d'érosion (érosion fluviale) ;
- **à réaliser des plantations forestières et arboricoles :** la création de nouveaux vergers permet en effet la diversification de la production, l'amélioration des revenus ; elle intéresse à ce titre un grand nombre d'agriculteurs et serait considérée comme une mesure de protection des sols, étant donné qu'elle va toucher essentiellement des terres agricoles en pente forte ;
- **à aménager des voies d'accès et l'ouverture de nouvelles pistes :** qui permet de désenclaver dès les zones agricoles et les villages, en y améliorant l'accès, et de relever le niveau des activités économiques, notamment dans les secteurs primaires et secondaires ; (<http://www.dgf.dz>)
- **à traiter les «bassins versants» :** Un ensemble d'actions qui s'appuient généralement sur une approche intégrée, de la parcelle aux espaces communautaires, avec le souci de durabilité des actions d'aménagement ; la participation des populations directement concernées étant souvent recherchée.

L'application de l'ensemble de ces programmes devrait permettre :

- Prolonger la durée de vie des barrages et atténuer les dommages causés par les inondations en aval ;
- Mobiliser une grande partie des eaux de ruissellement qui se perdent dans les sebkhas<sup>14</sup> et la mer et la contribution à la recharge des nappes phréatiques ;
- Atténuer la réduction de la perte des terres agricoles et améliorer la fertilité des sols par l'augmentation de la productivité des terres ;
- Augmenter les rendements agricoles à travers l'amélioration des terres et les exploitations arborescentes ;
- Élargir le patrimoine forestier et accroître le taux de boisement.

Dans des environnements fragiles, tels que les régions montagneuses, arides et semi-arides, où les populations vivent souvent dans des environnements pauvres et marginalisés, ces efforts restent insuffisants compte tenu de la taille et du degré de dégradation de ces écosystèmes et des risques de changement climatique.

### **3.3.2. Politique forestière :**

L'Algérie, qui compte 5 millions d'hectares de forêts et d'arbustes, en particulier dans ses régions nord (Atlas tellien et une partie de l'Atlas saharien), est un énorme puits de carbone qui doit être protégé. Les politiques forestières sont anciennes et la plupart du temps est perdu pour des actions de prévention, de développement et de reboisement. Une nouvelle politique forestière a été élaborée au cours des 20 dernières années. Son axe stratégique est le Plan National de Reboisement (PNR<sup>15</sup>) qui vise :

- Conservation des forêts existantes et expansion du couvert forestier ;
- Lutte contre les incendies de forêt ;
- Lutte contre les Ravageurs et les Maladies ;
- Reboisement et plantations forestières ;
- Améliorer les connaissances et la gestion des forêts ;

---

<sup>14</sup> Le terme **sebkha**, de l'arabe سبخة, ou **playa**, est utilisé par les géomorphologues pour désigner une dépression à fond plat, généralement inondable, où les sols salés limitent la végétation.

<sup>15</sup> Le **Plan national de reboisement (PNR)**, est une composante du plan national de développement agricole et rural de l'Algérie (PNDAR), mis en œuvre en 2000, qui vise la mise en valeur des terres, la lutte contre la désertification, la protection et de la valorisation des ressources naturelles dans le cadre d'un développement rural durable.

- Gestion forestière et agroforesterie.

A travers le plan national de reboisement et diverses actions, on a assisté à la mise en place de véritables stratégies nationales de gestion des ressources forestières et de développement durable. Cette stratégie doit prendre en compte la protection et/ou la préservation des ressources naturelles, le développement durable et les engagements internationaux de lutte contre la désertification (CDD<sup>16</sup>), la biodiversité (CDB<sup>17</sup>), les zones humides et le changement climatique. Le contenu de cette stratégie repose sur des constats de dégradation sévère des ressources forestières, une série de carences dans la connaissance et la gestion de ces ressources, une faible efficacité dans l'aménagement et la valorisation du patrimoine forestier, et une faible coordination entre tous les intervenants.

- **Le «Barrage Vert» et la stratégie de lutte contre la désertification :**

Au début des années 70, l'Algérie a lancé un vaste projet de lutte contre la désertification : le « Barrage vert », couvrant une superficie de près de 3 millions d'hectares. La consolidation de cette « ceinture verte » d'une longueur de 1 500 kilomètres d'est en ouest et d'une profondeur de 20 à 50 kilomètres vise à protéger la partie nord du pays de l'ensablement et de la désertification. Par conséquent, ce projet prévoit les conséquences du CC et peut déjà en limiter la portée dans les prochaines années.

Cette stratégie permet également de mener des actions très importantes, notamment : reboisement des zones semi-arides, prévention de l'ensablement, élaboration des cartes de sensibilité à la désertification, mise en œuvre du Plan national de lutte contre la désertification (PNLCD), ratification de la Convention de Lutte contre la désertification (CCD), et mise en place d'un Organe de coordination (ONC) et du Plan d'action national.

Depuis 1994, le barrage vert réoriente sa stratégie pour se consacrer à la normalisation des procédures et à l'expansion de ses activités dans les zones protégées.

A partir de l'analyse des plans de développement et des plans spécifiques au secteur forestier, des progrès ont effectivement été réalisés. Mais ces progrès n'ont certainement pas eu d'impact positif sur les pratiques et les usages des populations vivant dans les zones mon-

---

<sup>16</sup>Convention de Lutte contre la désertification

<sup>17</sup>Convention de la Biodiversité

tagneuses et forestières. Les incendies et les pressions sur les ressources sont toujours aussi forts, et leur impact négatif sur l'environnement ne semble pas être atténué par les actions de reboisement et de gestion forestière. (Z. Sahli, 2011).

### **3.3.3. Politiques de l'eau :**

L'Algérie a enrichi sa politique nationale de l'eau en l'adaptant aux mutations nées aussi bien des changements climatiques que de l'évolution, des enjeux et des besoins sociaux-économiques. Depuis les années 2000, une nouvelle politique de «Gestion intégrée des ressources en eau» (GIRE) a été conçue, essentiellement pour garantir leur valorisation et leur durabilité. Cette politique est fondée sur un ensemble de réformes institutionnelles et de nouveaux instruments qui sont les Agences de bassin et les Comités de Bassin. (A. Bouchedja ; 2012)

L'Algérie a enrichi sa politique nationale de l'eau en s'adaptant aux changements induits par le changement climatique et le développement, les défis et les besoins sociaux-économiques. Depuis les années 2000, une nouvelle politique de « Gestion Intégrée des Ressources en Eau » (GIRE) a été formulée, principalement pour assurer le développement et la durabilité des ressources en eau. Cette politique est basée sur une série de réformes institutionnelles et de nouveaux outils, à savoir les agences de bassin et les comités de bassin (A. Bouchedja ; 2012).

La loi sur l'eau (adoptée le 4 août 2005) consolidera également les méthodes mises en œuvre ; une loi visant à - améliorer les services publics d'eau et d'assainissement, - renforcer les compétences, - accroître la transparence de la gestion, - favoriser l'accès à l'eau pour les groupes les plus vulnérables, - protéger et restaurer la qualité de l'eau. Son but est d'établir les principes et les règles applicables à l'utilisation, à la gestion et au développement durable des ressources en eau en tant que propriété de la communauté nationale.

S'est ajoutée récemment (2015) à cette loi un Plan national de l'eau (PNE) et une Stratégie à l'horizon 2030, où l'infrastructure de l'eau du pays sera structurée en systèmes hydrauliques régionaux et en développements hydrauliques intégrés selon sa projection spatiale,

Dans le domaine de l'agriculture irriguée, et depuis les années 80, les politiques suivies sont des programmes d'irrigation qui se répartissent en deux grandes catégories :

- les «grands périmètres» dépassant en général 500 ha d'un seul tenant, alimentés en eau à partir de barrages ou de batteries de forages profonds avec d'importants investissements collectifs totalement réalisés par l'État ;
- les périmètres de «petite et moyenne hydraulique» dont les surfaces éparses sont en majorité inférieures à 500 ha ; les ressources en eau ont des origines diverses : puits, petits forages (Mouhouche et al, Hal, 2007).

Cette politique a été partiellement révisée et la rationalisation des nouvelles techniques d'irrigation (irrigation par aspersion et irrigation au goutte - à - goutte) a été examinée.

Il convient de noter que l'Algérie, comme d'autres pays du Maghreb, est confrontée à d'énormes pressions sur les ressources en eau et qu'elle a besoin de 15 à 20 milliards de m<sup>3</sup>/an pour assurer la sécurité alimentaire. (En particulier dans le secteur agricole, qui consomme environ 70% de l'eau par an), alors que les efforts de mobilisation actuels ne sont que de 4 à 5 milliards m<sup>3</sup>/an.

L'importance des ressources en eau pour le développement national a incité les autorités à proposer une nouvelle politique basée sur le concept de « Gestion Intégrée des Ressources en Eau » (GIRE), incluant la gestion régionale, économique et écologique. Cette nouvelle politique peut avoir un impact positif considérable (B.Touati, 2010). Cependant, ces actions et initiatives manquent de coordination et de cohérence (Benblidia, 2011). D'ailleurs, il ne sert à rien de construire un barrage, et réservoirs entre les montagnes et les puits si la gestion de l'irrigation n'est pas parfaite.

#### **3.3.4. Politiques de la steppe et des parcours :**

La superficie totale des steppes algériennes est de 30 millions d'hectares, dont plus de 20 millions d'hectares de parcours et d'autres plantes utiles comme pâturages à plus de 25 millions de têtes d'ovins. Les zones présahariennes sont encore plus vastes, représentant plus de 50 % du territoire du pays, et abrite près de 1,5 million de chameaux. Dans ces environnements arides et semi-arides, le modèle pastoral basé sur la mobilité humaine, l'aménagement des pâturages et la recherche de sources d'eau est le modèle le plus adapté depuis longtemps. Ce modèle, actuellement en crise, est le parfait exemple d'un système résilient aux CC.

Mais les steppes, les régions arides et semi-arides connaissent actuellement diverses formes de dégradation, et la quantité et la qualité de leurs pâturages diminuent en raison de

l'occurrence de la sécheresse et de l'altitude de la température ainsi qu'à l'emprise des troupeaux d'animaux. Les animaux, souvent gonflés dans l'environnement, souvent pléthoriques sur le milieu, dépassant les niveaux de charge (on compte en effet plus de 2 à 3 brebis suitées/ hectare de parcours alors que la norme est de moins de 1 brebis suitée/hectare).

En fait, Les zones steppiques et les zones présahariennes souffrent davantage des effets du changement climatique, en raison de la pression désormais forte sur les ressources naturelles et de la réorientation du modèle d'élevage pastoral vers un modèle d'agriculture pastorale, basé sur la sollicitation de zones à grande échelle pour cultiver ces zones avec de l'orge pour engraisser les ovins.

Conscient des risques liés à l'activité pastorale et dans les zones de steppe, l'État a assumé la responsabilité de cet aspect en développant des programmes et des mesures techniques et institutionnelles.

Parmi ceux-là, on compte :

- Stratégie de lutte contre la désertification et la sécheresse, cartographie de la sensibilité de la désertification et de la dégradation des steppes, l'institution du Haut,
- Commissariat au Développement de la Steppe<sup>18</sup> (HCDS) et sa dotation de moyens matériels et humains pour surveiller les risques et pour agir dans le cadre du développement des zones steppiques (développement agricole avec interdiction des labours céréaliers, création de points d'eau pour les cheptels, forages pour l'irrigation, surveillance épidémiologique, valorisation des filières ovine et cameline, accompagnement, renforcement des capacités des éleveurs...).

Ailleurs, dans le cadre de divers programmes de développement des zones arides, un Commissariat au Développement de l'Agriculture Saharienne (CDARS) a été créé, institution chargée de la promotion et du développement de l'élevage de chameaux, qui reste un atout important. (Z. Sahli, 2011).

---

<sup>18</sup>Créé par le décret n° 81-337 portant création du Haut-commissariat au développement de la steppe, Son siège social à l'EL-djelfa.

**3.3.5. Politique de la pêche :**

Depuis les années 2000, l'Algérie s'est dotée d'une véritable politique de la pêche et a lancé le plan «Aqua pêche<sup>19</sup>». Ce plan s'appuie également sur de nouvelles dynamiques. Le plan doit guider les stratégies du secteur de la pêche et de l'aquaculture à l'horizon 2030. Insuffler une nouvelle vitalité et faire des efforts importants pour mettre en place pêche responsable et méthodes de développement de l'aquaculture durable en Algérie. Dans le cadre de la sécurité alimentaire, le secteur s'est rajeuni vigoureusement et bénéficie actuellement d'une aide substantielle. Néanmoins, il rencontre encore divers problèmes, notamment ceux liés aux ressources halieutiques et à leur nécessaire protection. (Z. Sahli, 2011).

**3.3.6. Politique de développement rural :**

À la fin des années 90 et au début des années 2000, les gens étaient vraiment conscients des risques et des problèmes du monde rural, en particulier les montagnes, les steppes, les plateaux et les oasis sahariennes qui ont été défavorisés jusqu'à présent.

Ainsi, dans le cadre de la nouvelle « Stratégie Nationale de Développement Rural Durable » (SNRD), une série de plans et programmes publics sont engagés. Le milieu rural n'est plus seulement considéré comme la base sectorielle de la production agricole. Elle entre désormais dans la sphère politique en tant qu'objet économique spécifique (avec la prise en compte de la multifonctionnalité des zones rurales), et sert de support à la durabilité (avec une vision intégrant la ruralité dans la gestion durable de l'environnement).

Une politique de renouveau rurale a été adoptée en 2006, qui soutient plus spécifiquement la protection et la valorisation des ressources naturelles et du patrimoine rural, tant matériel qu'immatériel, et formalisée par des outils : le «Projet de proximité de développement rural intégré» (PPDRI<sup>20</sup>).

L'analyse des programmes et plans de développement montre qu'il y a certainement eu des progrès en ce qui concerne les activités de reboisement, la gestion des forêts, le traitement des bassins versants, la lutte contre la désertification et la sécheresse et l'assistance

---

<sup>19</sup> Le plan "Aquapêche 2020" vise à accroître la production halieutique et préserver les potentialités naturelles

<sup>20</sup> Des projets intégrés fédérateurs construits « du bas vers haut » dans la responsabilité partagée entre les services de l'administration locale, les élus locaux, les citoyens et les organisations rurales

à la population dans le cadre d'activités agricoles adaptées aux zones rurales. Mais il semble également que ces progrès soient nettement insuffisants compte tenu des risques encourus.

Bien que la lutte contre les incendies et la dégradation des forêts et la lutte contre les phénomènes d'ensablement dans les zones pastorales soient essentielles, elles ne peuvent être considérées comme des programmes d'investissement à grande échelle fondés uniquement sur une approche technologique établie, sans la participation des populations concernées

D'autre part, l'explosion démographique a toujours entraîné une forte demande de ressources et une forte tendance chez les habitants des forêts à exiger des parts pour l'agriculture et l'exploitation forestière. L'augmentation des besoins et le faible niveau d'emploi dans les zones de montagne, rurales et steppiques ont également entraîné une forte utilisation des parcours et une tendance à l'augmentation des troupeaux d'ovins et de bovins.

Il est donc devenu évident que ce ne sont pas la volonté politique, les études, les plans de développement ou les investissements financiers qui manquent pour faire face aux contraintes et aux risques de la dégradation et du sous-développement des zones rurales. Ce qui manquait avant tout, c'était une stratégie de développement rural beaucoup plus claire, où une logique de planification intégrée était reflétée ; c'est beaucoup plus une stratégie clairement affichée de développement rural. Une stratégie qui s'adaptera davantage à la composition géographique des zones à développer, pour former de petites exploitations agricoles caractérisées par leur propre nature et leur propre répartition, pour les usages et les besoins réels des paysans «agro-pasteurs» . (Z. Sahli, 2011).

### **3.3.7. Politiques agricoles et sécurité alimentaire :**

La Politique de Renouveau Agricole et Rural (PREAR) : Un nouveau rythme a été imprimé au secteur agricole et de nouvelles démarches ont été ainsi conçues et mises en œuvre qui vont être basées essentiellement sur :

- Conversion d'anciens systèmes de production (céréales-jachère) par des systèmes de production à forte valeur ajoutée (maraichage primeur, pomme de terre, tomate industrielle, agrumes, arboriculture fruitière, aviculture, production laitière, produits de terroir notamment les produits de l'oléiculture) ;
- La mise en œuvre d'une série de techniques modernes d'intensification : la plus importante et la plus dangereuse pour les ressources naturelles de la terre, en parti-

culier l'eau, est la méthode de «la grande et moyenne mise en valeur hydro-agricole», particulièrement au sud du pays ;

- Adopter une série de mesures économiques, institutionnelles et financières pour soutenir et à accompagner les agriculteurs (politique de concessions agricoles, installation de plusieurs fonds de développement, subventions, soutien des prix à la production, à la transformation et à la distribution, organisation de la profession agricole en chambres d'agriculture, associations et coopératives...);
- Adaptation et remise en état des systèmes d'utilisation des terres dans les zones arides, semi-arides ou soumises à l'aridité pour soutenir les activités d'adaptation (par exemple l'arboriculture, l'élevage, etc.); dans le cadre de cette politique, un plan de transformation du système céréalier en un système arboré est la première étape de l'adaptation au changement climatique ;
- Revitaliser et développer les zones rurales tout en préservant les ressources naturelles.
- Ces opérations sont principalement financées par un fonds public, le Fonds national de régulation et de développement agricole (FNRDA).

C'est dans le cadre du pilier 2 «Développement rural» de la Politique de Renouveau Agricole et Rural (PREAR) que se sont donc mises en place les actions à caractère durable et qui permettent l'adaptation aux CC. Ils constituent un complément idéal aux actions antérieures dans les domaines des forêts et des ressources en eau et aux programmes de lutte contre la désertification. Il est basé sur cinq programmes visant à :

- Protection des bassins versants ;
- Gestion et protection du patrimoine forestier ;
- Lutte contre la désertification,
- La protection des espaces naturels et des aires protégées, ainsi que l'aménagement du territoire. Il fait aussi appel à une action globale et intersectorielle au niveau local ;
- La Politique de concessions et de mise en valeur des périmètres agricoles dans le sud : Étant donné que les anciennes politiques agricoles et rurales engagées principalement dans la partie nord du pays n'ont pas été en mesure d'augmenter de manière significative la production agricole ou de réduire la facture des importations alimentaires, il a été décidé d'explorer de nouvelles opportunités dans le sud, à travers divers programmes de développement hydro-agricole. Dans le cadre d'un pré-

cédent programme de concessions agricoles et de la nouvelle politique de rénovation agricole et rurale (Accession à la propriété foncière – APFA) et de la nouvelle politique de renouveau agricole et rural (PREAR), de nouvelles dispositions ont été mises en œuvre pour faciliter le régime foncier pour le développement et l'investissement dans des systèmes de production modernes (céréaliculture irriguée, pomme de terre et maraichage sous serre, gros élevages...).

- Depuis près de 20 ans, une série de projets de développement sont devenus une initiative technologique clé.

Ces projets visent :

- Exploitation des ressources en eaux souterraines (la nappe albiennaise) ;
- Mise en œuvre de modèles techniques modernes : extraction de l'eau par de grands puits industriels, équipements et techniques d'irrigation par pulvérisation (grands pivots-asperseurs, système de tuyauterie...) ;
- De grandes pièces pour l'irrigation et le développement de l'infrastructure d'accompagnement ;
- Mise en place de systèmes de production intensive (céréaliculture en irrigué, plasticulture).
- Il est clair que l'approche technique du développement a souvent été sélective et n'a pas pris en compte le potentiel agricole réel des sites sélectionnés, ni le potentiel technique et financier réel des candidats au développement.

Bien que le modèle technique mis en œuvre ait adopté une approche claire de la modernisation de l'agriculture et établi de nouvelles bases de production dans les zones arides et hyperarides, ses effets sont les suivants :

- Intensification agricole incontrôlée et séparée de l'environnement écologique ;
- Forte mobilisation pour l'utilisation des ressources en eau ;
- Orientation ferme vers des systèmes de monoculture intensive.

D'autres effets sur l'environnement et le territoire ont été enregistrés : l'abandon des transferts coniques accordés, le transfert de parcelles et d'équipements (pivots asperseurs).

Cette nouvelle politique est donc très différente d'une politique de développement durable qui prend en compte les risques et les enjeux environnementaux. Bien qu'il ait attiré de nouveaux investisseurs et obtenu des résultats positifs dans la production agricole (notamment dans les régions du sud-est : Biskra, El Oued, Ouargla), Elle est contraire aux objec-

tifs de préservation des ressources naturelles fragiles de ces régions et aux besoins d'adaptation à la convention contre les CC. (Z. Sahli, 2011).

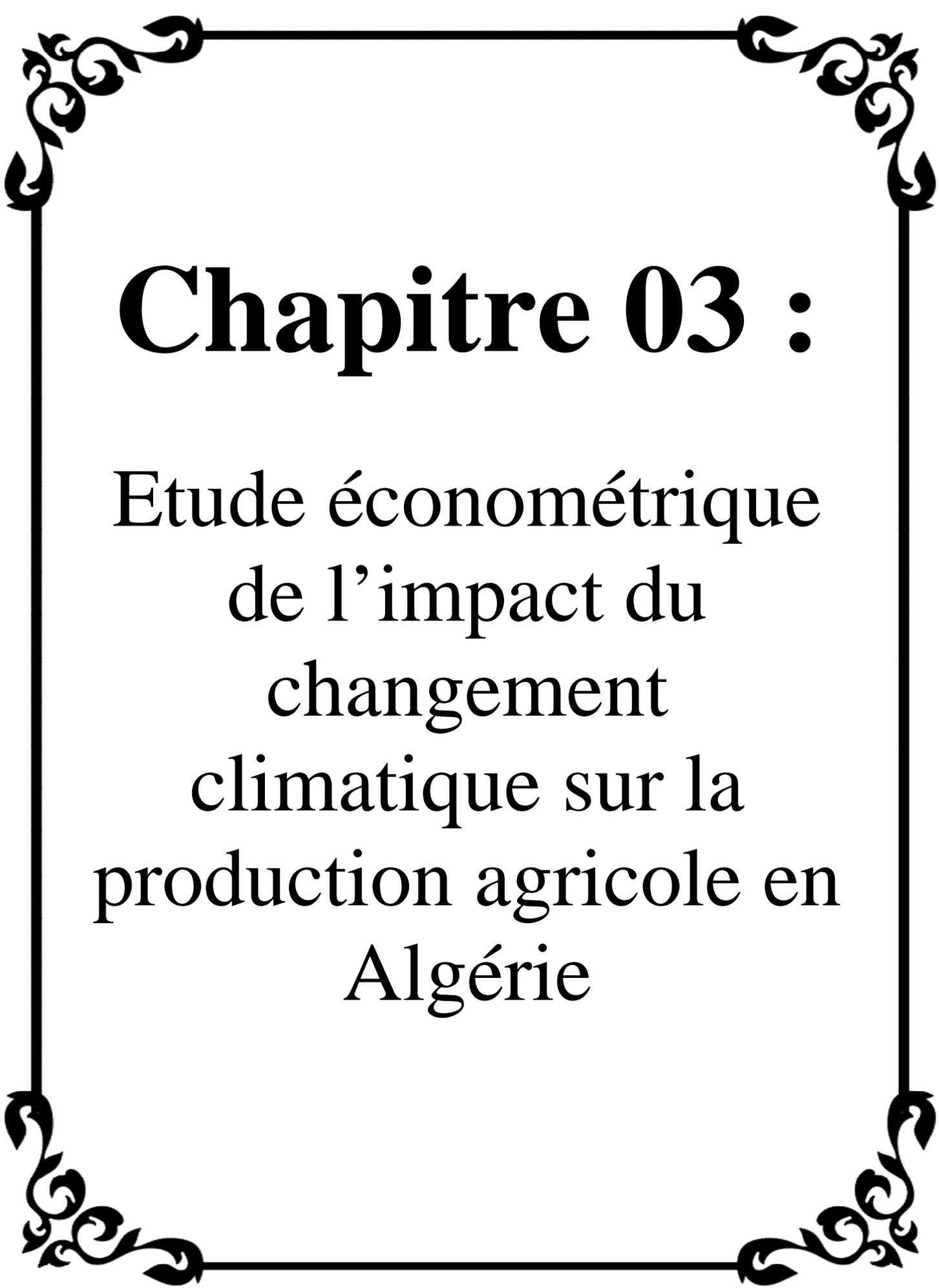
### **3.3.8. Politiques d'assistance :**

Le soutien actuel apporté à l'agriculture par le biais de la politique agricole et de ses différents programmes a un impact significatif sur les décisions des agriculteurs. Dans le cadre du pilier 2 de La Politique du Renouveau de l'Economie Agricole et Rurale (PREAR), Élaborer un vaste plan pour renforcer les capacités humaines et le soutien technique des producteurs (appelé PRCHAT).

Les priorités de cette politique ont donc un impact significatif sur les agriculteurs et peuvent constituer un obstacle à la mise en œuvre des activités d'atténuation du changement climatique. La réforme de cette politique réduira les obstacles à la gestion des CC. (Z. Sahli, 2011).

### **Conclusion :**

Si l'agriculture de l'Algérie est déjà extrêmement vulnérable à la variabilité climatique et à l'occurrence d'événements extrêmes, le changement climatique pourrait exacerber des dynamiques en cours d'approfondissement des déficits hydriques et de dégradation des terres subies par ce secteur. De nombreuses options d'adaptation permettant de limiter les impacts sur l'agriculture consisteraient à mettre en place une politique de l'eau axée de manière structurelle sur la rareté croissante de cette ressource. Mises en place de manière anticipatoire, en développant des mesures « sans regret », de telles stratégies limiteraient les impacts du changement climatique et les coûts d'adaptation, tout en répondant à des enjeux immédiats. Cependant, face aux capacités limitées des pays, la communauté internationale doit avancer dans l'élaboration et l'opérationnalisation d'un protocole sur l'adaptation pour les pays en développement en particulier, qui puissent compléter les efforts de réduction des émissions de gaz à effet de serre.



# Chapitre 03 :

Etude économétrique  
de l'impact du  
changement  
climatique sur la  
production agricole en  
Algérie

## Introduction

Afin d'apporter des éléments de réponse à la problématique de ce mémoire, ce chapitre vise à modéliser l'effet des variations de la température et de la pluviométrie sur aussi bien la production agricole en Algérie durant la période de 1966-2016. De ce fait, ce chapitre est divisé en deux sections. La première section comporte la méthodologie et les outils adoptés dans l'étude, tandis que la seconde section est consacrée à la présentation et discussion des résultats.

### 1. Méthodologie de co-intégration utilisant le modèle d'auto-régression des décalages temporels distribués ARDL :(Les modèles ARDL)

#### 1.1. Modèle :

Les modèles « AutoRegressive Distributed Lag/ARDL », ou « modèles autorégressifs à retards échelonnés ou distribués /ARRE » en français sont des modèles dynamique.

Contrairement aux tests de co-intégrations développés par Engle et Granger(1987), Johansen(1988,1991) où leurs applications nécessitent d'avoir le même ordre d'intégration pour toutes les variables incluses dans le modèle. Pesarn et Shin (1997), Pesarn et al. (2001), ont développé une nouvelle technique d'estimation de relation de cointégration, appelée modèle Autorégressif à retards échelonnés ARDL (*Autoregressive Distributed Lag*). Elle nous permet de capter la dynamique de long et de court terme entre différentes variables qui ne sont automatiquement intégrées de même ordre en donnant des estimateurs robustes même s'il s'agit des échantillons de taille réduite. Les variables en question ne devraient pas être intégrées d'ordre 2 et plus, mais elles se pourraient être intégrées d'ordre zéro ou d'ordre un. Dans ce qui suit, nous utiliserons l'approche développée par Pesarn et al. (2001) pour modéliser les effets du changement climatique sur la production agricole en Algérie. Pour ce faire, deux formes fonctionnelles ont été formulées. La première forme fonctionnelle consiste à identifier la nature de relation entre la variation de la température et de la pluviométrie, comme mesure du changement climatique, la production céréalière de l'Algérie durant la période allant de 1966 à 2016. Cependant, la deuxième forme fonctionnelle tient compte le rendement céréalière au lieu de la production céréalière.

- **Le frome fonctionnelle 1 :**

$$LnAGR_t = c + \beta_1 DP_t + \beta_2 DT_t + \beta_3 trend$$

Tel que :

- $\ln AGR$  : Logarithme de la Variable à expliquer. Elle représente la « Production céréalière (metric tons) »
- $DP$  : Variation annuelle de la précipitation
- $DT$  : Variation annuelle de la Température
- $trend$  : Tendance
- $\beta_1, \beta_2$  et  $\beta_3$  des paramètres à estimer
- $t$  : intervalle de temps allant de 1966 à 2016
- **Le frome fonctionnelle 2 :**

$$\ln REND_t = c + \beta_1 DP_t + \beta_2 DT_t + \beta_3 trend$$

- $\ln REND$  : Logarithme de la Variable à expliquer. Elle représente le rendement des céréales (en Kg par Hectare)

La démarche que proposent Pesarn et al (2001) se fait en trois étapes, la première étape consiste à tester la présence de relation de co-intégration en estimant, pour le cas des deux formes fonctionnelles proposées ci-dessus, par les moindres carrés ordinaires les modèles à correction d'erreurs non contraints suivants :

- **Cas la production agricole :**

$$\Delta \ln AGR_{t-1} = c + \alpha_1 \ln AGR_{t-1} + \alpha_2 DT_{t-1} + \alpha_3 DP_{t-1} + \sum_{i=1}^P \beta_1 \Delta \ln AGR_{t-i} + \sum_{i=0}^P \beta_2 \Delta DT_{t-i} + \sum_{i=0}^P \beta_3 \Delta DP_{t-i} + @ trend(1966) + \varepsilon_t$$

- **Cas le rendement céréalier :**

$$\Delta \ln REND_{t-1} = c + \alpha_1 \ln REND_{t-1} + \alpha_2 DT_{t-1} + \alpha_3 DP_{t-1} + \sum_{i=1}^P \beta_1 \Delta \ln REND + \sum_{i=0}^P \beta_2 \Delta DT_{t-i} + \sum_{i=0}^P \beta_3 \Delta DP_{t-i} + @ trend(1970) + \varepsilon_t$$

Où l'opérateur  $\Delta$  désigne la variable est en première différenciation. Le retard P est déterminé à base d'un modèle VAR optimal, c'est-à-dire le retard qui minimise les deux critères Akaike et Schwarz.

Le test du modèle ARDL dans le premier consiste à tester l'existence d'une relation d'équilibre à long terme entre les variables du modèle, si nous confirmons cette relation, nous procédons à l'estimation des paramètres à long terme, ainsi que des paramètres des variables indépendantes à court terme, pour cela, on calcule les statistiques **F** à travers

Wald teste. Où l'hypothèse selon laquelle il n'y a pas de complémentarité commune est testée entre les variables du modèle (absence de relation d'équilibre à long terme) :

$$H_0 : \alpha_i = 0, \forall i = 1, 2, 3$$

Par rapport à l'hypothèse alternative selon laquelle il existe une relation d'intégration commune à long terme entre le niveau des variables du modèle :

$$H_1 : \alpha_i \neq 0$$

Après avoir fait le Wald test, nous faisons une comparaison de la statistique  $F$  avec des valeurs tabulaires définies par Pesaran et al. (2001). Dans ces tableaux, nous trouvons des valeurs critiques pour les limites supérieures et inférieures aux limites morales indiquées pour tester la possibilité d'une relation d'intégration commune entre les variables d'étude.

Pesaran et al. (2001) distinguent les variables intégrales à leur première différence  $I(1)$  variables intégrales à leur niveau  $I(0)$ , ou être au même degré d'intégration.

Si la valeur calculée de  $F$  est supérieure à la limite supérieure des valeurs critiques proposée, l'hypothèse du nulle sera rejetée, c'est-à-dire que l'hypothèse alternative selon laquelle il existe une complémentarité commune entre les variables d'étude est acceptée. Toutefois, si la valeur calculée est inférieure aux valeurs critiques minimales, l'hypothèse alternative de l'absence de relation d'équilibre à long terme est acceptée.

La méthodologie utilisée dans cette étude consiste à suivre les étapes suivantes :

- Test de stationnarité des séries chronologiques en utilisant le test de racine unitaire (The Unit Root test of Stationarity) ;
- Test de présence, ou pas, de relation cointegration, en utilisant la méthode (bound test développé par Pesaran et al. (2001) ;
- Estimer le modèle à long terme à l'aide du modèle ARDL ;
- Formule de correction d'erreur du modèle d'estimation ARDL ;
- Tests de stabilité structurelle pour les coefficients (VECM-ARDL).

## 1.2. Présentation des données de l'étude et ses sources

Les données utilisées dans cette partie économétrique sont issues de la base des données de la Banque mondiale (BM) et Climate Change Knowledge Portal database (CCKP). Ces données sont des séries chronologiques annuelles qui couvrent la période de 1966-2016. Cela veut dire que notre échantillon comporte 50 observations, la définition de chaque variable incluse dans le modèle standard adopté dans l'étude comme suit :

- Les variables dépendantes (endogènes) sont :
  - la Production de la céréale (LnAGR) (BM) ;
  - le Rendement de la céréale (kg per hectare) (LnREND). (BM)
- Les variables indépendantes (exogènes) sont :
  - la Température C° (DT) ; (CCKP).
  - La Précipitation (mm par an) (DP) ; (CCKP).

Pour les unités de variables de données et les sources, elles peuvent être résumées dans le tableau suivant :

**Tableau 5 : Variables d'étude, unités de mesure et ses sources :**

Type de variable	La variable	Abréviation	L'unité de mesure	Source des données
<b>Indépendante</b>	Production de la céréale	LnAGR	métrique tons	BM
	Rendement de la céréale	LnREND	kg per hectare	BM
<b>Dépendante</b>	Température	DT	C°	CCKP
	<b>Précipitation</b>	DP	mm par an	CCKP

Source : préparé par l'étudiante

### 1.3. Statistiques descriptives des variables d'étude :

Afin de donner une première perception et de clarifier les caractéristiques les plus importantes des données adoptées dans l'étude, un ensemble de statistiques descriptives a été calculé qui peut être expliqué dans le tableau suivant :

**Tableau 6 : Statistiques descriptives des variables d'étude**

	<b>REND</b>	<b>DT</b>	<b>DP</b>	<b>AGR</b>
<b>Mean</b>	933.6529	23.07453	81.74026	2528784
<b>Median</b>	829.5	23.15855	83.58826	2128233
<b>Maximum</b>	1813.1	24.08576	118.5889	5253472
<b>Minimum</b>	403.9	21.92864	52.29419	776122
<b>Std. Dev.</b>	379.3472	0.548509	13.25772	1235442
<b>Skewness</b>	0.697561	-0.211391	0.126239	0.620124
<b>Kurtosis</b>	2.318262	2.160448	3.055634	2.291608
<b>Jarque-Bera</b>	5.123659	1.877631	0.142036	4.335074
<b>Probability</b>	0.077163	0.391091	0.931445	0.114459
<b>Sum</b>	47616.3	1176.801	4168.753	1.29E+08
<b>Sum Sq. Dev.</b>	7195215	15.04309	8788.362	7.63E+13
<b>Observations</b>	51	51	51	51

Source : Préparé par l'étudiante sur la base des résultats du programme EVIEWS 10

Après avoir lu les chiffres du tableau ci-dessus, les observations suivantes peuvent être tirées :

La moyenne de la production céréalière totale (AGR) était de (2 528 784 tonnes métriques), le rendement de la substance (REND) était de (933,6529 kg /hea), tandis que la valeur la plus élevée pour la production céréalière totale (5 253 472) a été enregistrée en 2009 en raison de l'expansion significative du soutien gouvernemental destiné au secteur des céréales et des légumineuses sèches en général en réaction à la production céréalière totale.

La production céréalière la plus faible de la totale (776 122 tonnes métriques) en 1966 pour plusieurs raisons, le plus important est la sortie de l'Algérie d'une longue période coloniale. En revanche, le rendement de la production céréalière a atteint sa valeur maximale (1813,1 kg par hectare) en 2013, c'est la même période de réformes définie par l'État dans les revues non pétrolières et l'accent mis sur la diversification économique comme un impératif pour le gouvernement pour surmonter la dépendance chronique dont souffre l'économie algérienne dans le secteur des carburants. Le rendement le plus bas de ce dernier (403,9 kg par hectare) a été enregistré en 1966.

En se référant au tableau ci-dessus, nous pouvons noter que les valeurs d'écart-type de la majorité des variables d'étude sont considérées comme relativement élevées, ce qu'indique qu'il y a une forte dispersion dans les observations.

#### 1.4. Relation de corrélation entre les variables étudiées :

Le tableau ci-dessous donne les coefficients de corrélation linéaires simples entre les variables à expliquer et les variables explicatives (au sens de Pearson)

**Tableau 7 : Coefficients de corrélation linéaires simples**

	<b>REND</b>	<b>AGR</b>
<b>REND</b>	1	0.89245457
<b>DT</b>	0.63107705	0.40765585
<b>DP</b>	0.3541869	0.57171335
<b>AGR</b>	0.89245457	1

**Source : Préparé par l'étudiante sur la base des résultats du programme EVIEWS 10**

Le tableau ci-dessus montre une forte corrélation positive (supérieure à 60%) entre le rendement de la production céréalière et le taux de précipitation, tandis qu'une faible corrélation positive existe entre le rendement de la production céréalière et la température. Les coefficients de corrélation linéaires simples entre le volume de production de céréales et le changement annuel de température sont de 57%, ce qui est relativement élevé, tandis que la variable dépendante est mal corrélée avec les taux de précipitation.

#### 1.5. Etude de la stationnarité

On a également mentionné à l'avance l'importance cruciale de la stabilité des séries chronologiques pour déterminer la méthodologie ou le modèle standard permettant de mesurer l'impact et les interrelations entre les variables macroéconomiques en général, par exemple, les modèles (ARDL) supposent la stabilité des séries temporelles au niveau ou à la première différence, la présence d'un variable intégrale du second ordre signifie l'annulation de la possibilité d'utiliser ce modèle en estimation.

Par conséquent, les tests de stabilité sont l'un des outils les plus importants utilisés dans le diagnostic de la méthodologie standard qui correspond aux caractéristiques des données de chaque modèle en général la série chronologique à la propriété de stabilité si elle ne contient pas une racine unitaire, parmi les tests les plus importants couramment utilisés dans la littérature appliquée pour la détection de la stabilité des séries chronologiques on trouve le test de Philip Perron (PP).

Le teste de Philipe Perron (PP) est basé sur les hypothèses suivantes :

$$\left. \begin{array}{l} \mathbf{H0 : série non stationnaire (il y'a une racine unitaire)} \\ \mathbf{H1 : série stationnaire (il y'a pas une racine unitaire)} \end{array} \right\}$$

Le test suit la distribution (Mackinnon 1996), ses résultats sont jugés en comparant ses valeurs calculées avec des valeurs tabulaires au niveau sémantique (5%) , le résultat peut également être déduit dans les trois modèles de test basés sur des valeurs probabilistes où la série chronologique de toute variable est stable si les valeurs probabilistes du test sont inférieures à la valeur critique (0,05).

Les résultats des essais (PP) dans les trois modèles de ces tests au premier niveau de différence sont indiqués dans les tableaux suivants :

**Tableau 8 : Teste de stationnarité des variables :**

Test		Niveau			1 <sup>er</sup> différence			Décision
Var		Non	C	C&Tren	Non	C&Tren	C	
LnAGR	T-Stat	0.9981	-5.3445	-6.7673	-23.1072	-42.229	-43.774	I(1)
	Prob	0.9138	0.0000	0,0000	0,0000	0.0000	0.0001	
DT	T-Stat	1.5089	-2.3701	-4.7175	-12.0695	-12.525	-12.043	I(1)
	Prob	0.9660	0.1552	0.0021	0,0000	0,0000	0,0000	
DP	T-Stat	-0.0943	-6.3500	-6.2479	-23.0633	-21.906	-22.911	I(1)
	Prob	0.6463	0.0000	0.0000	0,0000	0,0000	0,0001	
LnREND	T-Stat	1.4066	-2.6654	-5.4793	-13.2155	-16.796	-17.357	I(1)
	Prob	0.9584	0.0872	0.0002	0,0000	0,0000	0,0000	

Source : Préparé par l'étudiante sur la base des résultats du programme EVIEWS 10

A partir du tableau ci-dessus, qu'examine la stationnarité des variables d'étude en niveau I(0), nous pouvons accepter l'hypothèse nulle pour toutes les variables du modèle, qui stipule que ces variables sont non stationnaires au niveau pour le troisième modèle du test de Phillips Perron (PP) (**Without Constant & Trend**) où les valeurs probabilistes du test de Student pour toutes les variables sont supérieures à la valeur critique (0,05). Les variables (DT) et (LnREND) sont également apparues non stationnaires dans le deuxième modèle (**With Constant**) en tant que ses valeurs de probabilité successivement (0.1552) et (0.0872) supérieurs à la valeur critique (0,05) donc l'hypothèse nulle des deux variables a

été acceptée dans le deuxième modèle. Nous ne pouvons pas accepter l'hypothèse nulle pour toutes les variables du modèle, qui stipule que ces variables sont stationnaires au niveau pour le premier modèle du test de Phillips Perron (PP) (**With Constant & Trend**) où les valeurs probabilistes du test de Student pour toutes les variables sont inférieures à la valeur critique (0,05).

En revanche, les variables des séries chronologiques (LnAGR) et (DP) sont apparues stationnaires dans le deuxième modèle (**With Constant**) car les valeurs statistiques au test pour ce modèle sont inférieures à la valeur critique (0,05).

En général, toutes les variables du modèle peuvent être considérées comme non stationnaires en niveau  $I(0)$  et montrent une instabilité aléatoire de type DS, pour obtenir des séries chronologiques stationnaires dans ce cas, les différences premières et le test de stationnarité ont été effectués une deuxième fois, les résultats présentés dans la deuxième partie du tableau ci-dessus.

Après avoir effectué des différences du premier ordre  $I(1)$ , l'hypothèse nulle ne peut être acceptée pour le test de (PP) pour toutes les variables incluses dans l'étude des trois modèles (**Without Constant & Trend, With Constant et With Constant & Trend**) étant donné que les valeurs tabulaires du test (PP) dans tous ses modèles sont inférieures aux valeurs calculées de toutes les variables de l'étude, cela peut être déduit par des valeurs probabilistes qui n'ont pas dépassé la valeur critique (0,05).

Comme résultat général de tous les tests de stationnarité, toutes les variables d'étude approuvées sont intégrées à partir du premier degré  $I(1)$ .

A travers ces résultats, ça permet, selon Pesaran et al. (2001), d'identifier une éventuelle relation d'intégration commune entre les variables d'étude. En d'autres termes, la possibilité d'une relation d'équilibre à long terme entre les variables incluses dans chaque modèle peut également déduire par les tests de stabilité de manière préliminaire la possibilité d'appliquer des modèles d'auto-régression pour les intervalles de temps en retard. L'une de ses hypothèses les plus importantes est que les séries chronologiques de tout modèle doivent être stationnaires en niveau ou à la première différence, ou à une combinaison d'entre elles. Ainsi, des modèles autorégressifs des écarts de temps en retard seront appliqués après confirmation de l'existence de relations d'intégration conjointes dans chaque modèle sur la base d'un test aux limites.

## 2. Modélisation économétrique :

Cette section se concentrera cette recherche sur trois principaux axes. Le premier consiste à tester la présence de la relation d'équilibre à long terme entre les variables indépendantes et le volume de la production céréalière d'une part et le rendement de la production céréalière d'autre part. Le deuxième axe, le modèle standard estimera l'impact de la variabilité des précipitations et des températures sur la production et le rendement céréalière par hectare en Algérie et vérifiera son efficacité statistique. Toutefois, le dernier axe, les résultats de l'estimation seront analysés économiquement.

### 2.1. Mesurer l'impact de la variation des précipitations et des températures sur la production céréalière en Algérie :

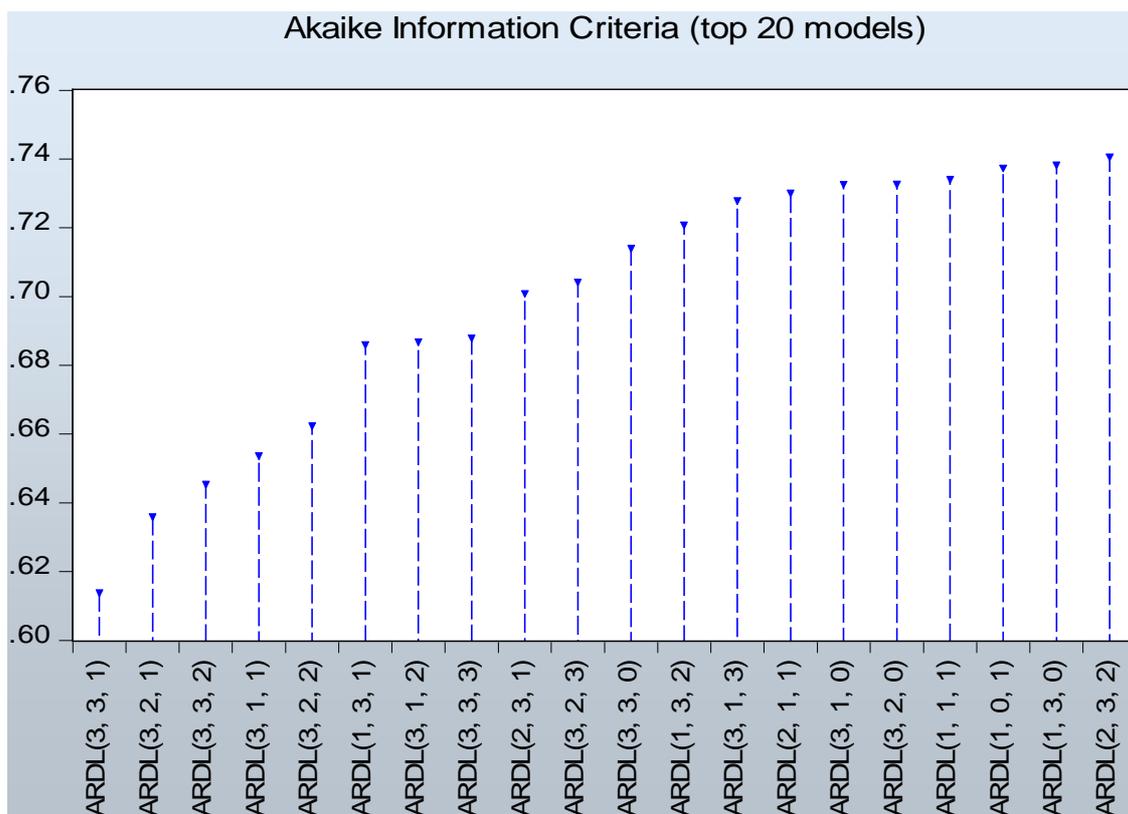
Sur la base de ce qui a été discuté plus tôt dans la méthodologie de l'étude et des résultats de l'étude de stationnarité des séries chronologiques, l'accent de cette recherche sera mis sur la mesure des effets des précipitations et des températures sur la production céréalière en Algérie durant la période 1966-2016.

#### 2.1.1. Test de l'existence de la relation de long terme (relation de cointegration) : procédure bounds-tests du modèle 1 :

L'une des hypothèses les plus importantes de l'application des modèles ARDL est l'existence d'une relation d'équilibre à long terme entre la variable dépendante et les variables indépendantes, qui seront vérifiées par le test aux limites (*bounds-tests*) et vérifiera les conditions du paramètre de correction d'erreur.

Avant cela, nous commençons par la détermination du retard optimal pour les variables des modèles à correction d'erreurs non contraints en se basant sur les valeurs minimales de (AIK), qui est illustrée dans la figure suivante:

Figure 9 : Valeur AIK pour les 20 principaux modèles estimés du modèle 1



Source : Préparé par l'étudiante sur la base des résultats du programme EVIEWS 10

La détermination du degré de retard de chacune des variables d'étude par rapport au modèle d'étude se fait de manière automatique fournie par les versions modernes de programmes standard basés sur la minimisation des valeurs des critères de compromis. Dans le cas de ce modèle, la variable dépendante a été retardée de trois intervalles de temps, et les variables indépendantes ont été retardées successivement 3 et 1 période comme la figure montre, le tableau suivant montre en détail l'estimation de l'équation de co-intégration.

Comme mentionné ci-dessus, la relation d'équilibre à long terme entre les changements annuels des précipitations, la température et la production de la céréale (LnAGR) sera testée sur la base des conditions de coefficient de correction d'erreur et des tests aux limites.

## a. Test de Limites et de Forme à Long Terme modèle 1 :

Tableau 9: Test de Limites (Bounds test) et de Forme à Long Terme du modèle 1:

<b>ARDL Long Run Form and Bounds Test</b>				
<b>Dependent Variable: D(LNAGR)</b>				
<b>Selected Model: ARDL(3, 3, 1)</b>				
<b>Variable</b>	<b>Coefficient</b>	<b>Std. Error</b>	<b>t-Statistic</b>	<b>Prob.</b>
<b>C</b>	8.849031	2.931893	3.018197	0.0046
<b>@TREND</b>	0.015806	0.005016	3.151216	0.0033
<b>LNAGR(-1)*</b>	-0.629895	0.207390	-3.037245	0.0044
<b>DP(-1)</b>	0.048125	0.011171	4.308240	0.0001
<b>DT(-1)</b>	-0.801653	0.254696	-3.147485	0.0033
<b>D(LAGR(-1))</b>	-0.436889	0.189794	-2.301907	0.0272
<b>D(LAGR(-2))</b>	-0.318829	0.142863	-2.231713	0.0319
<b>D(DP)</b>	0.019416	0.003238	5.995643	0.0000
<b>D(DP(-1))</b>	-0.013687	0.006289	-2.176452	0.0362
<b>D(DP(-2))</b>	-0.005056	0.003262	-1.549894	0.1299
<b>D(DT)</b>	-0.445612	0.150597	-2.958970	0.0054
<b>Coefficients à long terme</b>				
<b>Variable</b>	<b>Coefficient</b>	<b>Std. Error</b>	<b>t-Statistic</b>	<b>Prob.</b>
<b>DP</b>	0.076402	0.029898	2.555414	0.0150
<b>DT</b>	-1.272676	0.569474	-2.234825	0.0317
<b>@TREND</b>	0.025094	0.005570	4.505213	0.0001
<b>F-Bounds Test</b>				
<b>Null Hypothèses : No levels relationship</b>				
<b>Test Statistic</b>	<b>Value</b>	<b>Signif.</b>	<b>I(0)</b>	<b>I(1)</b>
<b>F-statistic</b>	8.687074		Finite Sample: n=1000	
<b>K</b>	2	10%	3.38	4.02
<b>Actual Sample Size</b>	47	5%	3.88	4.61
		2,5%	4.37	5.16
		1%	4.99	5.85

Source : Préparé par l'étudiante sur la base des résultats du programme EVIEWS 10

La valeur statistique de F-statistic était de 8,68, elle est supérieure aux valeurs inférieure et supérieure du tableau ajustées par Pessiran et Shin respectivement (3,88 et 4,61) au niveau de 5%, de sorte qu'une relation d'équilibre à long terme entre les variables du premier modèle pendant la période d'étude peut être établies sur la base des résultats du test de limites (Bounds test).

**b. Estimation du modèle ARDL à correction d'erreur (dynamique de court terme) modèle 1 :**

**Tableau 10 : Résultats d'Estimation du modèle ARDL à correction d'erreur du modèle 1 :**

ARDL Error Correction Regression				
Dependent Variable : D(LAGR)				
Selected Model : ARDL(3, 3, 1)				
ECM Regression				
Case 5: Unrestricted Constant and Unrestricted Trend				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	8.849031	1.477993	5.987193	0.0000
@TREND	0.015806	0.003861	4.093880	0.0002
D(LAGR(-1))	-0.436889	0.111947	-3.902647	0.0004
D(LAGR(-2))	-0.318829	0.110239	-2.892172	0.0065
D(DP)	0.019416	0.002280	8.517311	0.0000
D(DP(-1))	-0.013687	0.005506	-2.485893	0.0177
D(DP(-2))	-0.005056	0.003036	-1.665072	0.1046
D(DT)	-0.445612	0.104535	-4.262817	0.0001
CointEq(-1)*	-0.629895	0.104663	-6.018300	0.0000
R-squared	0.795810	Mean dependent var		0.013202
Adjusted R-squared	0.752822	S.D. dependent var		0.582213
S.E. of regression	0.289459	Akaike info criterion		0.528808
Sum squared resid	3.183878	Schwarz criterion		0.883092
Log likelihood	-3.426994	Hannan-Quinn criter.		0.662128
F-statistic	18.51260	Durbin-Watson stat		2.105985
Prob (F-statistic)	0.000000			

Source : Préparé par l'étudiante sur la base des résultats du programme EVIEWS 10

La valeur du coefficient de correction d'erreur est (-0,62), c'est-à-dire qu'il vérifie la condition suffisante (coefficient de correction d'erreur négatif), qui représente la force d'attraction vers l'équilibre à long terme entre les variables du modèle, aussi il vérifie la condition suffisante comme il est significatif statistiquement parce que la valeur probabiliste du test de Student du paramètre de correction d'erreur  $Prop - T_{stat} = 0.0000$  inférieur à la valeur critique 0,05. L'unité de temps nécessaire au coefficient de correction d'erreur pour corriger les écarts à court terme et atteindre ainsi l'équilibre à long terme est  $\frac{1}{0,62} = 1,61$  presque 1 année et 7 mois.

### 2.1.2. Analyse statistique du modèle :

À ce stade, on va tester la présence de problèmes de mesure classiques dans le modèle d'étude et analyser la significativité globale et partielle du modèle de la façon dont il est réconcilié selon chaque test.

#### a. les tests relatifs aux problèmes de mesure :

L'objectif de ces tests est de s'assurer que le modèle d'étude n'est pas affecté par divers problèmes de mesure, qui provoquent des estimations fallacieuses et biaisées des paramètres du modèle, atteignant ainsi des résultats trompeurs, en plus de vérifier la stabilité structurelle des modèles (ARDL) estimés à l'aide d'un test (CUSUM).

Les résultats de ces tests sont résumés dans les tableaux et figures suivants :

**Tableau 11 : Résultat du test ARCH du modèle 1 :**

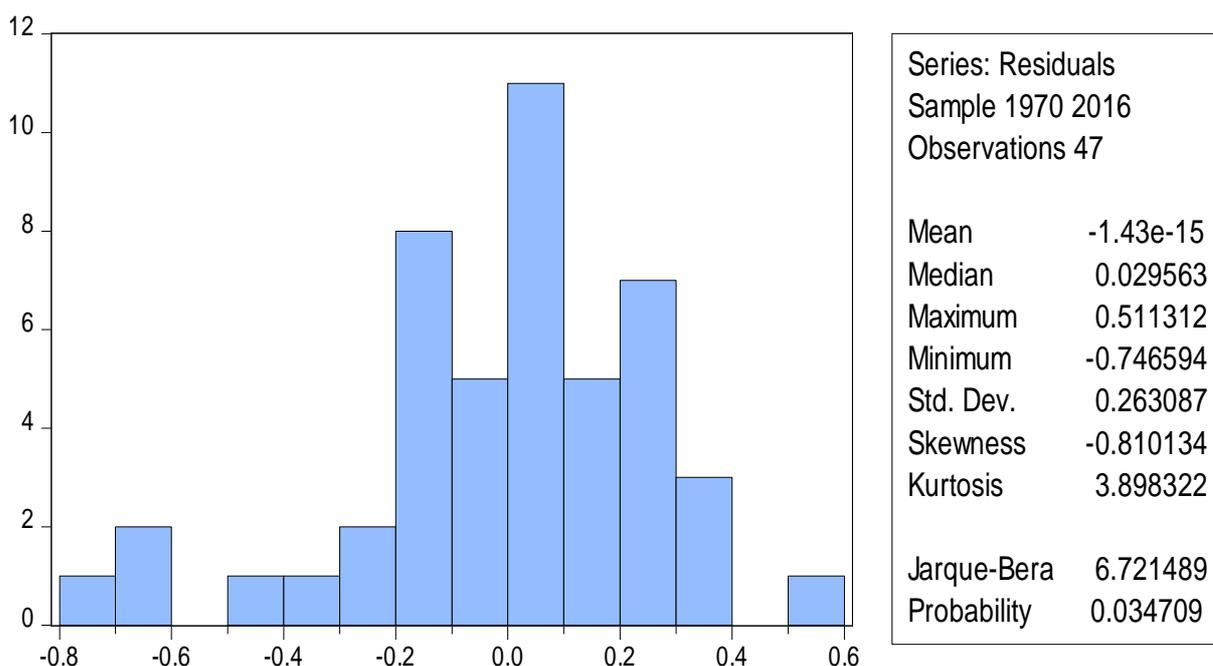
<b>F-statistic</b>	1.359270	<b>Prob. F(10,36)</b>	0.2382
<b>Obs*R-squared</b>	12.88208	<b>Prob. Chi-Square(10)</b>	0.2303
<b>Scaled explained SS</b>	12.32117	<b>Prob. Chi-Square(10)</b>	0.2641

Source : Préparé par l'étudiante sur la base des résultats du programme EVIEWS 10

**Tableau 12 : Résultat du test LM du modèle 1 :**

<b>F-statistic</b>	0.234447	<b>Prob. F(2,34)</b>	0.7923
<b>Obs*R-squared</b>	0.639361	<b>Prob. Chi-Square(2)</b>	0.7264

Source : Préparé par l'étudiante sur la base des résultats du programme EVIEWS 10

**Figure 10 : Résultat du test Jarque-bera du modèle 1 :**

**Source : Préparé par l'étudiante sur la base des résultats du programme EViews 10**

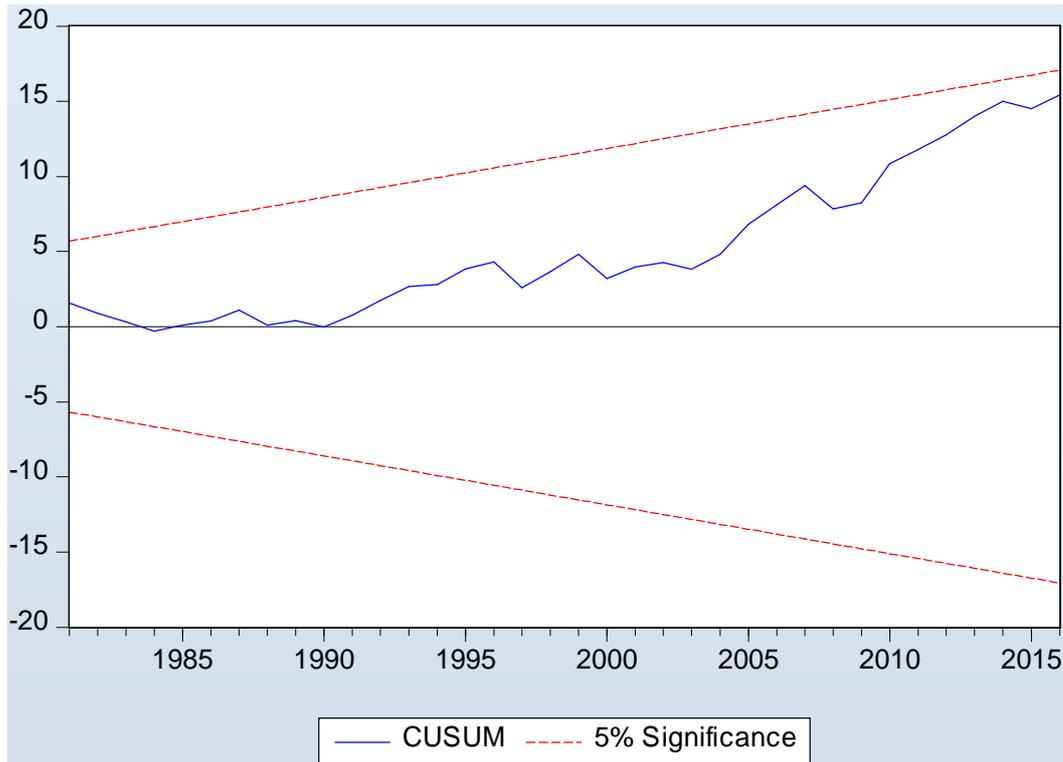
Les tests présentés dans le tableau ci-dessus reposent sur des hypothèses assez similaires, car l'hypothèse nulle stipule que le problème n'existe pas, que ce soit le problème d'autocorrélation entre les erreurs ou l'instabilité des variations d'erreurs pendant la période d'étude ou que le reste de l'estimation de chaque modèle suit la distribution normale.

A partir du tableau précédent, on note que les valeurs statistiques des tests d'incohérence de variance (**Heteroskedasticity Test : ARCH**), le test d'autocorrélation entre les erreurs (**Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test**) et le test de distribution normale (**Jarque-Bera**) prennent successivement les valeurs (**12.88, 0.63, et 6.72**) sont inférieures aux valeurs tabulaires correspondantes étant donné que les valeurs probabilistes associées sont inférieures à la valeur critique (0,05). Par conséquent, pour les tests susmentionnés, l'hypothèse nulle est acceptable, on peut dire que le modèle estimé étudier ne souffre pas de problèmes d'autocorrélation entre erreurs, de distribution non normale des erreurs et d'incohérence de variance.

#### **b. Tests de CUSUM et CUSUM carrée modèle 1 :**

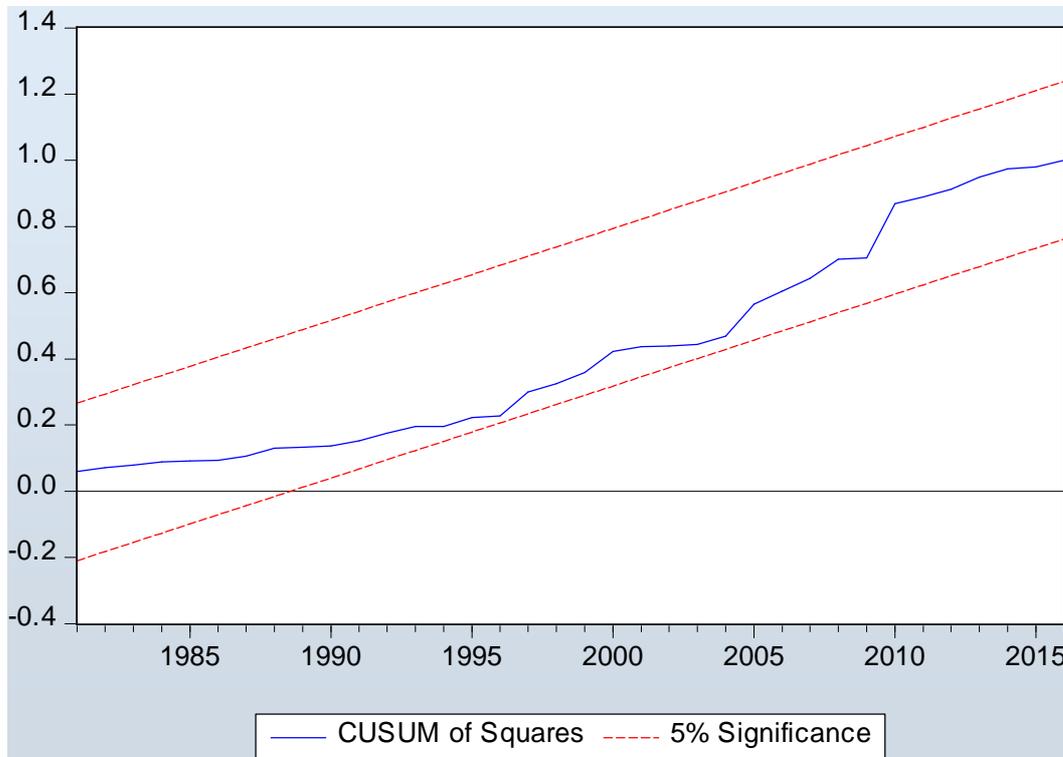
Les résultats des tests totaux cumulés et totaux cumulés carrés (CUSUM et CUSUM of squares) sont présentés ci-dessous :

**Figure 11 : Teste de CUSUM du modèle 1 :**



Source : Préparé par l'étudiante sur la base des résultats du programme EViews 10

**Figure 12 : Teste de CUSUM carrés du modèle 1 :**



Source : Préparé par l'étudiante sur la base des résultats du programme EViews 10

La figure ci-dessus montre que les valeurs agrégées (en ligne bleue) se situent dans les zones de confiance (ligne rouge). Par conséquent, la capacité du modèle d'étude était stable au cours de la période d'étude.

### 2.1.3. Significativité globale du modèle 1 :

On accepte l'hypothèse alternative qui stipule que le modèle significatif pleinement considérant que la valeur probabiliste de la statistique de Fisher  $Prop - F_{Stat} = 0.00$  qu'elle est inférieure à la valeur critique (0,05).

### 2.1.4. Qualité de conciliation modèle 1 :

La valeur du coefficient de détermination atteint ( $R^2=0.79$ ). Il s'agit d'une valeur élevée qui met l'accent sur la capacité des facteurs climatiques (précipitations, température) à bien interpréter les changements dans le volume de la production annuelle de blé, car des variables indépendantes contribuent à expliquer 79% des changements de la production annuelle de blé, et les 21% restants sont dus à d'autres facteurs et variables non inclus dans le modèle mais inclus dans la marge d'erreur.

### 2.1.5. Significativité partielle et analyse économique du modèle 1 :

Dans le processus d'analyse économique du modèle d'étude, l'accent sera mis uniquement sur des paramètres statistiquement significatifs, les variables non sémantiques n'affecteront pas la variable dépendante.

Sur la base des résultats présentés dans le tableau 10, la valeur de probabilité du paramètre associé au changement annuel des précipitations (DP) inférieure à la valeur critique (0,05) au niveau de signification de (5%). Donc, la relation de long terme montre que la variabilité des précipitations a un effet statistiquement négatif et significatif sur la production céréalière en Algérie avec un retard de 3 ans, donc la variation des précipitations de 1% conduit à diminuer la production céréalière de 0,05 %. Le taux de la température annuel (DT) avec un an de retard a eu un impact négatif et statistiquement significatif sur la production céréalière en Algérie pendant la période d'étude, considérant que la valeur de probabilité de tous ces paramètres est inférieure à la valeur critique (0,05), ce qui confirme l'importance de cet effet statistiquement, car l'augmentation du taux de la température de 1% entraîne une diminution de la production céréalière de 0.80%.

**2.2. Mesurer l'impact des variations de précipitation et de température sur le rendement céréalier en Algérie :**

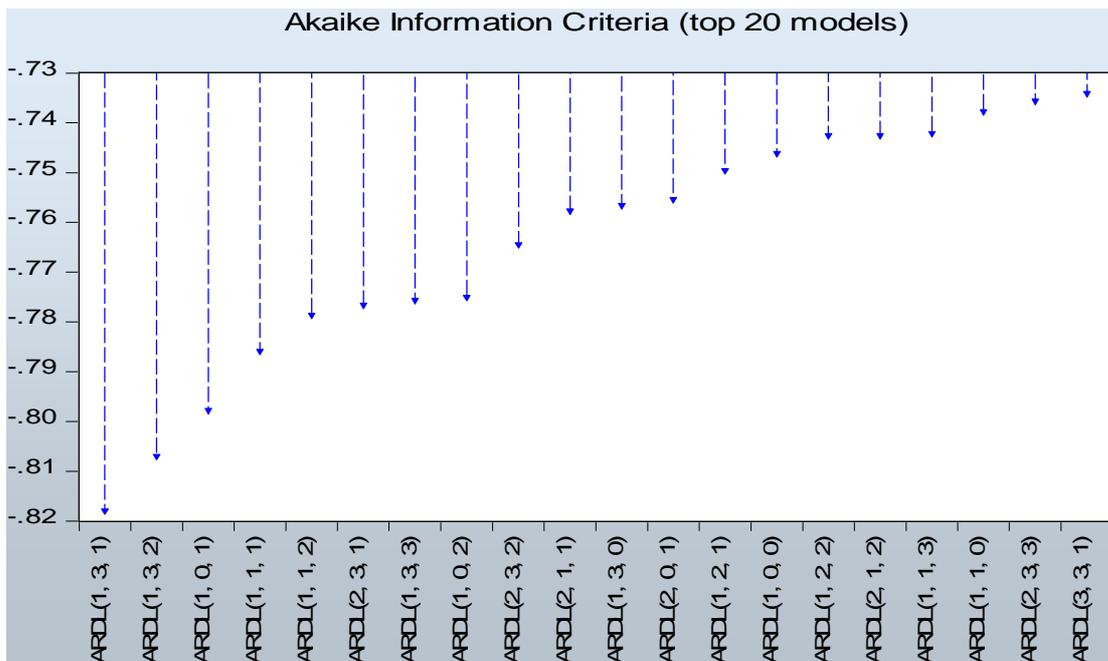
En utilisant la même méthodologie que celle présentée ci-dessus pour mesurer l'impact de la variabilité des précipitations et des températures sur le rendement de la production céréalière en Algérie au cours de la période (1966-2016). À travers les tests de cointégration, comme première étape et de tester la présence de l'équilibre de la relation à long terme entre les variables explicatives et le rendement céréalier, ensuite en va vérifier la qualité de la mesure et de l'analyse statistique et économique du modèle estimé.

**2.2.1. Test de l'existence de la relation de long terme (relation de cointegration) : procédure bounds-tests du modèle 2 :**

Comme mentionné ci-dessus, en va déterminer l'équilibre de la relation à long terme entre la variance des précipitations et de la température et le rendement de céréale, par la vérification de la significativité du coefficient de correction d'erreur et sa négativité d'une part et en fournissant les conditions du test aux limites d'autre part.

Avant d'estimer l'équation, le degré de retard des variables d'étude doit d'abord être déterminé par la minimisation de la valeur du critère de compromis(AIK), le degré optimal du retard dans ce modèle a été déterminé pour la variable dépendante avec une seule périodes tandis que les variables indépendantes ont été retardées respectivement 3,1 période comme le montre la figure ci-dessous.

**Figure 13 : Valeur AIK pour les 20 principaux modèles estimés du modèle 2 :**



Source : Préparé par l'étudiante sur la base des résultats du programme EVIEWS 10

**a. Test de Limites et de Forme à Long Terme :**

Le tableau suivant montre les résultats d'estimation de l'équation de correction d'erreur à court ainsi que la relation de long terme

**Tableau 13: Test de Limites (Bounds test) et la Forme à Long Terme du modèle 2:**

<b>ARDL Long Run Form and Bounds Test</b>				
<b>Dependent Variable : D(LNREND)</b>				
<b>Selected Model: ARDL(1, 3, 1)</b>				
<b>Variable</b>	<b>Coefficient</b>	<b>Std. Error</b>	<b>t-Statistic</b>	<b>Prob.</b>
<b>C</b>	5.639352	0.877392	6.427400	0.0000
<b>@TREND</b>	0.023664	0.003954	5.984242	0.0000
<b>LREND(-1)*</b>	-0.922047	0.143408	-6.429519	0.0000
<b>DP(-1)</b>	0.018312	0.005453	3.358135	0.0018
<b>DT(-1)</b>	-0.365868	0.122830	-2.978646	0.0050
<b>D(DP)</b>	0.007966	0.001529	5.211009	0.0000
<b>D(DP(-1))</b>	-0.006227	0.002979	-2.090124	0.0434
<b>D(DP(-2))</b>	-0.003294	0.001560	-2.111461	0.0414
<b>D(DT)</b>	-0.214969	0.073094	-2.941008	0.0055
<b>Coefficients à long terme</b>				
<b>Variable</b>	<b>Coefficient</b>	<b>Std. Error</b>	<b>t-Statistic</b>	<b>Prob.</b>
<b>DP</b>	0.019860	0.005498	3.612407	0.0009
<b>DT</b>	-0.396800	0.136665	-2.903442	0.0061
<b>@TREND</b>	0.025665	0.001738	14.76979	0.0000
<b>F-Bounds Test</b>				
<b>Null Hypothèses : No levels relationship</b>				
<b>Test Statistic</b>	<b>Value</b>	<b>Signif.</b>	<b>I(0)</b>	<b>I(1)</b>
<b>F-statistic</b>	11.51374		<b>Finite Sample: n=1000</b>	
<b>K</b>	2	10%	3.38	4.02
<b>Actual Sample Size</b>	47	5%	3.88	4.61
		2,5%	4.37	5.16
		1%	4.99	5.85

Source : Préparé par l'étudiante sur la base des résultats du programme EVIEWS 10

La valeur statistique atteint ( $F_{stat} = 11.51$ ) elle est supérieure aux valeurs inférieure et supérieure du tableau statistique spécial préparé par (Pesaran et al. (2001) qui atteignaient respectivement (4.61, 3.88) au niveau de 5%, donc, une relation d'équilibre à long terme entre les variables d'étude et le rendement de la céréale au cours de la période d'étude peut être confirmée sur la base des résultats du test de liaison (Bound Test).

En conclusion des résultats de l'étude de stabilité et du test de co-intégration, les hypothèses d'application de la méthodologie d'auto-régression du temps de retard linéaire ont généralement été réalisées sur le deuxième modèle. Le modèle d'étude peut être estimé selon cette méthodologie et ses résultats adoptés dans le processus d'analyse économique avec un haut degré de fiabilité.

**b. Estimation du modèle ARDL à correction d'erreur (dynamique de court terme) :**

**Tableau 14 : Résultats d'Estimation du modèle ARDL à correction d'erreur du modèle 2 :**

ARDL Error Correction Regression				
Dependent Variable : D(LREND)				
Selected Model : ARDL(1, 3, 1)				
ECM Regression				
Case 5: Unrestricted Constant and Unrestricted Trend				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	5.639352	0.809749	6.964325	0.0000
@TREND	0.023664	0.003730	6.344234	0.0000
D(DP)	0.007966	0.001024	7.778471	0.0000
D (DP (-1))	-0.006227	0.001838	-3.387792	0.0017
D (DP (-2))	-0.003294	0.001126	-2.926380	0.0058
D(DT)	-0.214969	0.044640	-4.815663	0.0000
CointEq (-1)*	-0.922047	0.132428	-6.962625	0.0000
R-squared	0.727522	Mean dependent var	0.010776	
Adjusted R-squared	0.686650	S.D. dependent var	0.257021	
S.E. of regression	0.143874	Akaike info criterion	-0.903148	
Sum squared resid	0.827993	Schwarz criterion	-0.627594	
Log likelihood	28.22399	Hannan-Quinn criter.	-0.799456	
F-statistic	17.80012	Durbin-Watson stat	2.147689	
Prob (F-statistic)	0.000000			

**Source : Préparé par l'étudiante sur la base des résultats du programme EVIEWS 10**

La valeur du coefficient de correction d'erreur est (-0,92) c'est-à-dire qu'il est en cohérence avec la condition suffisante (coefficient de correction d'erreur négatif), qui représente la force d'attraction vers l'équilibre à court terme à long terme entre les variables du modèle, aussi il atteint la condition suffisante comme il est significatif statistiquement parce que la valeur probabiliste du test de Student du coefficient de correction d'erreur  $Prob - T_{Stat} = 0.0000$  inférieur à la valeur critique (0,05). L'unité de temps nécessaire

au coefficient de correction d'erreur pour corriger les écarts à court terme et atteindre ainsi l'équilibre à long terme est  $\frac{1}{0,92} = 1,08$  presque 1 année et 1 mois.

### 2.2.2. Analyse statistique du modèle :

Ce qui suit est un ensemble de tests et des statistiques permettant de juger de l'efficacité du modèle choisi et mesurer l'impact des changements climatiques (température et précipitation) sur le rendement céréalier dans l'Algérie pendant la période d'étude.

A travers ces tests, nous visons à confirmer l'hypothèse de l'absence des trois problèmes de mesure classiques (auto-corrélation des résidus, l'incohérence de variance, distribution normale des résidus de l'estimation) en plus la précision du modèle de représentation de l'étude, puis vérifiez la stabilité structurelle du modèle (ARDL) à l'aide de tests cumulatifs total et carré cumulatif total, voici un résumé des résultats des tests problèmes de mesure :

#### a. Les tests relatifs aux problèmes de mesure :

L'objectif de ces tests est de s'assurer que le modèle d'étude n'est pas affecté par divers problèmes de mesure, qui provoquent des estimations fallacieuses et biaisées des paramètres du modèle, atteignant ainsi des résultats trompeurs, en plus de vérifier la stabilité structurelle des modèles (ARDL) estimés à l'aide d'un test (CUSUM).

Les résultats de ces tests sont résumés dans les tableaux et figures suivants :

**Tableau 15 : Résultat du test ARCH du modèle 2 :**

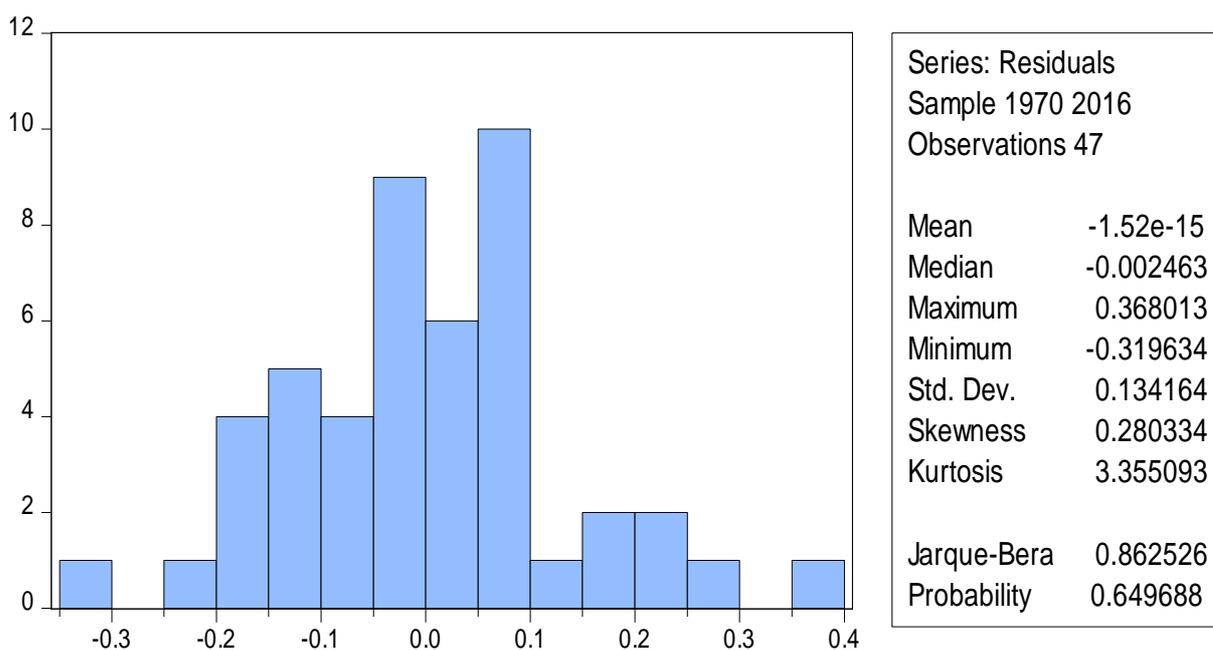
<b>Heteroskedasticity Test : ARCH</b>			
<b>F-statistic</b>	1.651814	<b>Prob. F(8,38)</b>	0.1427
<b>Obs*R-squared</b>	12.12707	<b>Prob. Chi-Square(8)</b>	0.1456
<b>Scaled explained SS</b>	12.46201	<b>Prob. Chi-Square(8)</b>	0.1317

Source : Préparé par l'étudiante sur la base des résultats du programme EVIEWS 10

**Tableau 16 : Resultat du test LM du modèle 2 :**

<b>Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:</b>			
<b>F-statistic</b>	1.207408	<b>Prob. F(2,36)</b>	0.3108
<b>Obs*R-squared</b>	2.954494	<b>Prob. Chi-Square(2)</b>	0.2283

Source : Préparé par l'étudiante sur la base des résultats du programme EVIEWS 10

**Figure 14 : Résultat du test Jarque-bera du modèle 2 :**

**Source : Préparé par l'étudiante sur la base des résultats du programme EVIEWS**

## 10

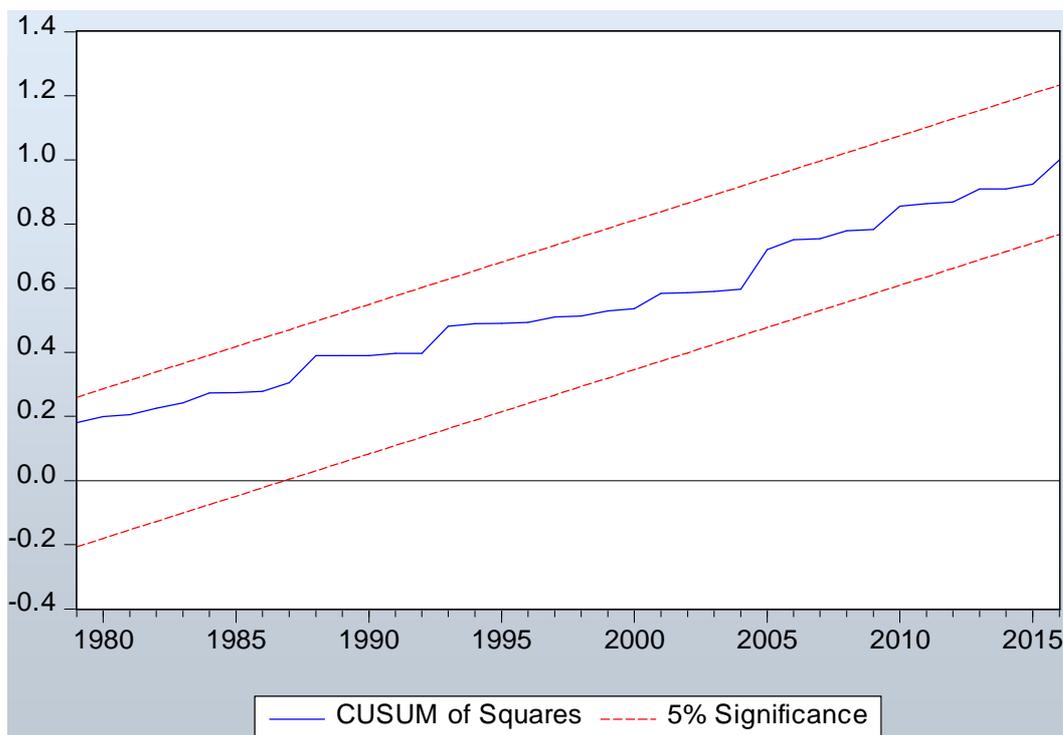
La valeur statistique du test (**jarque-bera**) est  $V_{Stat} = 0.86$  est significative statistiquement comme sa valeur probabiliste en termes statistiques (0.64), autrement dit, nous rejetons l'hypothèse nulle selon qui stipule les résidus de l'estimation ne suit pas la distribution normale, le test de (**Heteroskedasticity Test:ARCH**) montre que la variance des erreurs est constante tout au long de la période d'étude car la valeur probabiliste de ce test (12,12) est supérieure à la valeur critique (0,05).

La valeur statistique de (**Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test**) atteinte (2.95) est statistiquement non significative, donc l'hypothèse du néant qui stipule qu'il n'y a pas d'auto-association des résidus de l'estimation peut être acceptée.

Selon ce qu'est connu dans la littérature appliquée, deux tests montrent des résultats positifs sur trois tests qui permettent au chercheur d'adopter le modèle et de le considérer valide dans le processus d'analyse économique en général.

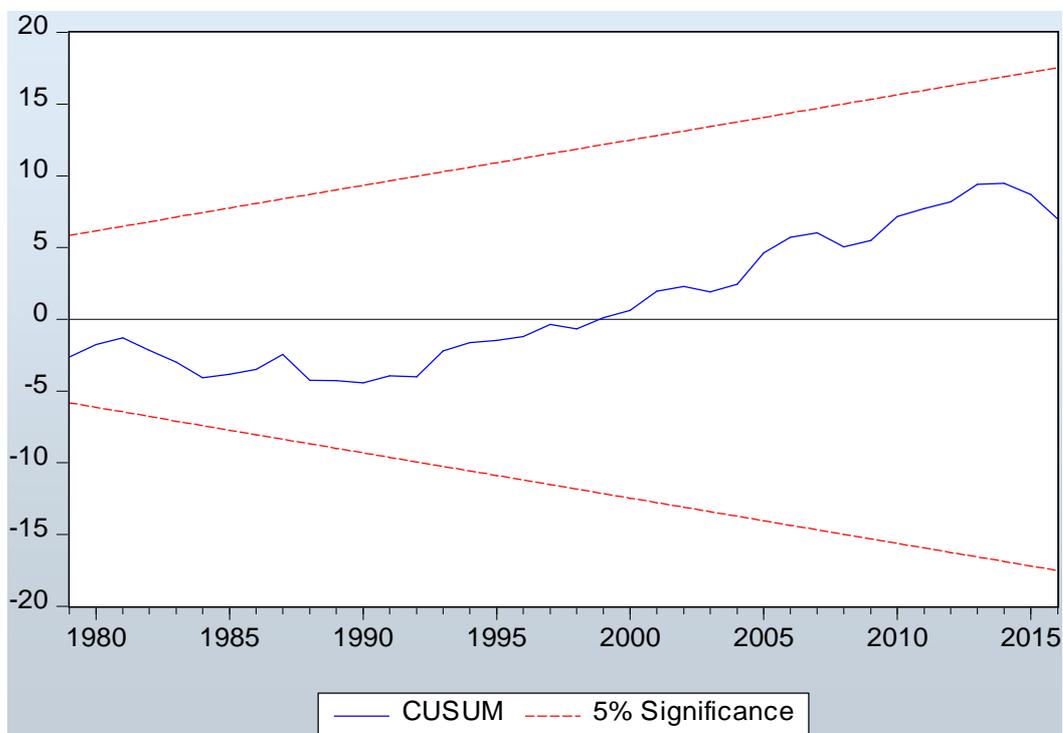
**b. Tests de CUSUM et CUSUM carrée modèle 2 :**

**Figure 15 : Teste de CUSUM du modèle 2 :**



Source : Préparé par l'étudiante sur la base des résultats du programme EVIEWS 10

**Figure 16 : Teste de CUSUM carrés du modèle 2 :**



Source : Préparé par l'étudiante sur la base des résultats du programme EVIEWS 10

En se référant à la figure ci-dessus qui montre les valeurs cumulées et les valeurs cumulées carrées qui entrent dans les périodes de confiance, les capacités du modèle peuvent être considérées comme assez stables pendant la période d'étude.

### 2.2.3. Significativité globale du modèle 2 :

On accepte l'hypothèse alternative qui stipule que le modèle significatif pleinement considérant que la valeur probabiliste de la statistique de Fisher  $F_{Stat} = 17.8$  significative statiquement considérant que sa valeur probabiliste est inférieure à la valeur critique de (0,05), c'est-à-dire que le modèle dans son ensemble est statistiquement significatif.

### 2.2.4. Qualité de conciliation modèle 2 :

La valeur du coefficient de limitation atteint ( $R^2=0.72$ ) Il s'agit d'une valeur élevée qui met l'accent sur la capacité des facteurs climatiques (précipitations, température) à bien interpréter les changements dans le rendement annuelle de céréale, car des variables indépendantes contribuent à expliquer 72% des changements de la production annuelle de blé, et les 28% restants sont dus à d'autres facteurs et variables non inclus dans le modèle mais inclus dans la marge d'erreur.

### 2.2.5. Significativité partielle et analyse économique du modèle 2 :

Après confirmation de la compétence statistique du deuxième modèle, à ce stade, l'analyse des résultats du processus d'estimation sera tentée en se concentrant uniquement sur des variables statistiquement significatives

Sur la base des résultats d'estimation de l'équation de long terme, présentés dans le tableau 14, les fluctuations de température affectent négativement le rendement céréalier en Algérie pendant la période étudiée, car l'augmentation des températures annuelles de 1% entraîne une augmentation du rendement céréalier de plus de (0.39%).

En ce qui concerne les taux de précipitations, les résultats de l'estimation ont également montré un impact positif et statistiquement significatif de cette variable sur le rendement de la céréale, car une augmentation des taux de précipitations de 1% peut améliorer le rendement des céréales jusqu'à 0.01%.

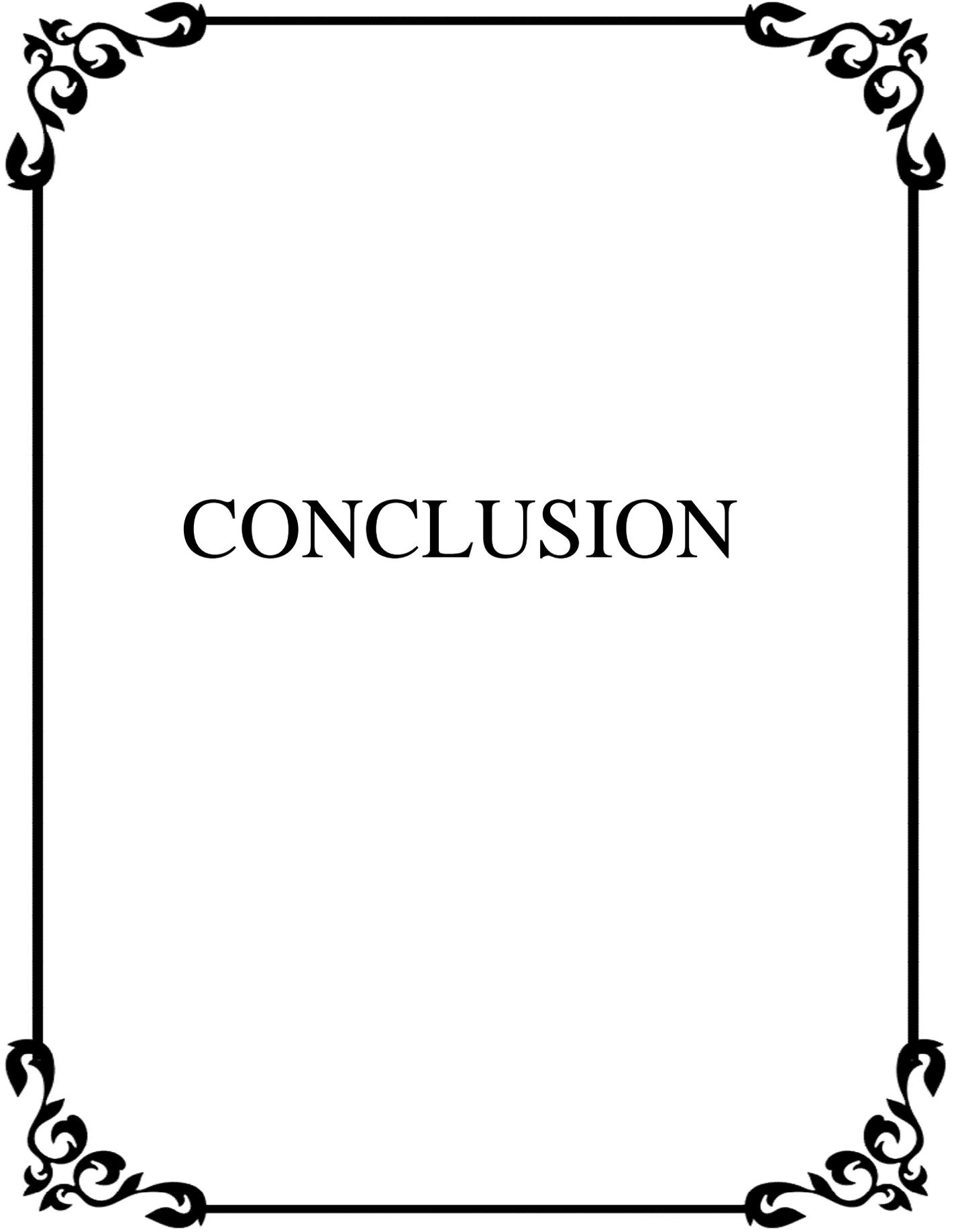
## Conclusion

Dans ce chapitre on a essayé de faire une étude empirique de l'impact des changements climatiques sur la production agricole en Algérie, pour la période de 1966 à 2016, en utilisant des outils et des méthodes d'économétrie. Pour ce faire, deux formes fonctionnelles ont été proposées. Le premier modèle explique la relation entre les variables climatiques (température et précipitation) adoptées en tant que variables indépendantes et la pro-

duction céréalière en tant que variable dépendante, tandis que le second modèle explique la relation entre les variables climatiques (température et précipitation) adoptées en tant que variables indépendantes et le rendement céréalière en tant que variable dépendante.

D'après cette étude, on a dégagé les résultats suivants :

- Les résultats du test de Philippe Perron ont montré que les séries chronologiques utilisées sont stationnaires après la 1<sup>er</sup> différence, i.e. intégrées d'ordre 1 I(1), et que l'approche bounds test de co-intégration peut être appliquée à l'aide du modèle ARDL ;
- Après avoir déterminé le nombre de retard optimal, le test de limite a été utilisé (**Bounds test**). Les résultats ont montré qu'il existe une relation de co-intégration commune entre les variables étudiées.
- Les résultats des tests de diagnostic ont prouvé que les résultats des paramètres à long et à court terme peuvent être utilisés pour un diagnostic correct du phénomène.
- Enfin, les résultats de l'estimation des modèles de correction d'erreur ont montré une relation d'équilibre à court terme entre les variables d'étude vers l'équilibre à long terme, et la vitesse d'ajustement de court terme à long terme est de 62 % pour le premier modèle et 92% pour le deuxième.
- A long terme, la variabilité de la température influence négativement la production agricole.



# CONCLUSION

## Conclusion

---

### Conclusion générale :

Dans ce mémoire, nous avons suivi la performance du secteur agricole algérien à la lumière des changements climatiques qui sont devenus un phénomène international qui ne peut être ignoré en raison de ses effets spéciaux sur ce secteur, qui a une relation directe avec les facteurs climatiques.

L'Algérie est un pays méditerranéen qui souffre vraiment du risque climatique, et nous semblons intéresser à recentrer l'analyse sur la sécheresse. Le point de départ pour choisir cette perspective analytique est d'observer que la sécheresse en Algérie est l'une des manifestations les plus silencieuses et les moins impressionnantes du changement climatique, et ses bénéfices sociaux sont aussi importants que les conséquences catastrophiques de l'approvisionnement alimentaire.

En effet, le mémoire est composé de trois (3) chapitres. Dans le premier chapitre on a présenté les changements climatiques, ses causes et ses impacts, plus une brève revue de la littérature. Le deuxième chapitre traite du changement climatique en Algérie et ses impacts sur la production agricole, ainsi que les politiques agricoles adoptées par le gouvernement algérien pour atténuer les effets désastreux du phénomène en question et développer le secteur agricole. Le troisième chapitre est un chapitre de modélisation économétrique dans lequel nous avons analysé deux modèles : le premier étudie l'impact des variables climatiques (température et précipitations) sur la production céréalière et le deuxième étudie l'impact des variables climatiques (température et précipitations) sur le rendement céréalière.

#### 1. Les résultats dégagés

- L'homme est la principale cause du changement climatique à travers les émissions anthropiques de gaz à effet de serre qui sont de plus en plus élevées.
- La gravité de la variabilité climatique menace le secteur agricole algérien en aggravant les pénuries d'eau et la dégradation des terres arables.
- Les instruments économétriques peuvent être utilisés pour mettre en évidence l'impact des variables climatiques affectant la production agricole et pour prévoir l'évolution future du secteur agricole algérien.
- L'importance d'utiliser des méthodes scientifiques dans le processus d'estimation économétrique, son importance représentée par son rôle dans l'orientation des plans stratégiques et la prise de décisions appropriées, où nous avons utilisé plusieurs tests, dont le plus important est le test d'intégration commune (Bound

## Conclusion

---

tests) pour nous montrer l'efficacité de l'impact des variables climatiques sur la production agricole en Algérie.

- A long terme, la variabilité de la température influence négativement la production agricole

### 2. Les recommandations :

À la suite des résultats, nous pouvons faire quelques recommandations comme suit :

- Adoption des politiques de gestion de l'eau directe et indirecte mises en œuvre dans les «principes de Dublin<sup>21</sup>» ;
- Mettre l'accent sur les écosystèmes vulnérables, y compris les oasis et les écosystèmes montagneux arides directement touchés par le changement climatique ;
- Les politiques de production/développement agricole doivent avoir moins de preuves du changement climatique, c'est-à-dire qu'elles doivent démontrer sur le terrain une faible consommation d'énergie fossile et une utilisation réduite d'engrais chimiques et de pesticides, et doivent mettre en place des systèmes de culture et d'élevage respectueux de l'environnement, tels que: «l'agriculture raisonnée», la «permaculture» ou «l'agriculture biologique» ;
- Mise en place des politiques de prévention des risques (Politiques nationales de gestion des risques sécheresse/inondation, politique des semences, ...) ;
- Mise en place des politiques de prévention et de gestion des risques et des crises (Assurance agricole, Plan d'assistance, ...) ;
- Mise en place des politiques de prévention et de gestion des crises alimentaires (Stratégie de sécurité alimentaire, ...) ;
- Mettre en œuvre des politiques de renforcement des capacités pour lutter contre le changement climatique, ce qui nécessite néanmoins des investissements dans la recherche, la formation, l'orientation et la sensibilisation;

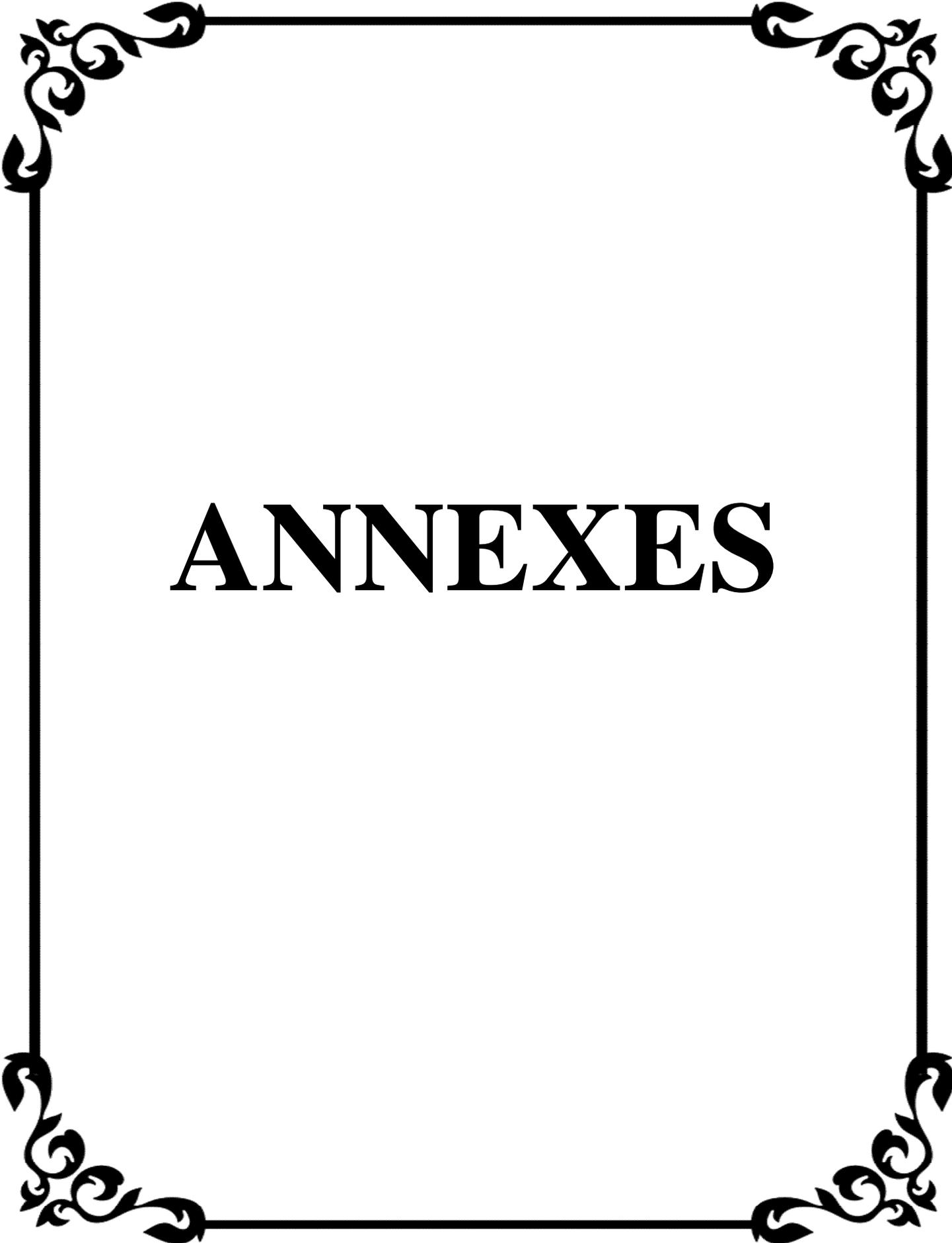
---

<sup>21</sup> En janvier 1992, la Conférence internationale sur l'eau et l'environnement de Dublin pose un constat alarmant : la situation mondiale de l'eau est en danger, l'eau douce est rare et son emploi doit se faire avec considération.

## Conclusion

---

- Intégrer la lutte contre la désertification dans un processus plus global de développement durable dans le pays, y compris les facteurs techniques, sociaux-économiques et les facteurs juridiques et institutionnels ;
- Promouvoir des politiques qui intègrent la gestion des terres, des forêts et des terres dans une approche plus globale de la fourniture de services environnementaux et d'avantages pour la diversité biologique, et qui répondent aux besoins de la population à court et à long terme;
- Élaborer des politiques de sensibilisation à la déforestation, à la dégradation des ressources forestières et pastorales et à la désertification. (Z. Sahli, 2011).



# ANNEXES

## ANNEXES

### Annexe 1 : Tableau de teste de la stationnarité de Philip Perron :

+

		UNIT ROOT TEST TABLE (PP)				
		<u>At Level</u>				
			LNREND	LNDT	LNDP	LNAGR
<u>With</u> Constant	<u>t-Statistic</u>		-2.6654	-2.3701	-6.3500	-5.3445
	<u>Prob.</u>		<b>0.0872</b> *	<b>0.1552</b> n0	<b>0.0000</b> ***	<b>0.0000</b> ***
<u>With</u> Constant & Trend	<u>t-Statistic</u>		-5.4793	-4.7175	-6.2479	-6.7673
	<u>Prob.</u>		<b>0.0002</b> ***	<b>0.0021</b> ***	<b>0.0000</b> ***	<b>0.0000</b> ***
<u>Without</u> Constant & Trend	<u>t-Statistic</u>		1.4066	1.5089	-0.0943	0.9981
	<u>Prob.</u>		<b>0.9584</b> n0	<b>0.9660</b> n0	<b>0.6463</b> n0	<b>0.9138</b> n0
		<u>At First</u> <u>Difference</u>				
			d(LNREND)	d(LNDT)	d(LNDP)	d(LNAGR)
<u>With</u> Constant	<u>t-Statistic</u>		-17.3574	-12.0431	-22.9114	-43.7749
	<u>Prob.</u>		<b>0.0000</b> ***	<b>0.0000</b> ***	<b>0.0001</b> ***	<b>0.0001</b> ***
<u>With</u> Constant & Trend	<u>t-Statistic</u>		-16.7965	-12.5205	-21.9060	-42.2289
	<u>Prob.</u>		<b>0.0000</b> ***	<b>0.0000</b> ***	<b>0.0000</b> ***	<b>0.0000</b> ***
<u>Without</u> Constant & Trend	<u>t-Statistic</u>		-13.2155	-12.0695	-23.0633	-23.1072
	<u>Prob.</u>		<b>0.0000</b> ***	<b>0.0000</b> ***	<b>0.0000</b> ***	<b>0.0000</b> ***

Source : Préparé par l'étudiante sur la base des résultats du programme EVIEWS 10

# ANNEXES

## Annexe 2 : Teste de co-intégration modèle 1 :

ARDL Long Run Form and Bounds Test  
 Dependent Variable: D(LAGR)  
 Selected Model: ARDL(3, 3, 1)  
 Case 4: Unrestricted Constant and Restricted Trend  
 Date: 08/03/21 Time: 03:11  
 Sample: 1966 2016  
 Included observations: 47

Conditional Error Correction Regression				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	8.849031	2.931893	3.018197	0.0046
@TREND	0.015806	0.005016	3.151216	0.0033
LAGR(-1)*	-0.625895	0.207390	-3.037245	0.0044
DP(-1)	0.048125	0.011171	4.308240	0.0001
DT(-1)	-0.801653	0.254696	-3.147485	0.0033
D(LAGR(-1))	-0.436889	0.189794	-2.301907	0.0272
D(LAGR(-2))	-0.318829	0.142863	-2.231713	0.0319
D(DP)	0.019416	0.003238	5.995943	0.0000
D(DP(-1))	-0.013687	0.006289	-2.176452	0.0362
D(DP(-2))	-0.005056	0.003262	-1.549894	0.1299
D(DT)	-0.445612	0.150597	-2.958970	0.0054

\* p-value incompatible with t-Bounds distribution.

Levels Equation				
Case 4: Unrestricted Constant and Restricted Trend				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DP	0.076402	0.029898	2.555414	0.0150
DT	-1.272676	0.569474	-2.234825	0.0317
@TREND	0.025094	0.005570	4.505213	0.0001

EC = LAGR - (0.0764\*DP - 1.2727\*DT + 0.0251\*~~@TREND~~)

F-Bounds Test				
Null Hypothesis: No levels relationship				
Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
<b>Asymptotic:</b>				
n=1000				
F-statistic	8.857074	10%	3.38	4.02
k	2	5%	3.88	4.61
		2.5%	4.37	5.16
		1%	4.99	5.85
<b>Finite Sample:</b>				
n=50				
Actual Sample Size	47	10%	3.573	4.288
		5%	4.225	5.03
		1%	5.805	6.79
<b>Finite Sample:</b>				
n=45				
		10%	3.625	4.33
		5%	4.335	5.078
		1%	5.878	6.87

Source : Préparé par l'étudiante sur la base des résultats du programme EVIEWS 10

# ANNEXES

## Annexe 3 : Teste de co-intégration modèle 2 :

ARDL Long Run Form and Bounds Test  
 Dependent Variable(LREND)  
 Selected Model : ARDL (1, 3, 1)  
 Case 4: Unrestricted Constant and Restricted Trend  
 Date: 08/03/21 Time: 03:14  
 Sample: 1966 2016  
 Included observations: 47

Conditional Error Correction Regression				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	5.639352	0.877392	6.427400	0.0000
@TREND	0.023664	0.003954	5.984242	0.0000
LREND (-1)*	-0.922047	0.143408	-6.429519	0.0000
DP (-1)	0.018312	0.005453	3.358135	0.0018
DT (-1)	-0.365868	0.122830	-2.978646	0.0050
D(DP)	0.007966	0.001529	5.211009	0.0000
D (DP (-1))	-0.006227	0.002979	-2.090124	0.0434
D (DP (-2))	-0.003294	0.001560	-2.111461	0.0414
D(DT)	-0.214969	0.073094	-2.941008	0.0055

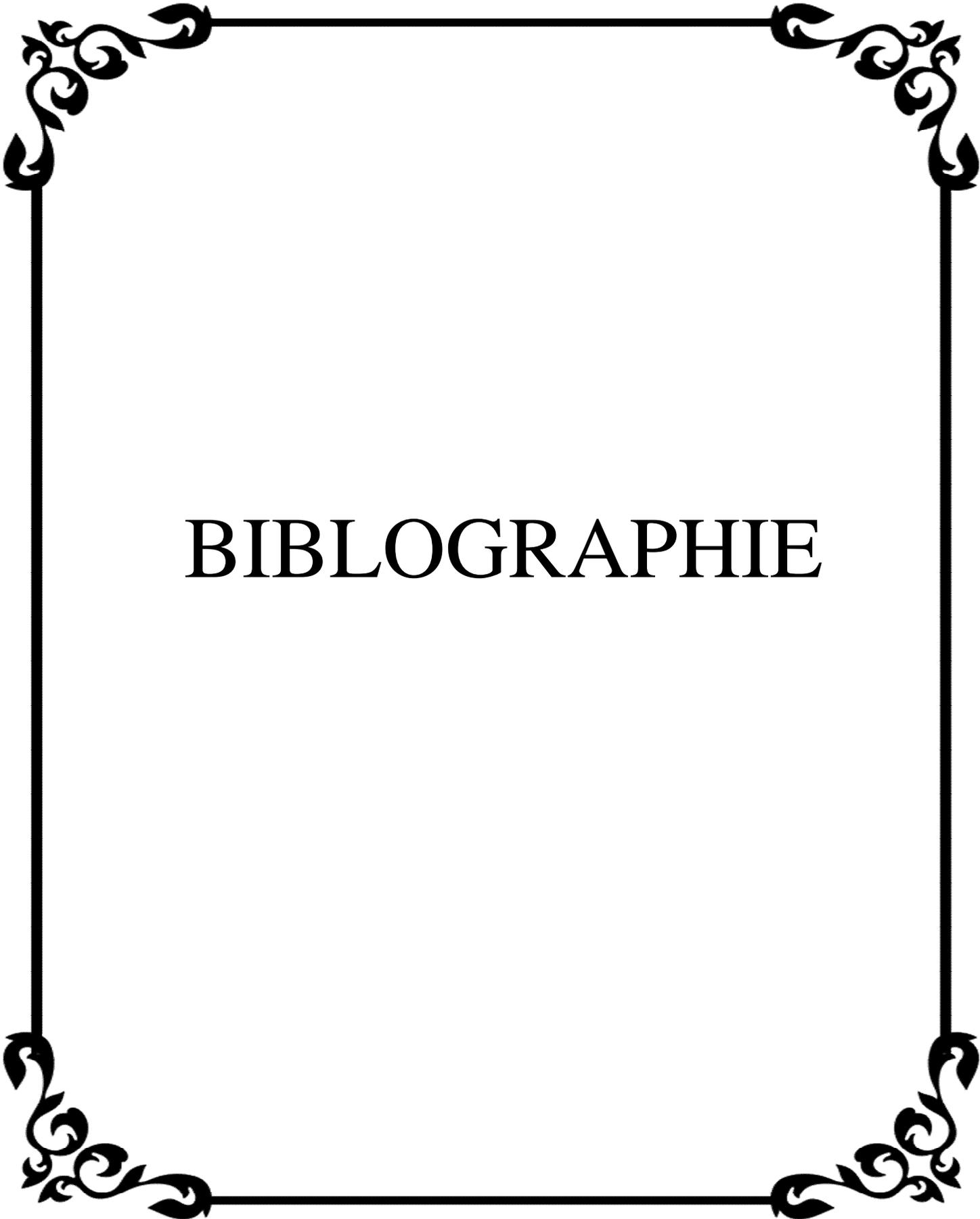
\* P-value incompatible with t-Bounds distribution.

Levels Equation Case 4: Unrestricted Constant and Restricted Trend				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DP	0.019860	0.005498	3.612407	0.0009
DT	-0.396800	0.136665	-2.903442	0.0061
@TREND	0.025665	0.001738	14.76979	0.0000

EC = LREND - (0.0199\*DP -0.3968\*DT + 0.0257\*@TREND )

F-Bounds Test Null Hypothesis: No levels relationship				
Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
Asymptotic: n=1000				
F-statistic	11.51374	10%	3.38	4.02
k	2	5%	3.88	4.61
		2.5%	4.37	5.16
		1%	4.99	5.85
Finite Sample: n=50				
Actual Sample Size	47	10%	3.573	4.288
		5%	4.225	5.03
		1%	5.805	6.79
Finite Sample: n=45				
		10%	3.625	4.33
		5%	4.335	5.078
		1%	5.878	6.87

Source : Préparé par l'étudiante sur la base des résultats du programme EVIEWS 10



# BIBLIOGRAPHIE

## BIBLIOGRAPHIE

---

### **I. Les ouvrages :**

1. **Bourbonnais R.** (2006), Econmétri 6e édition, Dound, Patis, p 231-232.
2. **Mostefa-Kara K.** (2008). «La menace climatique en Algérie et en Afrique». Hydra (Algérie) : Editions Dahlab, p384.
3. **Mouhouche, B. et Guemraoui, M.** (2004). «Réhabilitation des grands périmètres d'irrigation en Algérie», HAL Id : cirad-00189190, p13

### **II. Mémoires et thèses :**

- 1- **Yahiaoui D.** (2015). Impacts des variations climatiques sur l'agriculture en Oranie. Mémoire de Magister. Faculté des sciences de la nature et de la Vie. Département de biologie. Université Oran

### **III. Article et communication :**

- 1- **Adams RM., McCarl.B.A., Dudek. D.J. and Glycer J.D.** (1988). Implications of global climate change for western agriculture. Western J. Agric. Economics 13: 348-356.
- 2- **Agoumi S., Yacoubi. F ., Sayouti. M. Chikri.** (1999). «Changements climatiques et ressources en eau». Hydrogéologie appliquée, 12(11), pp. 163-182.
- 3- **Arrus R., Rousset N.** (2006). «L'agriculture du Maghreb au défi du changement climatique : Quelles stratégies d'adaptation face à la raréfaction des ressources hydriques ?» Communication à WATMED 3,3 conférence internationale sur les Ressources en Eau dans le Bassin Méditerranéen, Tripoli (Liban), LEPII – EPE, 8 p.
- 4- **Bouchedja A.** (2012). «La Politique nationale de l'eau en Algérie». Euro-RIOB 2012 : 10ème Conférence Internationale, Istanbul – Turquie, 25 p.pdf.
- 5- **Brklacich M ; Stewart R. ; Kirkwood V. and Muma R.** (1994). Effects of global climate change on wheat yields in the Canadian prairie. In : Implications of Climate Change for International Agriculture : Crop Modelling Study. C. Rosenzweig and A. Iglesias (eds.). US Environmental Protection Agency, Washington DC. pp. 1-23.
- 6- **Carter T.R. ; Porter J.R. and Parry M.L.** (1991). Climatic warming and crop potential in Europe : prospects and uncertainties. Global Environ Change 1: 291-312.
- 7- **Denhartigh C ;** (2014), Adaptation de l'agriculture aux changements climatiques Recueil d'expériences territoriales, Le Réseau Action Climat-France, P5.
- 8- **Easterling W.E. ; Crosson, P.R ; Rosenberg, N.J. ; McKenney M ; Katz L.A and Lemon K.** (1993). Agricultural impacts of and responses to climate change in the Missouri-Iowa-Nebraska-Kansas (MINK) region. Climatic Change 24: 23-61.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- 9- **Fischer G ; Frohberg K ; Parry M.L. and Rosenzweig C.** (1994). Climate change and world food supply, demand and trade. *Global EnvironChange*. 4 (1) : 7-23.
- 10- **Lakdhary H.** (2009). Les conséquences du changement climatique sur l'agriculture algérienne. Quelle stratégie d'adaptation face à la rareté de l'eau ? Cinquième colloque international : « Energie, changement climatique et développement durable ». Hammamet (Tunisie). 15-17 juin 2009
- 11- **Lévite H.** (Center for Mediterranean Integration, World Bank). (2016). «Impacts du changement climatique sur l'agriculture au Sud et à l'Est de la Méditerranée. Besoins d'adaptation exprimés par les pays, enjeux de discussion lors de la COP22 ?» CIHEAM, WatchLetter n°37, Paris.
- 12- **Nedjraoui D ; Bedrani.S** (2008) : la désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte », *Vertigo* - la revue électronique en sciences de l'environnement, Volume 8 Numéro 1 | avril
- 13- **Nichane M ; Khelil M.A.** (2015). «Changements climatiques et ressources en eau en Algérie : vulnérabilité, impact et stratégie d'adaptation», *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n°21, March 2015, pp. 15-23, pdf.
- 14- **Reilly J., Baethgen, W., Chege, F.E., van de Geijn, S.C., Erda, L., Iglesias, A., Kenny, G., Patterson, D., Rogasik, J., Rotter, R., Rosenzweig, C., Sombroek, W. and Westbrook, J.** (1996). Agriculture in a changing climat : Impacts and adaptation, In : *Changing Climat : Impacts and Response Strategies*, Report of Working Group II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Chapter 13. Cambridge University Press, Cambridge, UK (in press).
- 15- **Reilly, J., Hohmann, N. and Kane, S.** (1993). Climate Change and Agriculture : Global and Regional Effects Using an Economic Model of International Trade. MIT-CEEPR 93-012WP. Massachusetts Institute for Technology, Center for Energy and Environmental Policy, Boston.
- 16- **Sahli Z., Amrani M.,** (2019), Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Tunis, p35
- 17- **Sahli, Z.** (2011). Aménagement et Lutte contre la désertification : cas du Plan d'aménagement de la wilaya (PAW) de «Nâama Sud-Ouest Algérien», Communication au Séminaire «Politiques, programmes et projets de lutte contre la désertification, quelles évaluations ?», CSFD, Montpellier, 12 p.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- 18- **Seino, H.** (1993). Impacts of climatic warming on Japanese agriculture. In : The Potential Effects of Climate Change in Japan. N. Shuzo, H. Hideo, H. Hirokazu, O. Toshiichi and M. Tsuneyuki (eds.). Environment Agency of Japan, Tokyo. pp. 15-35.
- 19- **Tabet-aoul M.** (2008), Impacts du changement climatique sur les agricultures et les ressources hydriques au Maghreb, Les notes d'alerte du CIHEAM N°48 – 4 juin 2008
- 20- **Tobey, J., Reilly, J. and Kane, S.** (1992). Economic implications of global climate change for world agriculture. *Journal of Agricultural and Resource Economics* 17 : 195-204.
- 21- **Umali, D.L.** (1993). Irrigation-induced salinity : à growing problem for development and the environment. World Bank Tech. Paper No. 215. World Bank, Washington DC.
- 22- **Zaabat.S ; Merghit.A** Les mécanismes de protection de l'environnement et leur rôle dans la réalisation du développement durable en Algérie
- 23- Melissa Denchak, (2017), "Global Climate Change" «www.nrdc.org, publier le 23/02/2017, Consulté le 07/06/2021.
- 24- Murat Suner, (2019) WHAT ARE HUMAN CAUSES OF CLIMATE CHANGE ? www.fairplanet.org, publier le 19/12/2019, Consulté le 07/06/2021

### **IV. Reuves :**

- 1- **Chaabane, M.** (2012). «Comment concilier changement climatique et développement agricole en Algérie ?» *Territoires en mouvement*, n°14-15, pp. 72-91, <http://tem.revues.org/1754>
- 2- **Dekkiche A.,** (2010), Diagnostic des potentialités hydriques à l'échelle synoptique, Effet de la variabilité climatique, ANRH, Oran, p19
- 3- **Kane, S., Reilly, J. and Tobey, J.** (1992). An empirical study of the economic effects of climate change on world agriculture, *dim. Change* 21: 17-35.
- 4- **Leemans, R. and Solomon, A.M.** (1993). Modelling the potential in yield and distribution of the earth's crops under a warmed climate, *dim. Res.* 3: 79-96.
- 5- **Matthews, R.B., Kropff, M.J., Bachelet, D. and van Laar, H.H.** (1994) b. The impact of global climate change on rice production in Asia : A simulation study. Report No. ERL-COR-821. US Environmental Protection Agency, Environmental Research Laboratory, Corvallis.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- 6- **Mendelsohn, R., Nordhaus, W. and Shaw, D.** (1994). The impact of climate on agriculture : à Ricardian approach. Amer. Econ. Rev. 84: 753-771.
- 7- **Peter.C ; Perron.Ph ; Perron.P** " Testing for a Unit Root in the time series regression", Biometrika Vol75, N°é, 1988, p p 335-346.
- 8- **Wang, Y.P., Handoko, J.R. and Rimmington, G.M.** (1992). Sensitivity of wheat growth to increased air temperature for different scenarios of ambient CO2 concentration and rainfall in Victoria, Australia - a simulation study. Climatic Research 2: 131-149.

### V. Les rapports :

- 1- Banque Mondiale (2018). Data World Bank- World development indicators
- 2- CREAD (2018). Analyse de l'état de sécurité alimentaire et nutritionnelle en Algérie. Volume 1. Mars 2018
- 3- **Darwin, R., Tsigas, M., Lewandrowski, J. and Raneses, A.** (1995). World Agriculture and Climate Change : Economic Adaptation. Report No. AER-709. Economic Research Service, Washington DC
- 4- GIEC, (2001), Le troisième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental
- 5- GIEC-IPCC, (2008) ; Brauch, 2007. ; Maracchi et al, 2005. ; Agoumi, 2003. ; Fischer et al, 2005, in M.Taabni et M-Driss El Jihad, Revue.org, 212, et Lahlou, 1996. ; Remini et Remini, 2003.
- 6- GIEC (AR5, IPCC 2014), Le cinquième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental
- 7- MAAF, (2016), Politiques agricoles à travers le monde : quelques exemples, P2
- 8- Office fédéral de l'environnement (OFEV) 2017 ; IPCC 2018, Special Report Global Warming of 1.5 °C ; FAU Florida Atlantic Université 2018

### VI. Contribution :

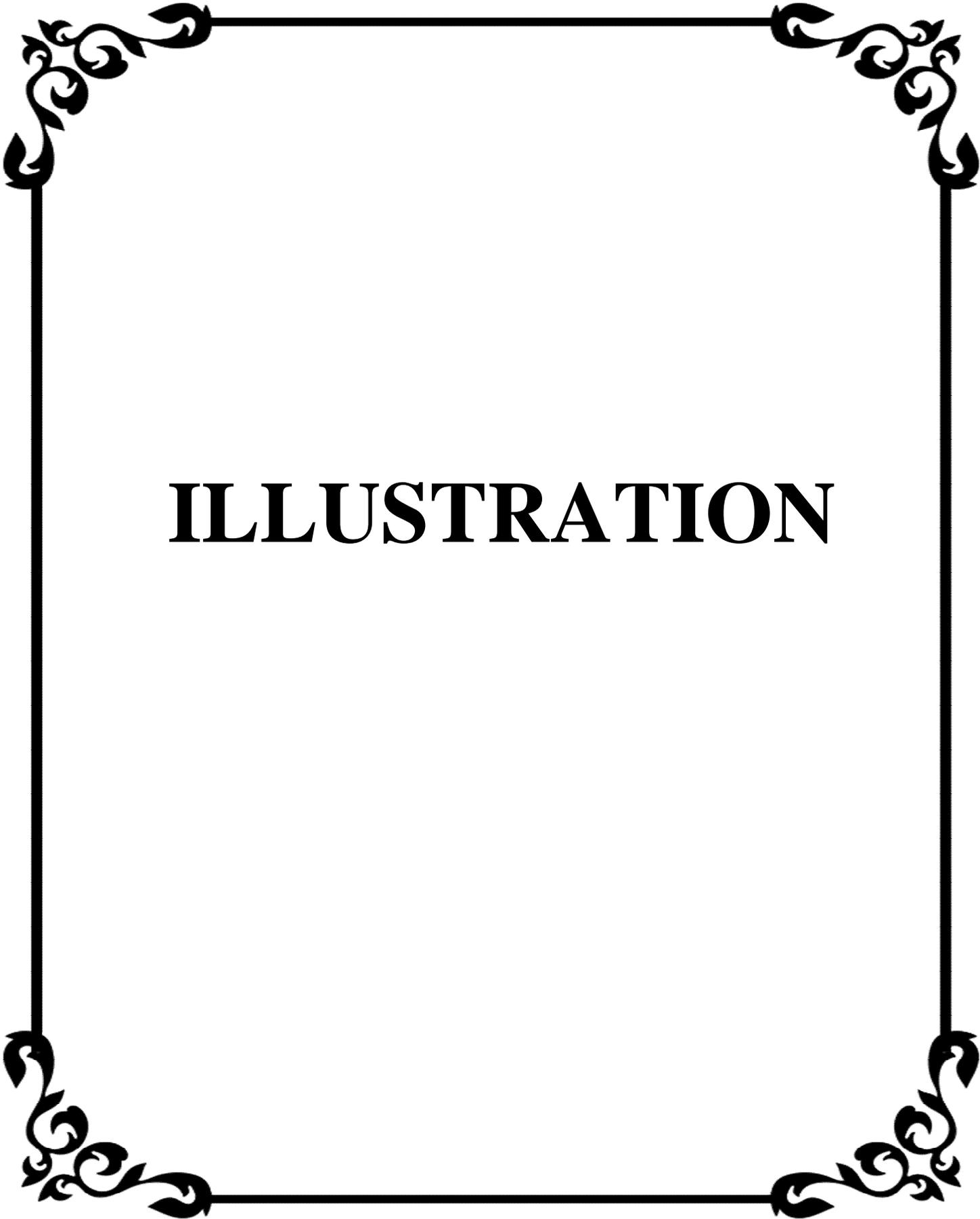
- 1- **Brklacich, M. and Smit, B.** (1992). Implications of changes in climatic averages and variability on food production opportunities in Ontario, Canada. Climatic Change 20: 1-21.
- 2- **Lahlou A.** (1996) - Environmental and socio-economic impacts of erosion and sedimentation in North Africa. In : Erosion and Sediment Yield, Global and Regional Perspectives. Exeter : IAHS publication, n° 236, University of Exeter, p. 491-500.

### VII. SITES WEB :

## BIBLIOGRAPHIE

---

- 1- <http://www.dgf.dz> (20/06/2021)
- 2- <http://www.anrh.dz/>(25/06/2021)
- 3- <https://www.climatsetvoyages.com/climat/algerie> (21/06/2021)
- 4- <https://www.myclimate.org> Consulté le 20/06/2021



# ILLUSTRATION

## ILLUSTRATION

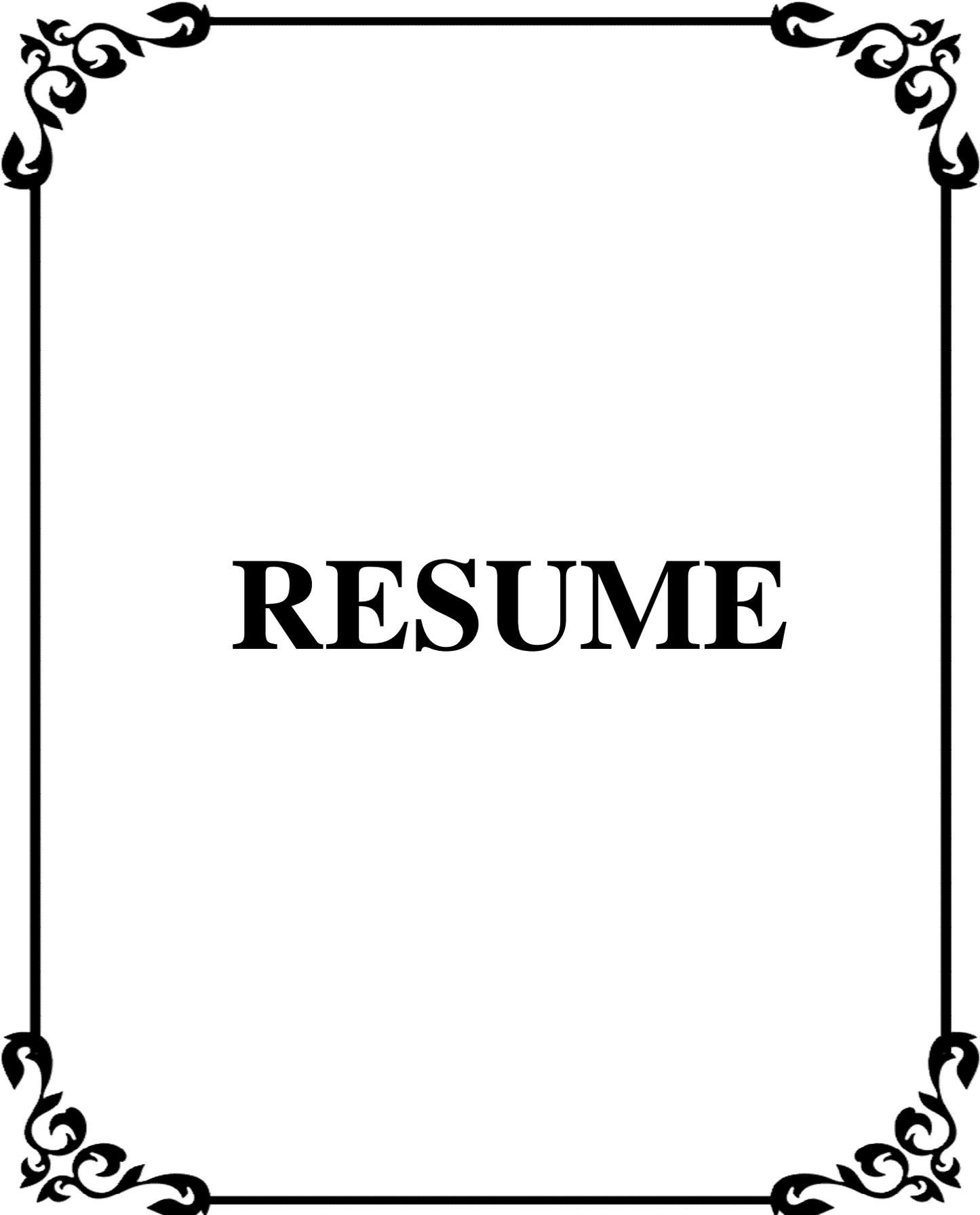
### Tableau des figures

N°	Titre	Page
01	Contributions au changement de la température observé en surface entre 1951 et 2010	05
02	Les changements climatiques affectent l'agriculture	06
03	Carte du climat de l'Algérie	26
04	Carte agricole de l'Algérie	27
05	Carte évolution du régime des précipitations entre 1913-1963 ET 1965-2004	29
06	évolution de la température et de la pluviométrie annuelles moyennes en Oranie	30
07	Balance commerciale agricole algérienne par produit 2001-2017 (millions USD)	37
08	Variation de la production céréalière en fonction des facteurs climatiques et de la superficie cultivée	39
09	Valeur AIK pour les 20 principaux modèles estimés du modèle 1	68
10	Résultat du test Jarque-bera du modèle 1	72
11	Teste de CUSUM du modèle 1	73
12	Teste de CUSUM carrés du modèle 1	73
13	Valeur AIK pour les 20 principaux modèles estimés du modèle 2	75
14	Résultat du test Jarque-bera du modèle 2	80
15	Teste de CUSUM du modèle 2	81
16	Teste de CUSUM carrés du modèle 2	81

## ILLUSTRATION

### Liste des tableaux

N°	Titre	Page
01	Rendement régional de cultures sur base de climats GCM en équilibre avec un doublement du CO <sub>2</sub> (2xCO <sub>2</sub> )	19
02	Baisse des précipitations (mm/an) sur les hautes plaines steppiques	31
03	Envasement des barrages et ses conséquences en 2010 et à l'horizon 2030	35
04	Production céréalière en Algérie au cours de la période 1966-2016	38
05	Variables d'étude, unités de mesure et ses sources	62
06	Statistiques descriptives des variables d'étude	63
07	Coefficients de corrélation linéaires simples	64
08	Teste de stationnarité des variables	65
09	Test de Limites (Bounds test) et de Forme à Long Terme du modèle 1	69
10	Résultats d'Estimation du modèle ARDL à correction d'erreur du modèle 1	70
11	Résultat du test ARCH du modèle 1	71
12	Résultat du test LM du modèle 1	71
13	Test de Limites (Bounds test) et la Forme à Long Terme du modèle 2	76
14	Résultats d'Estimation du modèle ARDL à correction d'erreur du modèle 2	78
15	Résultat du test ARCH du modèle 2	79
16	Résultat du test LM du modèle 2	79



# RESUME

## RESUME

### خلاصة:

يهدف هذا العمل الى دراسة تأثير التغيرات المناخية على إنتاج الحبوب ومردوديتها في الجزائر باستخدام بيانات سنوية خلال الفترة 1966-2016 ويستند هذا التحليل إلى نموذج الانحدار الذاتي للفجوات الزمنية الموزعة المتباطئة (ARDL) الذي قدمه Pesaran et al سنة 2001. قمنا بتحديد نموذجين: الأول يدرس تأثير المتغيرات المناخية (الحرارة والتساقط) على إنتاج الحبوب والثاني يدرس تأثير المتغيرات المناخية (الحرارة والتساقط) على مردودية الحبوب. توصلنا من خلال الدراستين التجريبتين إلى أن ارتفاع درجات الحرارة وارتفاع كميات التساقط لهما أثر إيجابي على إنتاج الحبوب ومردوديتها في الجزائر وذلك في المدى القصير والطويل. الكلمات المفتاحية: التغيرات المناخية، إنتاج الحبوب، مردودية الحبوب، نموذج الانحدار الذاتي للفجوات الزمنية الموزعة المتباطئة.

### Résumé :

Ce travail vise à étudier l'impact du changement climatique sur la production céréalière et le rendement céréalier en Algérie à partir des données annuelles de 1966-2016, cette analyse est basée sur le modèle autorégressif à retard échelonné ou distribué (ARDL) présenté par Pesaran et al en 2001.

Nous avons identifié deux modèles : le premier étudie l'effet des variables climatiques (température et précipitations) sur la production céréalière et le second étudie l'effet des variables climatiques (température et précipitations) sur le rendement céréalier.

À travers les deux études empiriques, nous avons constaté que les températures élevées et les fortes précipitations ont un impact positif sur la production céréalière et le rendement céréalier en Algérie à court et à long terme.

**Mots clé : Changement climatique, production céréalière, rendement céréalier, modèle ARDL.**

### Abstract :

This work aims to study the impact of climate change on cereal production and cereal yield in Algeria from annual data from 1966-2016, this analysis is based on the Autoregressive Distributed Lag model (ARDL) presented by Pesaran and al in 2001.

We identified two models : the first studies the effect of climate variables (temperature and precipitation) on cereal production and the second studies the effect of climate variables (temperature and precipitation) on cereal yield.

**Key words : climate change, cereal production, cereal yield, ARDL model.**