



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة

Ecole Nationale Supérieure Agronomique

*THÈSE*

En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Amélioration des Produits Végétales

**Impact des changements climatiques sur la production des céréales  
dans les conditions du semi-aride, cas du Haut Cheliff.**

Soutenu publiquement le 03 novembre 2025

Présenté par : KELKOULI Mokhtar

**Devant le jury composé de :**

<i>Présidente</i>	Mme. <b>Laouar M</b>	Professeur ENSA El Harrach (Alger)
<i>Directeur de thèse</i>	Mr. <b>Bouderbala A</b>	Professeur UDBKM Khemis Miliana
<i>Co-directeur de thèse</i>	Mr. <b>Haddad B</b>	Maitre de conférence ENSA El Harrach (Alger)
<i>Examineurs (trice)</i>	Mme. <b>Chekired F/Z</b>	Maitre de conférence ENSA El Harrach (Alger)
	Mr. <b>Benkhellifa M</b>	Professeur U Abdelhamid Ben Badis Mostaganem
	Mme. <b>TAIBI Sabrina</b>	Maitre de conférence U Saad Bahleb Blida 1

Année universitaire

**2024-2025**

## Sommaire

### INTRODUCTION GÉNÉRALE

#### Première partie : Etude bibliographique

##### Chapitre 01

#### Climat et son changement

<b>1.1. Généralités sur le climat</b>	
1.1.1. Températures	5
1.1.2. Précipitations	6
1.1.3. Humidité	7
1.1.4. Vent	7
1.1.5. Rayonnement (lumière)	7
1.1.6. Evaporation	8
<b>1.2. Paramètres climatiques influençant la production des céréales</b>	
1.2.1. Température	9
1.2.2. Pluies	10
1.2.3. Humidité du sol	11
1.2.4. Vent	11
<b>1.3. Accidents climatiques</b>	
1.3.1. Sirocco	11
1.3.2. Canicule	12
1.3.3. Grêle	13
1.3.4. Gelée	13
<b>1.4. Changements climatiques</b>	
1.4.1. Dans le monde	15
1.4.2. En Algérie	16
<b>1.5. Impact des changements climatiques sur l'agriculture</b>	
1.5.1. Dans la région du Haut Cheliff	20

##### Chapitre 02

#### Céréaliculture

<b>2.1. Généralités sur la céréaliculture</b>	22
2.1.1. Origine et historique des céréales à petites graines	22
2.1.2. Classification botanique	22
2.1.3. Production de céréales en Algérie	23
2.1.4. Production des céréales d'hiver dans la wilaya d'Aïn Defla	24
<b>2.2. Importances agronomiques des céréales</b>	26
<b>2.3. Zones de culture des céréales en Algérie</b>	26
<b>2.4. Contraintes de production</b>	27
<b>2.5. Maladies des blés et de l'orge</b>	28
2.5.1. Maladies foliaires	28
2.5.2. Maladies foliaires de l'orge	29

2.5.3. Maladies sur épis	29
<b>2.6.</b> Variétés les plus répandues de blé dur, blé tendre et de l'orge	29
2.6.1. Variétés du blé dur	30
2.6.2. Variétés du blé tendre	30
2.6.3. Variétés de l'orge	31
<b>2.7.</b> Phénologie et biologie des céréales	32
2.7.1. Cycle végétatif	32
2.7.2. Principaux stades de culture des céréales	32
<b>2.8.</b> Exigences des céréales	33
2.8.1. Climatiques	33
2.8.2. Eaux	34
2.8.3. Température	35
2.8.4. Photopériodisme	35
2.8.5. Exigences édaphiques	36
2.8.5.1. Sol	36
2.8.5.2. Eléments fertilisants	36

## Deuxième partie : Etude expérimentale

### Chapitre 3

#### Localisation et conditions expérimentales

<b>3.1.</b> Présentation du milieu d'étude	40
3.1.1. Conditions pédoclimatiques du milieu d'étude	40
3.1.2. Conditions climatiques des campagnes d'essais (2021/2022)	44
3.1.3. Caractéristiques pédologiques de la parcelle d'essai	45

### Chapitre 4

#### Matériels et méthodes

<b>4.1.</b> Protocole expérimental	47
4.1.1. Dispositif expérimental	47
4.1.2. Facteurs étudiés et leurs niveaux	47
4.1.3. Objets de l'expérimentation	48
4.1.4. Observations et mesures	48
4.1.5. Caractéristiques des unités expérimentales	48
<b>4.2.</b> Matériels d'étude	50
4.2.1. Matériel de travail du sol	50
4.2.2. Matériel de semis et d'entretien	51
4.2.3. Matériels d'expérimentation	51
<b>4.3.</b> Conduite et suivi de l'étude expérimentale	55
4.3.1. Précédent cultural	55
4.3.2. Préparation du sol	55
4.3.3. Semis	55
4.3.4. La fertilisation	56
4.3.5. Désherbage	56
<b>4.4.</b> Méthodes de mesure	56
4.4.1. Les mesures relatives au sol	56
4.4.2. Paramètres de mesure et notations	60

## Chapitre 5

**Résultats et discussions**

<b>5.1.</b> Impact des conditions climatiques sur la production des blés et orge dans les conditions du Haut Cheliff.	69
5.1.1. Variabilité des précipitations	69
5.1.2. Variabilité de la température	70
5.1.3. Évolution de l'humidité de l'air	72
5.1.4. Comparaison entre les besoins en eau des céréales et les précipitations annuelles	73
5.1.5. Rendements céréaliers dans la zone d'étude	74
5.1.6. Discussion	76
5.1.7. Conclusion	78
<b>5.2.</b> Impact des changements climatiques sur le rendement et ses composants des blés et orge.	
5.2.1. Impacts années et irrigations sur la production du blé dur	79
5.2.1.1. Effets sur la hauteur de la plante du blé dur	80
5.2.1.2. Effets sur le peuplement épi/m <sup>2</sup> du blé dur.	81
5.2.1.3. Effet sur le nombre de grain par épi du blé dur.	83
5.2.1.4. Effet sur le poids de mille grains du blé dur.	85
5.2.1.5. Effets sur le rendement réel du blé dur.	87
5.2.2. Impacts années et irrigations sur la production du blé tendre.	89
5.2.2.1. Effets sur la hauteur de la plante du blé tendre	89
5.2.2.2. Effets sur le peuplement épi/m <sup>2</sup> du blé tendre.	91
5.2.2.3. Effets sur le nombre de grain/épi du blé tendre.	93
5.2.2.4. Effets sur le poids de mille grains du blé tendre.	95
5.2.2.5. Effets sur le rendement réel du blé tendre.	97
5.2.3. Impacts des années et des pratiques d'irrigation sur la production de l'orge.	99
5.2.3.1. Effets sur la hauteur de la plante d'orge.	99
5.2.3.2. Effets sur le nombre d'épi/m <sup>2</sup> de l'orge.	101
5.2.3.3. Effets sur le nombre de grain/épi de l'orge.	103
5.2.3.4. Effets sur le poids de mille grains de l'orge.	105
5.2.3.5. Effets rendement réel sur l'orge.	106
Conclusion générale	109
Références bibliographiques	113
Annexes	117

## Remerciements

Je tiens tout d'abord à exprimer toute ma gratitude à mon Directeur de Thèse, Professeur **Mr. Bouderbala Abdelkader** pour son aide, son soutien et ses conseils pour mener à bien ce travail et surtout pour sa confiance à mon égard, ainsi que pour toute la peine consentie pour l'encadrement de ce travail de recherche.

Mes remerciements vont aussi à mon co-directeur de thèse et ami **Mr. Haddad B**, pour son soutien moral, son aide et ses conseils pour le co-encadrement de cette étude.

Au Professeur **Mme. Laouar M** pour l'honneur qu'elle me fait de présider le jury, ainsi qu'aux professeur **Mr. Benkhelifa M** ainsi qu'aux docteurs **Mme. Taibi S** et **Mme Chikired F/Z** d'avoir accepté de faire partie du jury.

Mes plus vifs remerciements également sur les orientations et conseils si précieux et pour l'ensemble des informations qui m'ont été communiquées à :

- Mes collègues et amis de l'université Djilali Bounaama de Khemis Miliana : **Mr. Merouche Aek, Mr. Karahaçane T et Mme. Karahaçane H.**

- Mes collègues de l'Institut Technique des Grandes Cultures pour leurs aides et leurs compréhensions, particulièrement **Mr. Bentiba B, Mr. Kellalbi A, Mr. Sadeuk B H et Mr. Ournid K.**

- A mes proches, en particulier mon épouse, mes enfants, mon frère et ma sœur et leurs enfants ainsi que mon oncle « Aami **Omar** » qui m'ont encouragé pour aller jusqu'au bout.

## الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم تأثير التغيرات المناخية على الإنتاج الزراعي للحبوب في شمال الجزائر، مع التركيز على القمح الصلب، القمح اللين، والشعير في منطقة الشلف العلوي. كشف تحليل البيانات المناخية عن انخفاض في معدل هطول الأمطار السنوي بأكثر من 16% بين الفترتين 1981-1988 و 2000-2020، بالإضافة إلى ارتفاع درجات الحرارة بمقدار 0.1 درجة مئوية خلال العقود الأخيرة. أدت هذه التغيرات إلى انخفاض رطوبة التربة، مما زاد من تأثير محاصيل الحبوب أمام الإجهادات المناخية.

تم إجراء تجارب مدتها ثلاث سنوات (2022-2024) لدراسة تأثير الظروف المناخية على محاصيل الحبوب، حيث أظهرت النتائج أن عام 2022 كان الأكثر ملاءمة من حيث الإنتاجية، يليه عام 2024، بينما كان عام 2023 الأقل إنتاجية، وهذا بسبب ارتفاع درجات الحرارة في فصل الربيع.

سجل القمح الصلب أعلى متوسط إنتاج، مما يدل على قدرته على تحمل التغيرات المناخية. في المقابل، أظهر القمح اللين حساسية كبيرة لارتفاع درجات الحرارة، حيث سجل أقل إنتاجية في عام 2023. كما أظهر الشعير استقرارًا نسبيًا، على الرغم من تأثير إنتاجيته بالظروف المناخية غير الملائمة.

في الختام، تؤكد هذه الدراسة على الارتباط الكبير بين إنتاج الحبوب والظروف المناخية السنوية، وتسلسل الضوء أيضًا على ضرورة تكييف الممارسات الزراعية لتخفيف آثار التغير المناخي على المحاصيل.

**الكلمات المفتاحية:** التغيرات المناخية، إنتاج الحبوب، المردود الفلاحي، الشلف العلوي.

## Abstract.

This study aims to assess the impact of climate variability on cereal production in northern Algeria, focusing on durum wheat, soft wheat, and barley in the Upper Cheliff region. The analysis of meteorological data revealed a decrease in annual rainfall of more than 16% between the periods 1981-1988 and 2000-2020, as well as an increase in temperatures of 0.1°C over the past decades. These changes have led to a reduction in soil moisture, aggravating the vulnerability of cereal crops to climate stress.

A three-year experiment (2022-2024) was conducted to study the effects of climatic conditions on yields. The results show that 2022 was the most favorable year in terms of production, followed by 2024, while 2023 was the least productive, with particularly low yields due to high spring temperatures.

Durum wheat recorded the highest average real yield, demonstrating some stability in the face of climate variations. In contrast, soft wheat proved to be very sensitive to high temperatures, recording the lowest yield in 2023. Barley also showed relative stability, although its yields were affected by unfavorable climatic conditions.

In conclusion, this study highlights the strong dependence of cereal yields on annual climatic conditions and underscores the need to adapt agricultural practices to mitigate the effects of climate change.

**Keywords:** Climate variability, Cereal production, Agricultural yield, Upper Cheliff.

## **Résumé**

Cette étude vise à évaluer l'impact de la variabilité climatique sur la production céréalière dans le nord de l'Algérie, en se focalisant sur le blé dur, le blé tendre et l'orge dans la région du Haut Cheliff. L'analyse des données météorologiques a révélé une diminution des précipitations annuelles de plus de 16 % entre les périodes 1981-1988 et 2000-2020, ainsi qu'une augmentation des températures de 0,1°C au cours des dernières décennies. Ces changements ont entraîné une réduction de l'humidité du sol, exacerbant la vulnérabilité des cultures céréalières aux stress climatiques.

Une expérimentation de trois ans (2022-2024) a été menée pour étudier les effets des conditions climatiques sur les rendements. Les résultats montrent que 2022 a été l'année la plus favorable en termes de production, suivie de 2024, tandis que 2023 a été la moins productive, avec des rendements particulièrement faibles en raison des températures élevées du printemps.

Le blé dur a enregistré la meilleure moyenne de rendement réel, démontrant une certaine stabilité face aux variations climatiques. En revanche, le blé tendre s'est avéré très sensible aux hautes températures, enregistrant le rendement le plus faible en 2023. L'orge a également montré une relative stabilité, bien que ses rendements aient été affectés par les conditions climatiques défavorables.

En conclusion, cette étude met en évidence la forte dépendance des rendements céréaliers aux conditions climatiques annuelles et souligne la nécessité d'adapter les pratiques agricoles pour atténuer les effets du changement climatique.

**Mots clés :** Variabilité climatique, Production céréalière, Rendement agricole, Haut Cheliff.