



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE MOHAMED KHIDER BISKRA

FACULTE DES SCIENCES EXACTES ET DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

**Mémoire**

En vue de l'obtention du diplôme de Magister en sciences agronomiques

**Option**

Agriculture et environnement en régions arides

***THEME***

**Effets des changements climatiques sur les  
cultures pratiquées et les ressources en eau  
dans la région de Biskra**

Présenté par : **BOUCETTA Djamal**

**Jury :**

<b>Président</b>	: BELHAMRA Mohamed	Professeur	Université de Biskra
<b>Promoteur</b>	: MASMOUDI Ali	M.C.A	Université de Biskra
<b>Examineur</b>	: BENKHALED Abdelkader	Professeur	Université de Biskra
<b>Examineur</b>	: BENZIOUCHE Salah Eddine	M.C.A	Université de Biskra

**Année universitaire : 2017/2018**

## Remerciements

A l'issue de ce travail, je remercie avant tout **ALLAH**, tout puissant, de m'avoir donné volonté, courage et patience pour accomplir ce modeste travail.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à mon encadreur Monsieur **MASMOUDI Ali** Maître de conférences "A" à l'université de Biskra, pour avoir accepté de diriger avec beaucoup d'attention et de soin mon mémoire. Je lui suis très reconnaissant pour sa bienveillance, ses précieux conseils, sa patience et sa disponibilité. J'espère qu'il trouve ici l'expression de mes profondes gratitude.

Je tiens à remercier vivement Monsieur **BELHAMRA Mohamed**, Professeur à l'université de Biskra qui me fait l'honneur de présider le jury et d'examiner mon travail.

Mes vifs remerciements s'adressent aussi à Messieurs : **BENKHALED Abdelkader** (Professeur) et **BENZIOUCHE Salah Eddine (M.C.A)**, enseignants à l'université de Biskra, pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail en acceptant de faire partie du jury pour l'examiner.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Monsieur **LISTER David**, chercheur à l'université d'Est Anglia (UEA), Norwich, Angleterre.

Mes vifs remerciements vont également à Mme **LAKHDARI Fattom**, la directrice générale du CRSTRA.

Je tiens à remercier infiniment les personnes suivantes : **MESSAOUDI Youcef**, **MERDESSI Samir**, **ASSASSI Mohamed**, **HARZELLA Hamza**, **SENOUSSI Walid**.

Mes remerciements vont également à tout le personnel des bibliothèques du **CRSTRA** et de l'**ITDAS** de Biskra.

Je tiens à remercier infiniment le personnel du **NOAA**.

Je veux remercier toutes les personnes qui, de près ou de loin, m'ont aidée dans la réalisation de ce travail.

Enfin, le plus grand remerciement à mon épouse **BOUCETTA Zakiya**.

## Résumé

Les changements climatiques auxquels le monde confronte aujourd'hui constituent un défi important en raison des effets du changement des températures, des précipitations et des phénomènes extrêmes sur l'ensemble des systèmes terrestres, l'agriculture et les ressources en eau restent parmi les secteurs les plus menacés. Les effets attendus de ces changements seront les bouleversements des saisons, la perturbation des cycles biologiques des cultures, la dégradation des sols et des stress hydriques et thermiques plus intenses. Ces effets peuvent prendre de nombreuses années avant de se manifester et peuvent durer très longtemps.

L'objectif général de ce travail est de contribuer à l'étude des changements climatiques et de leurs effets sur les cultures pratiquées et les ressources en eau dans la région de Biskra.

La méthodologie s'appuie essentiellement sur deux études : La première, est une étude de la dynamique du climat de Biskra dans différentes échelles temporelles (mensuelles, annuelles, décennales et plus de 30 ans), pour plusieurs périodes (anciennes, actuelles et futur). La seconde, est une analyse des paramètres agricoles et hydriques et chercher leurs corrélation avec les températures et précipitations d'une part et une analyse de la perception du changement climatique par les agriculteurs de la région de Biskra et identifier les variables qui sont affectées les cultures pratiquées et les ressources en eau d'autre part.

Les principaux résultats de ce travail sont :

- ❖ Une modification importante de l'ensemble des facteurs climatiques (notamment les températures). Les indices climatiques indiquent que la région d'étude a une tendance à s'aridifier. Les projections climatiques à l'horizon 2060 indiquent une augmentation de la température (environ +1,7°C) et une diminution de la précipitation (environ -12%) dans région de Biskra.
- ❖ Il existe des influences du climat sur les céréales d'hiver notamment sur l'orge, cependant il n'y aucune corrélation entre le climat et les deux cultures maraîchères et palmiers dattiers. L'existence des influences du changement climatique actuel sur les paramètres hydriques. Les résultats de l'enquête indiquent une bonne perception des agriculteurs de Biskra où ces changements climatiques ont de différents effets sur les cultures pratiquées et les ressources en eau, mais les stratégies d'adaptation restent limitées et personnelles.

**Mots clés :** Biskra, changements climatiques, projections, paramètres agricoles et hydriques, effets, stratégies d'adaptation.

## ملخص

تشكل التغيرات المناخية التي يواجهها العالم اليوم تحديا كبيرا نظرا لما صاحب التغير في درجات الحرارة والأمطار والظواهر المتطرفة من آثار على جميع الأنظمة الأرضية، حيث تبقى الزراعة والموارد المائية من أكثر القطاعات المهددة. الآثار المتوقعة من هذا التغير ستكون التغيرات في المواسم، اختلال الدورات البيولوجية للمحاصيل، تدهور التربة وزيادة شدة الإجهاد المائي و الحراري. قد تستغرق هذه الآثار سنوات عديدة للظهور ويمكن أن تستمر لفترة طويلة جدا.

الهدف العام من هذا العمل هو المساهمة في دراسة التغيرات المناخية وآثارها على المحاصيل الزراعية والموارد المائية في منطقة بسكرة.

المنهجية المتبعة تعتمد على دراستين: الأولى هي دراسة لديناميكية مناخ بسكرة في أزمنة مختلفة (شهرية، سنوية، عقدية وأكثر من 30 عاما) لفترات عدة (الماضي، الحاضر والمستقبل). والثانية هي تحليل المتغيرات (المعطيات) الزراعية والمائية والبحث عن علاقتها مع درجة الحرارة وهطول الأمطار من جهة، وتحليل مدى إدراك تغير المناخ من قبل فلاحي منطقة بسكرة وتحديد أهم الآثار على المحاصيل الزراعية والموارد المائية من جهة أخرى. أهم نتائج هذا العمل هي:

❖ تغير مهم لجميع العناصر المناخية (خصوصا درجات الحرارة). تشير مؤشرات المناخ أن منطقة الدراسة تزداد جفافا. التوقعات المناخية لعام 2060 تشير إلى ارتفاع في درجة الحرارة (حوالي +1.7م) وانخفاض في هطول الأمطار (حوالي -12%) في منطقة بسكرة.

❖ هناك تأثيرات للمناخ على الحبوب الشتوية خصوصا الشعير، لكن ليس هناك ارتباط بين المناخ ومحاصيل الخضار و التمور. وجود تأثيرات لتغير المناخ الحالي على المتغيرات (المعطيات) المائية. تشير نتائج التحقيق إدراكا جيدا لفلاحي منطقة بسكرة حيث أن هذا التغير المناخي له تأثيرات مختلفة وكثيرة على المحاصيل الزراعية والموارد المائية، إلا أن استراتيجيات المواجهة محدودة وذاتية.

**الكلمات المفتاحية :** بسكرة، تغير المناخ، توقعات، المتغيرات (المعطيات) الزراعية والمائية، الآثار، استراتيجيات التكيف.

## Summary

The climate changes which the world confronts today constitute an important challenge because of the effects of changing temperatures, precipitation and extreme events on all terrestrial systems, agriculture and water resources remain among the most threatened sectors. The expected effects of these changes will be changes in the seasons, disturbance of crop biological cycles, degradation of soils and more intense hydric and thermal stresses. These effects can take many years before they manifest and can last very long.

The general objective of this work is to contribute to the study of climate change and its effects on crops practiced and water resources in the Biskra region.

The methodology is based on two studies: The first, is a study of the dynamics of Biskra climate in different temporal scales (monthly, annual, decennial and more than 30 years) for several periods (old, present and future). The second, is an analysis of agricultural and water parameters and their correlation with temperature and precipitation on the one hand, and an analysis of the perception of climate change by farmers in the Biskra region and identify the variables that are affected the crops practiced and water resources on the other hand.

The main results of this work are :

- ❖ A significant change in all climatic factors (especially temperatures). Climatic indices indicate that the study area has a tendency to become more frequent. Climatic projections by 2060 indicate an increase in temperature (around  $+1.7^{\circ}\text{C}$ ) and a decrease in precipitation (around -12%) in the Biskra region.
- ❖ There are climate influences on winter cereals, especially on barley, but there is no correlation between climate and the two vegetable crops and date palms. The existence of the influences of current climate change on water parameters. The results of the survey indicate that farmers in the Biskra region have a good perception of climate change impacts on crops and water resources, but adaptation strategies remain limited and personal.

**Key words :** Biskra, climate change, projections, agricultural and water parameters, effects, adaptation strategies.

## SOMMAIRE

Remerciements

Résumé

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

**INTRODUCTION GENERALE ..... 2**

### Chapitre 1

#### CLIMAT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE

Introduction

1- Le climat .....	8
1-1- Les zones et la classification climatique.....	9
1-2- Effet de serre naturel.....	11
1-3- Système climatique.....	13
2- Changement climatique .....	14
2-1- Histoire du climat avant 1850 .....	14
2-2- Les causes naturelles de la variabilité climatique .....	16
2-3- Les activités humaines et leur influence sur le climat .....	20
3- Effets du changement climatique .....	28
3-1- Conséquences du changement climatique .....	29
3-2- Impacts du changement climatique sur l’agriculture .....	32
3-3- Impacts du changement climatique sur les ressources en eau.....	35
3-4- Adaptation au changement climatique .....	36
4- Climat et changement climatique en Algérie .....	37
4-1- Climat de l’Algérie .....	37
4-2- Perturbations météorologique affectant l’Algérie .....	38
4-3- le changement climatique en Algérie .....	39
4-4- Adaptation de l’agriculture algérienne aux changements climatiques .....	40

Conclusion

## **Chapitre 2**

### **AGRICULTURE ET RESSOURCE EN EAU DANS LA REGION DE BISKRA**

#### Introduction

1- Rappel historique de l'évolution des politiques agricoles en Algérie .....	44
1-1- L'autogestion.....	44
1-2- La révolution agraire .....	44
1-3- Premières réformes de l'économie agricole étatique (1979-1999) .....	45
1-4- Les plans de développement agricole et rural depuis l'an 2000 .....	46
2- Les contraintes du secteur agricole.....	50
3- Agriculture dans la région de Biskra .....	53
3-1- Potentialités agricoles .....	53
3-2- Caractéristiques édaphiques .....	57
4- Ressources en eau dans la région de Biskra.....	60
4-1- Les Ressources en eau superficielles.....	61
4-2- Les Ressources en eau souterraines.....	63

#### Conclusion

## **Chapitre 3**

### **ETUDE DE LA VARIABILITE CLIMATIQUE DE BISKRA**

#### Introduction

1- Matériels et Méthodes.....	66
1-1- Outils de traitement et d'analyse .....	66
1-2- Sources des données .....	66
1-3- Méthodes d'analyse de la variabilité climatique .....	67
2- Evolution des facteurs climatiques de Biskra dans le temps .....	69
2-1- Température .....	69
2-2- Précipitation .....	71
2-3- Humidité relative .....	74
2-4- Evaporation .....	76
2-5- Vent .....	78
2-6- Autres facteurs .....	79
3- Régime de la température et de la précipitation entre (1919- 1961) et (1973-2015) .....	81
3-1- Régime de la température .....	81
3-1-1- Evolution des températures maximales et minimales .....	81

3-1-2- Analyses des températures moyennes annuelles.....	84
3-2- Régime de la précipitation .....	89
3-2-1- Evolution des précipitations mensuelles et saisonnières .....	89
3-2-2- Analyses des précipitations annuelles .....	91
3-2-3- Indice Standardisé des Précipitations (ISP) des deux périodes (86 ans) .....	94
4- Synthèse climatique sur (1919- 1961) et (1973-2015) .....	98
4-1- Diagramme ombrothermique de Gaussen.....	98
4-2- Quotient pluviothermique d'Emberger.....	100
4-3- Indice d'aridité de De Martonne .....	102
5- Projections climatiques à l'horizon 2060.....	105
5-1- Projections des températures.....	106
5-2- Projections des précipitations.....	110
Conclusion	

## **Chapitre 4**

### **EVALUATION DES EFFETS DE LA VARIABILITÉ CLIMATIQUE SUR LES CULTURES PRATIQUÉES ET LES RESSOURCES EN EAU DANS LA REGION DE BISKRA**

#### Introduction

1- Matériels et Méthodes.....	117
1-1- Outils de traitement et d'analyse .....	117
1-2- Sources des données .....	117
1-3- Méthodes d'évaluer les effets du changement climatique .....	117
2- Évaluation de la corrélation entre les changements climatiques actuels et les paramètres agricoles.....	119
2-1- Céréales d'hiver.....	119
2-1-1- Evolution du blé dur.....	119
2-1-2- Evolution du blé tendre .....	120
2-1-3- Evolution d'orge.....	123
2-1-4- Discussion des résultats .....	123
2-2- Cultures maraichères .....	124
2-2-1- Evolution d'oignon.....	124
2-2-2- Evolution de la pomme de terre .....	127
2-2-3- Evolution de carotte .....	127



2-2-4- Discussion des résultats .....	127
2-3- Palmiers dattiers .....	128
2-3-1- Evolution des palmiers dattiers .....	128
2-3-2- Discussion des résultats .....	131
3- Évaluation de la corrélation entre les changements climatiques actuels et les paramètres hydriques.....	132
3-1- Evolution des superficies irriguées.....	132
3-2- Evolution de nombre des forages en exploitation .....	133
3-3- Evolution des prélèvements d'eau.....	133
3-4- Rabattement des nappes.....	134
3-5- Discussion des résultats .....	136
4- Évaluation de la perception des changements climatiques actuels par les agriculteurs de la wilaya de Biskra et d'identifier leurs effets .....	137
4-1- Méthodologie .....	137
4-1-1- Présentation de l'enquête et de l'échantillon .....	137
4-1-2- Echelle d'étude et Analyse de fiabilité.....	138
4-2- Analyse de la perception du changement climatique par les agriculteurs .....	139
4-3- Identification des effets sur les cultures pratiquées.....	140
4-4- Identification des effets sur les ressources en eau.....	143
4-5- Stratégies d'adaptation aux changements climatiques .....	145
4-6- Discussion des résultats .....	146
Conclusion	
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>151</b>

Références bibliographiques

Annexes

## Liste des figures

<b>Figure n° 1-1</b> : Les zones climatiques.....	9
<b>Figure n° 1-2</b> : Classification du climat.....	10
<b>Figure n° 1-3</b> : Les couches de l'atmosphères .....	11
<b>Figure n° 1-4</b> : Processus de l'effet de serre .....	13
<b>Figure n° 1-5</b> : Température moyenne de la terre .....	15
<b>Figure n° 1-6</b> : Température moyenne au cours des 10 000 dernières année .....	16
<b>Figure n° 1-7</b> : Les paramètres orbitaux de Milankovitch .....	17
<b>Figure n° 1-8</b> : Evolution de température, CO <sub>2</sub> et d'activité solaire .....	21
<b>Figure n° 1-9</b> : Scénarios d'évolution du GIEC pour la température, les précipitations et le niveau de la mer à l'horizon 2100 .....	28
<b>Figure n° 1-10</b> : Effets du changement climatique prévus pour 2050 - 2100.....	29
<b>Figure n° 2-1</b> : Carte des activités agricoles et sylvicoles de la région de Biskra.....	56
<b>Figure n° 2-2</b> : Carte pédologique de Biskra.....	60
<b>Figure n° 2-3</b> : Carte du réseau hydrographique de la wilaya de Biskra .....	62
<b>Figure n° 3-1</b> : Méthodologie d'analyse de la variabilité climatique de Biskra.....	68
<b>Figure n° 3-2</b> : Comparaison des moyennes mensuelles des températures entre deux périodes Seltzer (1913-1938) et actuelle (1990-2015).....	70
<b>Figure n° 3-3</b> : Moyennes annuelles des températures pour la période (1990-2015).....	70
<b>Figure n° 3-4</b> : Moyennes décennales des températures pour la période (1967-2015) .....	71
<b>Figure n° 3-5</b> : Comparaison des moyennes mensuelles des précipitations entre deux périodes Seltzer (1913-1938) et actuelle (1990-2015).....	72
<b>Figure n° 3-6</b> : Moyennes annuelles des précipitations pour la période (1990-2015).....	73
<b>Figure n° 3-7</b> : Moyennes décennales des précipitations pour la période (1967-2015) .....	73
<b>Figure n° 3-8</b> : Comparaison des moyennes mensuelles de l'humidité relative entre deux périodes Seltzer (1913-1938) et actuelle (1990-2015).....	74
<b>Figure n° 3-9</b> : Moyennes annuelles de l'humidité pour la période (1990-2015).....	75
<b>Figure n° 3-10</b> : Moyennes décennales de l'humidité relative (1967-2015) .....	76
<b>Figure n° 3-11</b> : Comparaison des moyennes journalières mensuelles de l'évaporation entre deux périodes Seltzer (1913-1938) et actuelle (1990-2015) .....	77
<b>Figure n° 3-12</b> : Moyennes annuelles de l'évaporation pour la période (1990-2015).....	77
<b>Figure n° 3-13</b> : Moyennes annuelles de la vitesse du vent pour la période (1990-2015) .....	78
<b>Figure n° 3-14</b> : Moyennes décennales de la vitesse du vent pour la période (1967-2015) ...	79

<b>Figure n° 3-15</b> : Moyennes annuelles de l'insolation pour la période (1990-2015) .....	80
<b>Figure n° 3-16</b> : Températures moyennes maximales mensuelles des deux périodes.....	82
<b>Figure n° 3-17</b> : Températures moyennes minimales mensuelles des deux périodes .....	82
<b>Figure n° 3-18</b> : Températures moyennes maximales annuelles des deux périodes .....	83
<b>Figure n° 3-19</b> : Températures moyennes minimales annuelles des deux périodes.....	84
<b>Figure n° 3-20</b> : Températures moyennes annuelles de la période (1919-1961).....	85
<b>Figure n° 3-21</b> : Températures moyennes annuelles de la période (1973-2015).....	86
<b>Figure n° 3-22</b> : Moyennes mensuelles des précipitations pour les deux périodes.....	89
<b>Figure n° 3-23</b> : Moyennes saisonnières des précipitations pour les deux périodes .....	90
<b>Figure n° 3-24</b> : Précipitations annuelles de la période (1919-1961).....	92
<b>Figure n° 3-25</b> : Précipitations annuelles de la période (1973-2015).....	92
<b>Figure n° 3-26</b> : Evolution de l'Indice Standardisé des Précipitation (ISP) de Biskra.....	96
<b>Figure n° 3-27</b> : Répartition de la sécheresse en pourcentage (%) pour les deux périodes ....	97
<b>Figure n° 3-28</b> : Diagrammes ombrothermique (1919-1961) et (1973-20015).....	99
<b>Figure n° 3-29</b> : Diagramme ombrothermique de Gaussen des deux périodes.....	100
<b>Figure n° 3-30</b> : Climagramme d'Emberger de Biskra pour les deux périodes .....	101
<b>Figure n° 3-31</b> : Abaque de l'Indice d'aridité annuel De Martonne pour les deux périodes.	103
<b>Figure n° 3-32</b> : Variations mensuelles de l' IDM de Biskra des deux périodes .....	104
<b>Figure n° 3-33</b> : Variations des températures ( $\Delta T$ ) moyennes mensuelles de Biskra à l'horizon 2060 pour les deux scenarios d'émission .....	106
<b>Figure n° 3-34</b> : Variations des températures ( $\Delta T$ ) moyennes saisonnières de Biskra à l'horizon 2060 pour les deux scenarios d'émission .....	108
<b>Figure n° 3-35</b> : Variations des précipitations ( $\Delta P$ ) moyennes saisonnières de Biskra à l'horizon 2060 pour les deux scenarios d'émission .....	111
<b>Figure n° 3-36</b> : Projection des températures à l'horizon 2060 de la région de Biskra.....	112
<b>Figure n° 3-37</b> : Projection des précipitations à l'horizon 2060 de la région de Biskra.....	112
<b>Figure n° 4-1</b> : Méthodologie pour l'analyse des effets des variabilités climatiques sur les cultures pratiquées et les ressources en eau dans la région de Biskra .....	118
<b>Figure n° 4-2</b> : Evolution des céréales d'hiver et des précipitations 1990-2015.....	121
<b>Figure n° 4-3</b> : Evolution des céréales d'hiver et des températures 1990-2015.....	122
<b>Figure n° 4-4</b> : Evolution des cultures maraichères et des précipitations 1990-2015 .....	125
<b>Figure n° 4-5</b> : Evolution des cultures maraichères et des températures 1990-2015 .....	126
<b>Figure n° 4-6</b> : Evolution des palmiers dattiers et des précipitations 1990-2015.....	129
<b>Figure n° 4-7</b> : Evolution des palmiers dattiers et des températures 1990-2015.....	130

<b>Figure n° 4-8</b> : Evolution des superficies irriguées et des précipitations 1990-2015 .....	132
<b>Figure n° 4-9</b> : Evolution de nombre des forages et des précipitations .....	133
<b>Figure n° 4-10</b> : Evolution des prélèvements d'eau et des précipitations.....	133
<b>Figure n° 4-11</b> : Simulations previsionnelles des nappes à l'horizon 2050 .....	135
<b>Figure n° 4-12</b> : Perception paysanne des impacts identifiés sur les cultures pratiquées.....	142
<b>Figure n° 4-13</b> : Perception paysanne des impacts identifiés sur les ressources en eau.....	145

## **Liste des tableaux**

<b>Tableau n° 2-1</b> : Classement de Biskra selon les filières en 2015 .....	54
<b>Tableau n° 2-2</b> : Répartition des superficies irriguées et des productions végétales de Biskra en 2016 .....	55
<b>Tableau n° 2-3</b> : Principaux indicateurs de croissance agricole dans Biskra entre 2000 et 2016.....	56
<b>Tableau n° 3-1</b> : Températures moyennes mensuelles pour les deux périodes.....	69
<b>Tableau n° 3-2</b> : Précipitations moyennes mensuelles pour les deux périodes.....	72
<b>Tableau n° 3-3</b> : Moyennes mensuelles de l'humidité relative pour les deux périodes .....	74
<b>Tableau n° 3-4</b> : Moyennes journalières de l'évaporation pour les deux périodes .....	76
<b>Tableau n° 3-5</b> : Nombre moyen de jours de : grêle, orage et sirocco pour deux périodes....	80
<b>Tableau n° 3-6</b> : Les paramètres de la variabilité des températures moyennes annuelles.....	84
<b>Tableau n° 3-7</b> : Résultats des paramètres calculés et l'écart-réduit.....	88
<b>Tableau n° 3-8</b> : Les paramètres de la variabilité des pluies des cumuls annuels.....	91
<b>Tableau n° 3-9</b> : Résultats des paramètres calculés et l'écart-réduit.....	94
<b>Tableau n° 3-10</b> : Classification de la sévérité de la sécheresse selon l'ISP .....	95
<b>Tableau n° 3-11</b> : ISP de Biskra pour les deux périodes (1919-1961) et (1973-2015) .....	96
<b>Tableau n° 3-12</b> : Quotient pluviométrique de la région de Biskra .....	101
<b>Tableau n° 3-13</b> : Indice annuel de De Martonne de la région de Biskra.....	102
<b>Tableau n° 3-14</b> : Indice mensuel de De Martonne de la région de Biskra .....	104
<b>Tableau n° 4-1</b> : Echelle de Likert à trois points.....	138
<b>Tableau n° 4-2</b> : Fréquence de perception sur la variabilité climatique .....	140
<b>Tableau n° 4-3</b> : Fréquence de perception des impacts identifiés sur les cultures pratiquées.....	141
<b>Tableau n° 4-3</b> : Fréquence de perception des impacts identifiés sur les ressources en eau .....	144

## Liste des abréviations

- ABHS** : Agence de Bassin Hydrographique Sahara
- AEI** : Alimentation en Eau Industrielle
- AEP** : Alimentation en Eau Potable
- ANRH** : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques
- BNEDER** : Bureau National d'Etudes pour le Développement Rural
- CCNUCC** : Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques
- CCSM** : Community Climate System Model
- CRSTRA** : Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides
- DSA** : Direction des Services Agricoles
- ENSO** : El Niño Southern Oscillation
- ERESS** : Etude des Ressources en Eau du Sahara Septentrional
- F** : Fahrenheit
- FAO** : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
- GES** : Gaz à Effet de Serre
- GIEC** : Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
- GISS** : Goddard Institute for Space Studies
- ISP** : Indice Standardisé des Précipitations
- MADR** : Ministère de l'Agriculture et de Développement Rural
- MADRP** : Ministère de l'Agriculture et de Développement Rural et de la Pêche
- MAGICC**: Model for Assessment of Greenhouse-gaz Induced Climate Change
- NOAA** : National Oceanic & Atmospheric Administration.
- OMM** : Organisation Météorologique Mondiale
- ONM** : Office National de la Météorologie
- OSS** : Observatoire du Sahara et du Sahel
- PDO** : Pacific Decadal Oscillation
- PNDA** : Programme National du Développement Agricole
- SASS** : Systèmes Aquifères du Sahara Septentrional
- SAT** : Superficie Agricole Totale
- SAU** : Superficie Agricole Utile
- SCENGEN** : SCENario GENerator
- SPSS** : Statistical Package for Social Sciences
- T, P, H, E, V, I** : Température, Précipitation, Humidité, Evaporation, Vent, Insolation

---

## **INTRODUCTION GENERALE**

---

## INTRODUCTION GENERALE

Le climat terrestre a toujours fluctué. Dans le passé, les fluctuations étaient le résultat de causes naturelles, comme par exemple, pendant les ères glaciaires et interglaciaires. Aujourd'hui et selon la majorité des scientifiques, le changement climatique actuel (depuis environ 100 ans) qui touche l'ensemble de planète, désigne une modification durable et significative sur plusieurs décennies, de l'état moyen des facteurs climatiques (température, précipitation, vent, etc.). Ces changements sont dus à des changements anthropiques plutôt qu'à des changements naturels dans l'atmosphère. Le surplus de gaz à effet de serre libérés par les activités humaines qui représente la plus grande menace pour le climat.

C'est à cause de sa rapidité, que le réchauffement climatique qui a accompagné la révolution industrielle, a suscité de l'inquiétude. En un siècle, la température a augmenté de 0.6 C°, alors que pendant l'ère préindustrielle, l'augmentation naturelle de la température se faisait à un rythme moyen de 0.02 par siècle. Ce qui pousse à déduire que l'activité humaine en est la principale cause. Cette accélération 30 fois supérieure à la normale, à l'image d'un choc thermique présente donc un danger pour l'humanité (GIEC., 2007).

L'Afrique du Nord et le Sahara, ont particulièrement subi les répercussions négatives du réchauffement climatique planétaire, puisque les effets de la désertification se sont fait sentir il y a déjà 2500 ans. Les récentes perturbations vont encore aggraver le phénomène qui menace directement la sécurité alimentaire des populations de ces régions. Car l'augmentation de réchauffement climatique pourrait engendrer plusieurs impacts sur les ressources naturelles, sur les productions (quantitativement et qualitativement), sur les filières de consommation d'intrants et sur l'espace rural. Le réchauffement induira indubitablement des modifications des cycles de l'eau, une dégradation des qualités des terres agricoles, une baisse de fertilité des sols, une érosion de la biodiversité, un déplacement des étages bioclimatiques, des risques parasitaires et sanitaires multiples, etc. L'agriculture reste donc le secteur économique le plus sensible aux effets du changement climatique.

Les changements climatiques, du fait de l'augmentation prononcée de température, de la baisse significative des précipitations et des sécheresses plus fréquentes et intenses, ne permettent pas la régénération du couvert végétal et constitueront une menace grave pour le secteur agricole. Le processus de changement climatique se traduirait également par une chute des rendements agricoles. Les différentes études affirment que l'augmentation des températures et de leur variabilité implique un décalage et une réduction des périodes de

croissance, ainsi qu'une accélération de la dégradation des sols et de la perte de terres productives. De ce fait, la production agricole accusera des réductions moyennes des rendements des céréales de 5,7 % à près de 14 %. Le changement climatique induira également des baisses de rendement des productions des légumes de 10 à 30 % à l'horizon 2030 (FAO., 2015).

Selon Tabet-Aoul (2008), en Algérie, et selon les différents scénarios, le réchauffement climatique a engendré des effets négatifs plus importants qu'ailleurs. Si au niveau mondial la hausse des températures au 20<sup>ème</sup> siècle a été de l'ordre de 0,74°C, celle sur l'Algérie s'est située entre 1,5° et 2°C, soit plus du double de la hausse moyenne planétaire. L'examen de l'évolution des températures du début des années 1930 et jusqu'au début des années 2000 a mis en évidence une hausse de température moyenne sur l'ensemble du pays au cours des saisons d'hiver et d'automne, mais aussi, une hausse nette des températures minimales et maximales sur l'ensemble du nord du pays. Durant les vingt dernières années, les températures maximales mensuelles moyennes ont augmenté d'environ 2°C.

Depuis maintenant plus de 30 ans, les pouvoirs publics algériens se sont orientés vers le Sahara, riche en eau souterraine et en terres potentielles, pour développer une nouvelle agriculture fondée sur la grande mise en valeur agricole. Celle-ci a été considérée non seulement comme un moyen de développement de régions sahariennes encore en marge de l'essor économique, mais également comme une alternative pour assurer la production de ce que l'agriculture du nord du pays ne parvenait pas à produire (Haddouche, 2017).

À partir de 2000, l'agriculture saharienne a connu des changements économiques et sociaux considérable. Le programme de mise en valeur a permis de rendre exploitables des dizaines de milliers d'hectares dans la wilaya de Biskra et de booster l'activité agricole. Laquelle situation qui a été largement favorisée par la politique de soutien mise en œuvre par le gouvernement et l'important appui financier décidé au profit des exploitants agricoles. Par ailleurs, il y a lieu de relever la contrainte majeure à laquelle demeurent confrontés les agriculteurs de ces régions du sud du pays et qui est liée à l'exploitation des ressources hydriques dans l'irrigation. En effet, dans ces régions où la pluviométrie est quasi nulle, l'agriculture est exclusivement menée dans des périmètres irrigués. Néanmoins, eu égard au taux de salinité relativement élevé qui caractérise les eaux souterraines dans les zones sahariennes, les exploitants agricoles de la wilaya de Biskra sont confrontés à l'épineux



problème de la remontée des sels qui accélère la baisse du rendement des terres mises en valeur.

### Problématique

Largement acceptée, l'hypothèse du changement climatique par la communauté scientifique et l'opinion populaire. Après la révolution industrielle, la température est augmentée à cause de l'augmentation des GES dans l'atmosphère, la terre se réchauffe. D'après GIEC, chacune des trois dernières décennies a été successivement plus chaudes que n'importe quelle décennie précédente depuis 1850, ces changements ont des impacts négatifs notamment sur l'agriculture et la disponibilité d'eau. Les projections indiquent une augmentation de la température de surface au cours du 21<sup>ème</sup> siècle, il est très probable que la fréquence et la durée des vagues de chaleur augmenteront et que la sécheresse devienne plus intense dans les régions aride et semi aride, ces changements vont avoir des effets considérables sur l'agriculture et les ressources en eau.

Les rétroactions du changement climatique sur les systèmes naturels et l'activité humaine sont nombreuses. En l'état actuel des connaissances, il apparaît que l'une des activités les plus affectées serait l'agriculture. La raison de ce raisonnement est le rapport biologique direct entre la récolte et les conditions climatiques.

Tout d'abord, les températures plus élevées permettraient des saisons de croissance des plantes et des moissons plus longues dans les régions froides et montagneuses, conduisant dans certains cas à une augmentation des récoltes et de la production. Par contre, dans les régions déjà chaudes, le changement de climat pourrait réduire la productivité. L'augmentation des vents élevés causerait la montée du niveau de la mer et par la suite de fréquentes inondations par de l'eau salée dans les deltas et les estuaires fertiles. De même, la modification du rythme des moussons, la sécheresse et par conséquent les problèmes d'alimentation des grands fleuves et les difficultés de remplissage des barrages constitueraient autant de perturbations pour les activités agricoles. Également, des concentrations plus élevées en CO<sub>2</sub> atmosphérique pourraient avoir une influence positive sur la photosynthèse. Au total, 10 à 20% du doublement approximatif de la productivité des cultures pendant les 100 prochaines années pourraient être attribuées à cet effet (GIEC., 2007).

A cet effet, notre question principale de recherche est celle de savoir :

## **Y a t-il des changements climatiques qui ont des influences sur les cultures pratiquées et les ressources en eau dans la région de Biskra ?**

De la question principale, il se dégage quatre questions fondamentales de recherche :

- Quels sont les indicateurs du changement climatique dans la région de Biskra ?
- Quelles sont les projections climatiques de Biskra ?
- Y a t-il des influences du changement climatique actuel sur les paramètres agricoles ? et sur les paramètres hydriques ?
- Quelle est la perception de la variabilité climatique par les agriculteurs de la région de Biskra ? et quels sont les principaux effets de ce changement ?

### **Hypothèses de travail**

Il existe des changements climatiques qui ont des influences sur les cultures pratiquées et les ressources en eau dans la région de Biskra. A cette hypothèse principale, s'énoncent quatre hypothèses secondaires, notamment :

- Les modifications des facteurs (notamment les températures et les précipitations) et des indices climatiques de Biskra dans le temps sont des indicateurs de changement climatique.
- Une hausse des températures et une baisse des pluviométries de Biskra au cours des prochaines décennies.
- Il existe des influences du changement climatique actuel sur les paramètres agricoles et sur les paramètres hydriques dans la région d'étude.
- Une bonne perception du changement climatique par les agriculteurs de la région de Biskra. Face aux différents effets liés à l'accroissement de la variabilité climatique (un bouleversement des saisons, une perturbation du cycle des cultures, une dégradation des sols et un déficit hydrique), les stratégies d'adaptation restent limitées et personnelles.

### **Objectifs de l'étude**

L'objectif général de ce travail est de contribuer à l'étude des changements climatiques et de leurs effets sur les cultures pratiquées et les ressources en eau dans la région de Biskra. Plus spécifiquement, il s'agit de :

- Etudier l'évolution historique des facteurs et des indices climatiques de Biskra.
- Modéliser le climat futur de Biskra.

- Rechercher la corrélation entre les changements climatiques actuels d'une part et les paramètres agricoles et hydriques d'autre part dans la région d'étude.
- Analyser la perception du changement climatique par les agriculteurs de la région de Biskra et identifier les effets et les stratégies d'adaptation.

### **Méthodologie**

La méthode de collecte de données a consisté à rechercher des documents scientifiques généraux et spécifiques, des documents cartographiques, des données statistiques dans divers centres de documentation des Services publics ministériels, des Agences et Instituts nationaux et internationaux, des Universités et Centres de recherche.

Dans cette étude, on a commencé par une approche descriptive pour afficher les concepts généraux du climat et du changement climatique ainsi que pour présenter les caractéristiques agricoles et hydriques de la région d'étude. Puis, on a basé sur une approche analytique où on a étudié les différentes données historiques de Biskra par : les analyses statistiques, les indices climatiques et les projections future du climat. Enfin, on a renforcé notre étude, par une enquête socio-agronomique sur les changements climatiques et leurs effets au niveau des agriculteurs de la wilaya de Biskra.

### **Plan du mémoire**

Ce travail est structuré en quatre chapitres dont les deux premiers sont considérés comme une synthèse bibliographique et terminé par une conclusion générale qui synthétise les résultats obtenus. Dans le premier chapitre nous présentons une clarification des concepts liés au climat et au phénomène du changement climatique. Le second chapitre s'inscrit dans le cadre d'un aperçu sur l'agriculture en Algérie et les potentialités agricoles et hydriques de Biskra. L'objectif du troisième chapitre est d'étude la dynamique du climat de Biskra dans différentes échelles temporelles (mensuelles, annuelles, décennales et plus de 30 ans), pour plusieurs périodes (anciennes, actuelles et futur). Finalement, l'objectif du quatrième chapitre sera d'analyser les paramètres agricoles et hydriques et de chercher leurs corrélation avec les températures et précipitations d'une part et d'évaluer la perception de la variabilité climatique par les agriculteurs de la région de Biskra et identifier les variables qui sont affectées (impactées) le secteur agricole d'autre part.

---

# **Chapitre 1**

## **CLIMAT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE**

---

**1- Climat**

**2- Changement climatique**

**3- Effets du changement climatique**

**4- Climat et changement climatique en Algérie**

## Chapitre 1

### CLIMAT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE

#### Introduction :

Le climat est naturellement variable comme en témoigne l'irrégularité des saisons d'une année sur l'autre. Cette variabilité est normale, et tient aux fluctuations des courants océaniques, aux éruptions volcaniques, au rayonnement solaire et à d'autres composantes du système climatique encore partiellement incomprises. De plus, notre climat aussi a ses extrêmes (comme les inondations, sécheresses, orages, grêle, etc.) qui peuvent devenir dévastateurs. Cependant, depuis quelques décennies, un certain nombre d'indicateurs et d'études montrent que le climat se réchauffe à l'échelle du globe.

En 1824, Joseph Fourier, physicien français, surnomme "effet de serre" le phénomène démontré par l'hélio thermomètre d'Horace Bénédicte De Saussure à la fin du 18<sup>ème</sup> siècle : la température sur Terre est accrue par l'atmosphère qui piège une partie du rayonnement infrarouge émis par la Terre.

Depuis 1988, plusieurs milliers de chercheurs internationaux se sont réunis sous l'égide des Nations Unies pour constituer le Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) ou IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) afin de travailler sur ce bouleversement climatique global (planétaire) et rapide. <https://www.notre-planete.info>

Selon **Mostefa-Kara (2008)**, l'Algérie se trouve dans une région aride à semi aride avec un climat méditerranéen dans la partie Nord du fait qu'elle soit située dans le bassin méditerranéen et saharienne dans la partie Sud. Compte tenu du caractère aride et semi aride de son climat, l'Algérie ressentira davantage les effets de changements climatiques qui aggraveront fortement sa vulnérabilité.

#### 1- Le climat :

Le mot climat provient du grec klima (κλίμα) ; signifiant « inclinaison », évoquant le rôle majeur de l'inclinaison des rayons solaires sur la surface terrestre. L'étymologie du mot rappelle que la température moyenne de notre planète est influencée, au moins en partie, par le cycle naturel de notre roi Soleil. Cependant, la hausse actuelle de la température est trop forte pour être exclusivement liée à l'activité solaire. <http://www.co2solidaire.org>

Selon l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM), le climat est la synthèse des conditions météorologiques d'une région donnée, caractérisée par les statistiques à long terme des variables de l'état de l'atmosphère. Le climat inclut un certain nombre de variables (la température, les précipitations, les vents, etc.) et se décrit comme un système où l'ensemble de ses variables sont liées. [www.coalition-eau.org](http://www.coalition-eau.org)

Selon le Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC), le climat désigne généralement le « temps moyen »; il s'agit plus précisément d'une description statistique du temps en termes de moyennes et de variabilité de grandeurs pertinentes sur des périodes de plusieurs années (30 ans en principe, d'après la définition de l'OMM-Organisation Météorologique Mondiale-). <https://www.ipcc.ch>

### 1-1- Les zones et la classification climatique :

1-1-1- Les zones climatiques : Il y a quatre zones climatiques majeures :

- Zone tropicale : de 0° à 23.5° (entre les tropiques)
- Zone subtropicale : de 23.5° à 40°
- Zone tempérée : de 40° à 60°
- Zone froide : de 60° à 90°

Les caractéristiques des zones climatiques changent avec de larges différences d'altitude à l'intérieur de petites régions, comme par exemple dans les régions montagneuses, étant donné que les températures diminuent rapidement avec l'altitude, changeant ainsi le climat comparativement aux vallées.

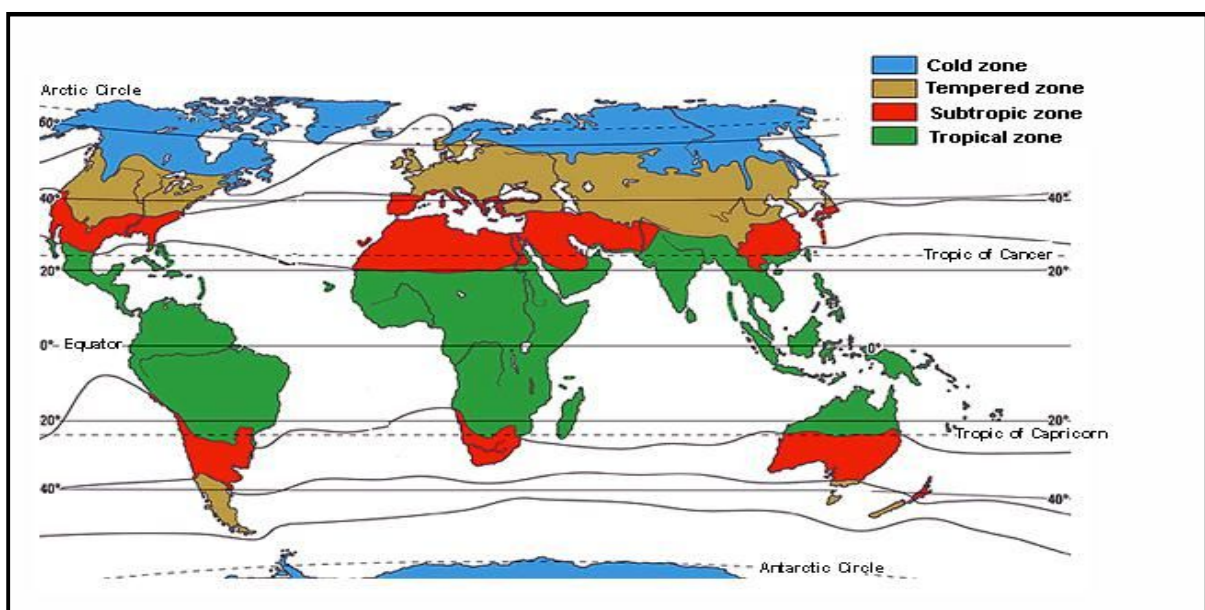


Figure n° 1-1 : Les zones climatiques (source : <https://content.meteoblue.com>)

1-1-2- Classification climatique :

Pour identifier tous les climats dans le monde, le scientifique allemand Köppen a imaginé une classification en 1918. Sur base de la température et des précipitations, nous distinguons cinq climats principaux. Le climat tropical est en moyenne le plus chaud et le climat polaire le plus froid. Pour faciliter les choses à l'échelle internationale, chaque climat s'est vu attribuer une lettre de A à E. Les cinq climats principaux ne permettent pas de décrire avec précision tous les climats au monde. C'est la raison pour laquelle ces cinq climats peuvent être subdivisés. Une lettre a été ajoutée derrière les lettres de A à E qui définissent les 5 grands climats. [www.climatechallenge.be](http://www.climatechallenge.be)

- Climat tropical (A).
- Climat désertique (B).
- Climat maritime (C).
- Climat continental (D).
- Climat polaire (E).

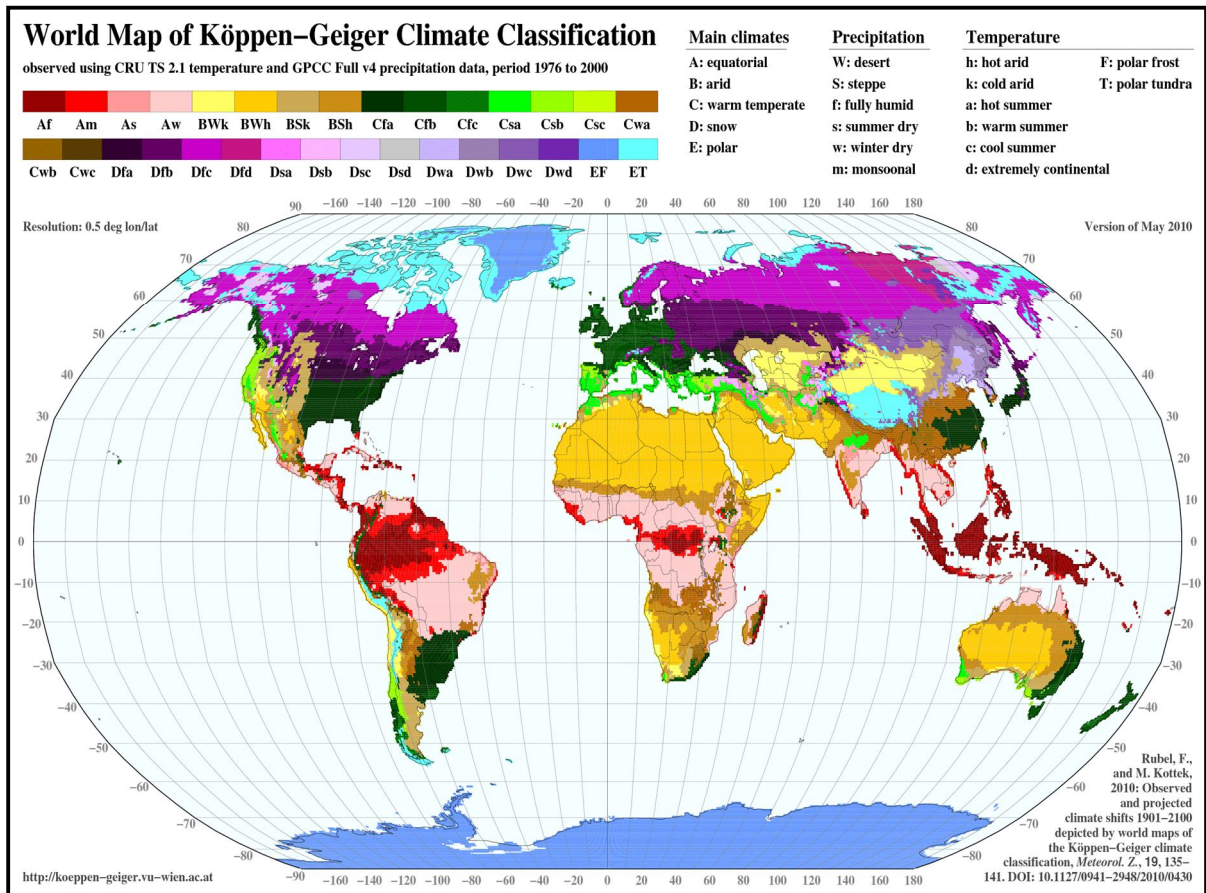


Figure n° 1-2 : Classification du climat (source : <http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at>)

## 1-2- Effet de serre naturel :

### 1-2-1- L'atmosphère :

L'atmosphère est composée de différentes couches qui sont chacune dotées de propriétés particulières. Les changements de température et de pression marquent les limites entre les couches successives : L'atmosphère inférieure (la troposphère), L'atmosphère moyenne (la stratosphère) et L'atmosphère supérieure (la mésosphère et la thermosphère).

La troposphère est la couche inférieure de l'atmosphère dont l'épaisseur est d'environ 12 km. Étant donné le phénomène de la gravité, elle contient 75% de tous les gaz de toute l'atmosphère ainsi qu'une grande partie de la vapeur d'eau et de la matière. La troposphère est la partie la plus importante de l'atmosphère pour la vie de la planète parce que les régimes météorologiques et les changements climatiques y trouvent leur origine, de même que tous les vents et la circulation atmosphérique pour la diffusion de la chaleur, de l'humidité et des matières polluantes. L'atmosphère est composée d'un mélange de gaz et de matières solides :

- **Gaz** : Au niveau de la mer, l'atmosphère est composée de : 78% d'azote gazeux ( $N_2$ ), 21% d'oxygène gazeux ( $O_2$ ), Le 1% restant est composé de : gaz rares tels que l'argon (Ar) et l'hélium (He), vapeur d'eau ( $H_2O$ , eau sous sa forme gazeuse), ozone ( $O_3$ ), gaz à effet de serre tels que le dioxyde de carbone ( $CO_2$ ) et le méthane ( $CH_4$ ).
- **Matières solides** : les matières solides présentes dans l'atmosphère sont de fines poussières, de la suie, des cendres et des cristaux de glaces. Ce sont de minuscules particules solides ou liquides mélangées dans un gaz. On les appelle aérosols. Une partie est d'origine naturelle (par exemple la cendre volcanique). [clubdesargonautes.org](http://www.clubdesargonautes.org)

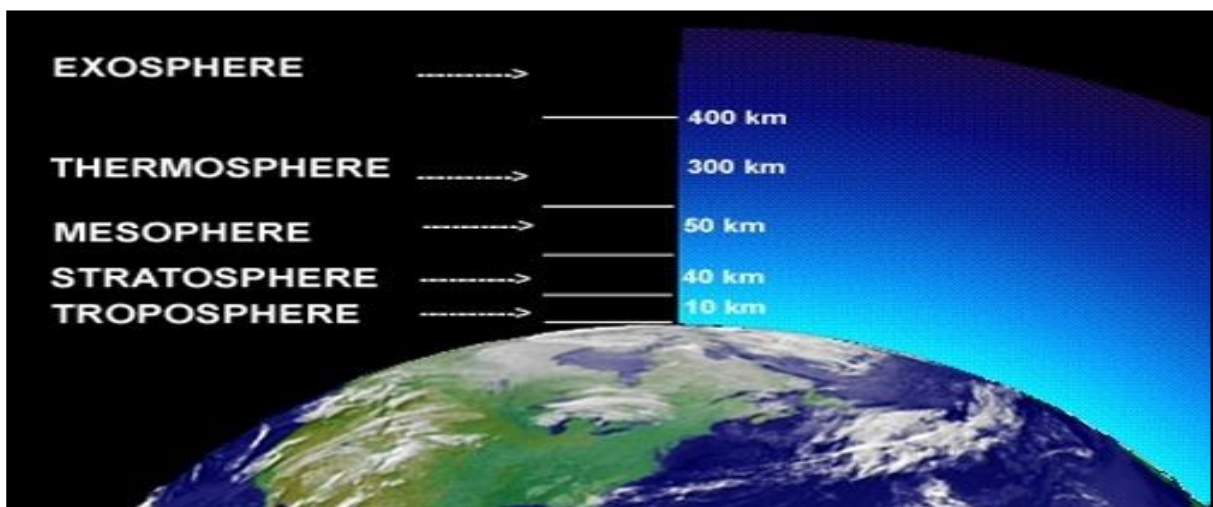


Figure n° 1-3 : Les couches de l'atmosphère (source : <http://www.clubdesargonautes.org>)



### 1-2-2- Mécanisme de l'effet de serre :

La température globale de l'atmosphère est fonction de l'énergie qui lui provient des radiations émises par le soleil. Ce flux d'énergie solaire qui baigne la terre lui arrive essentiellement sous forme de rayonnement de lumière visible. Une partie de cette énergie – 30% environ – est immédiatement réfléchi est renvoyé dans l'espace. Le reste, 70%, traverse l'atmosphère et vient chauffer la surface du globe.

La terre quant à elle, réémet une partie de l'énergie qu'elle reçoit ainsi mais, compte tenu de l'ordre de grandeur de sa température de surface, elle émet cette énergie sous forme de rayonnement infrarouge ou rayonnement thermique.

Certains gaz présents dans l'atmosphère sont en effet transparents au rayonnement visible mais ne le sont pas au rayonnement thermique. Ces gaz et la vapeur d'eau – les GES – contribuent ainsi à piéger l'énergie, c'est l'effet de serre.

Une part importante de cette énergie thermique est emportée par les vents et les turbulences de la haute atmosphère et fini par s'échapper dans l'espace.

L'intensité de l'effet de serre, c'est-à-dire le taux d'énergie ainsi réfléchi par rapport à l'énergie globale rayonnée, est fonction de la concentration des GES dans l'atmosphère, ils ne représentent que 1% de l'atmosphère mais ils suffisent à produire un effet naturel qui élève la température de la planète d'environ 30°C par rapport à ce qu'elle serait sans leur présence. Inutile de préciser que sans eux, et sans l'effet naturel de serre, la vie ne serait pas possible sur terre (**Bizec, 2006**).

En se réchauffant sous l'effet du soleil, la terre émet à son tour un rayonnement infrarouge qui est en partie absorbé par les GES. Cela sert à maintenir une température moyenne terrestre de +15°C au lieu de -18°C s'il n'y avait pas d'effet de serre.

Sur le court terme, hormis des changements dans l'activité solaire elle-même, le bilan radiatif terrestre est globalement stable. Mais il peut être modifié par trois grands paramètres : les particules ou aérosols, l'albédo et les GES (**Durand, 2007**).

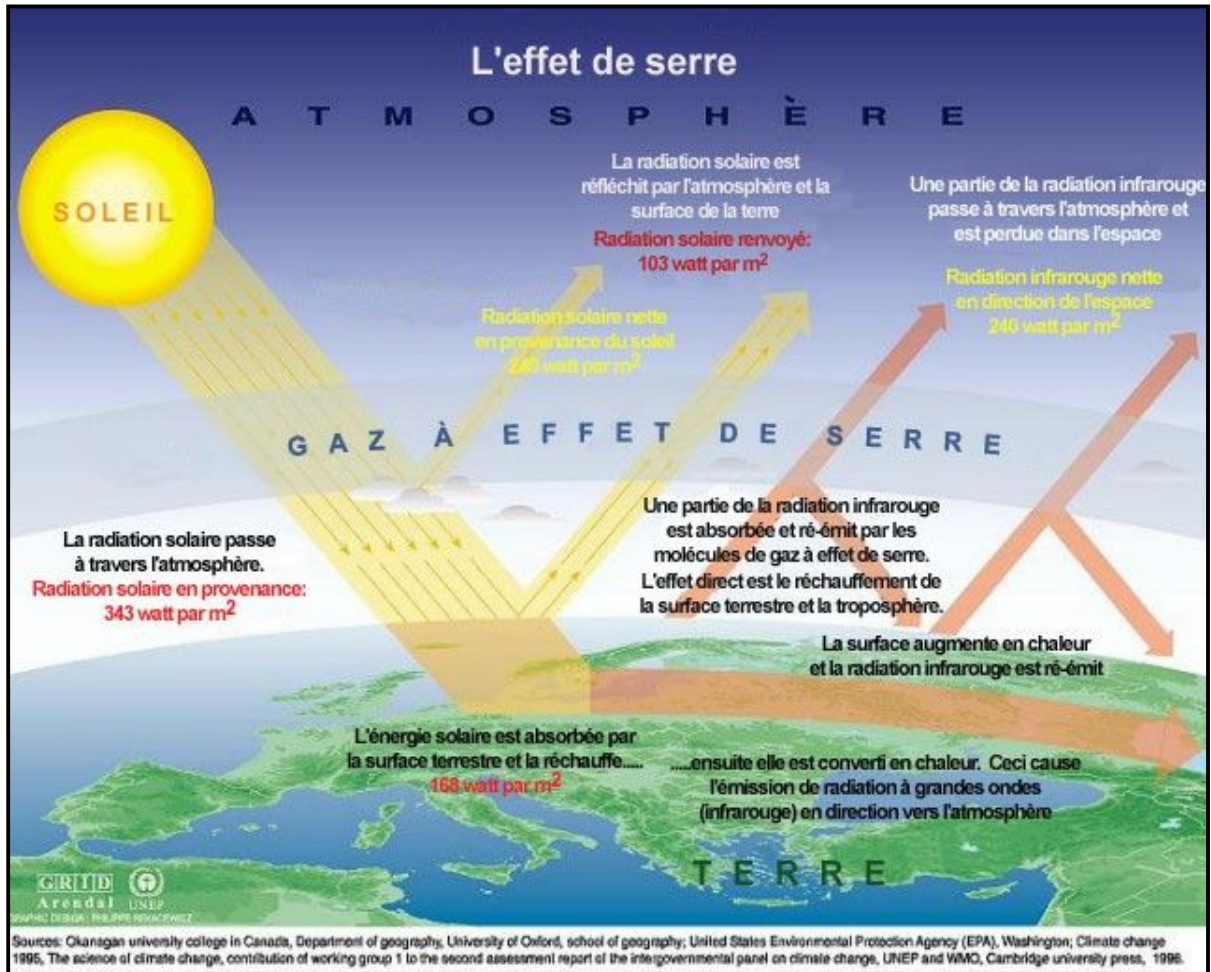


Figure n° 1-4 : Processus de l'effet de serre (source : <http://hmf.enseeiht.fr>)

### 1-3- Système climatique :

C'est l'ensemble de la planète. On y identifie aisément les sous-ensembles : l'atmosphère, l'océan, la cryosphère (la glace), la biosphère continentale et marine, la géosphère et l'homme. Entre ces éléments, il existe des relations plus ou moins fortes, des couplages. Ces relations sont réciproques ou non (Fouquart, 2002).

Le système climatique est une machine qui fonctionne à l'énergie solaire. Au sommet de l'atmosphère terrestre ce sont en moyenne 342 W/m<sup>2</sup> qui sont disponibles. L'atmosphère, les surfaces terrestres y compris l'océan et les glaces en réfléchissent 107 W/m<sup>2</sup>, soit environ 30% du total, qui sont renvoyés dans l'espace et perdus pour le système climatique. Restent 235 W/m<sup>2</sup> (70%) pour le faire fonctionner.

Cette énergie est absorbée par les différents compartiments du système : l'atmosphère, l'océan, les continents, le milieu vivant et même la glace qui pourtant réfléchit 90% de

l'énergie qui arrive à sa surface. Chacun de ces éléments du système stocke l'énergie, mais aussi l'échange sous différentes formes avec les autres compartiments, en tout premier lieu avec l'atmosphère qui est le seul milieu à avoir une interface avec tous les autres et dont les propriétés nous servent à définir le climat puisque nous y vivons.

Compte tenu de sa sphéricité, l'énergie reçue du soleil est très inégalement répartie à la surface de la Terre : maximale dans les régions équatoriales elle est très faible aux pôles. De plus elle varie saisonnièrement en chaque point du globe en raison de l'angle que fait l'axe de rotation de la Terre sur le plan de son orbite autour du Soleil, l'écliptique. Cette inégale répartition de l'énergie solaire en latitude est corrigée grâce aux deux fluides du système climatique que sont l'atmosphère et l'océan. <http://www.clubdesargonautes.org>

## **2- Changement climatique :**

Les changements climatiques sont une modification statistiquement significative, sur plusieurs décennies, de l'état moyen du climat (précipitations, température, humidité relative, etc.) sous l'effet combiné persistant des activités humaines et des processus naturels de forçages interne et externe au système climatique lui-même (**Encarta, 2009**).

Selon le Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC), le changement climatique est une modification durable du climat, qui peut être dû à des paramètres intrinsèques de la terre et à des influences extérieures telles que les activités humaines (**GIEC., 2007**).

La Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC, 1992), dans son article premier, définit les changements climatiques comme : des changements qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables. <https://unfccc.int>

### **2-1- Histoire du climat avant 1850 :**

Le climat n'a jamais été stable. La Terre est âgée d'environ 4,6 milliards d'années et au cours de son histoire, elle a connu un nombre incalculable de changements climatiques naturels. Ainsi, il y a eu plusieurs périodes où la Terre était presque entièrement recouverte de neige et de glace : Terre boule de neige. La dernière fois, c'était il y a 650 millions d'années. Il y a aussi eu des périodes où la Terre était beaucoup plus chaude qu'aujourd'hui : par exemple,

à l'époque des dinosaures (de 150 à 65 millions d'années), l'Antarctique était entièrement dépourvu de glace.

Voici quelque 2,7 millions d'années, a commencé une ère de passages cycliques de périodes glaciaires (plus froides) à des périodes interglaciaires (plus chaudes) qui duraient environ 100 000 ans. Au cours de la dernière période glaciaire, d'énormes calottes glaciaires recouvraient le nord de l'Europe. Cela a duré jusqu'il y a environ 15 000 ans. C'est alors que la température a augmenté brusquement. Actuellement, nous nous situons dans une période interglaciaire. Les scientifiques l'ont baptisée « Holocène ». [www.climatechallenge.be](http://www.climatechallenge.be)

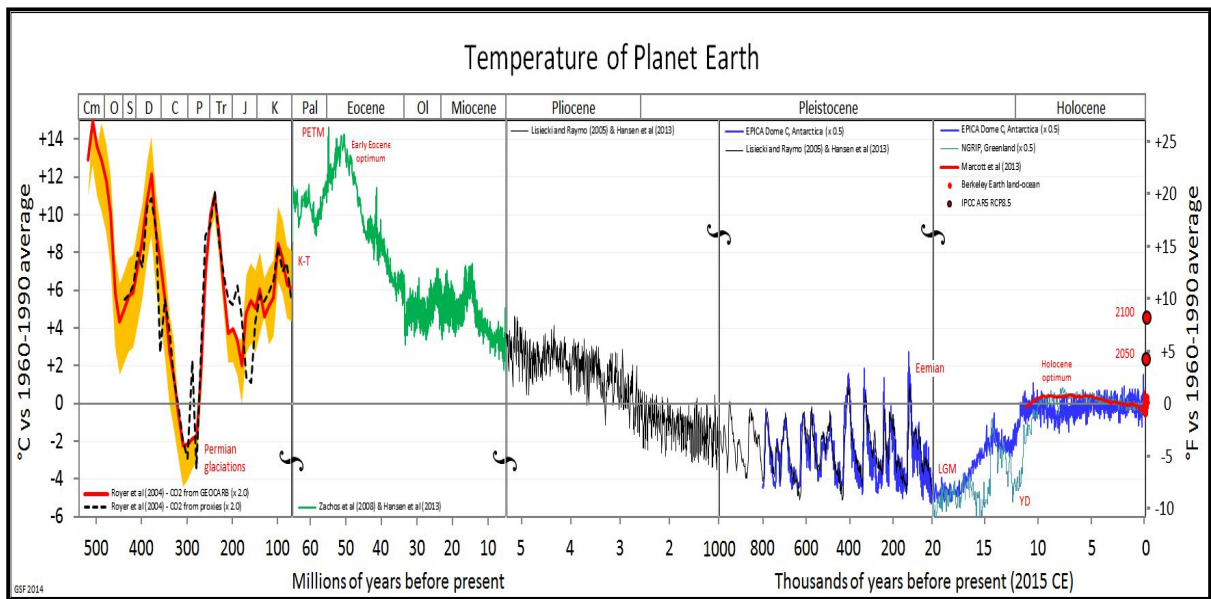


Figure n° 1-5 : Température moyenne de la terre (source : <https://en.wikipedia.org>)

Des variations lentes de l'ensoleillement marquent également le climat des régions tropicales. Il y a 6 000 à 8 000 ans, par exemple, le Sahara connaissait une période pluviale marquée. En plein cœur du désert actuel coulaient des rivières et vivaient des populations nomades. En témoignent de nombreuses peintures rupestres, des ossements d'éléphants, de girafes et même d'hippopotames, ainsi que des sédiments déposés au fond d'anciens lacs, complètement asséchés aujourd'hui. <http://la.climatologie.free.fr>

Il y a seulement quelques siècles, nos ancêtres ont connu un « Petit Age Glacière », caractérisé par un climat plus froid que le climat actuel. En effet, entre 1450 et 1880, les glaciers des Alpes, d'Alaska et de Nouvelle-Zélande se sont avancés bien au-delà de leurs limites actuelles. La période froide a atteint son paroxysme entre les années 1550 et 1700. De nombreuses explications ont été avancées concernant l'origine du Petit Age Glacière, ce refroidissement d'environ 1°C qui affecta de large région du globe. Les mécanismes proposés

sont très divers mais aucun n'a encore actuellement emporté l'adhésion de l'ensemble scientifique (Joussaume, 1999).

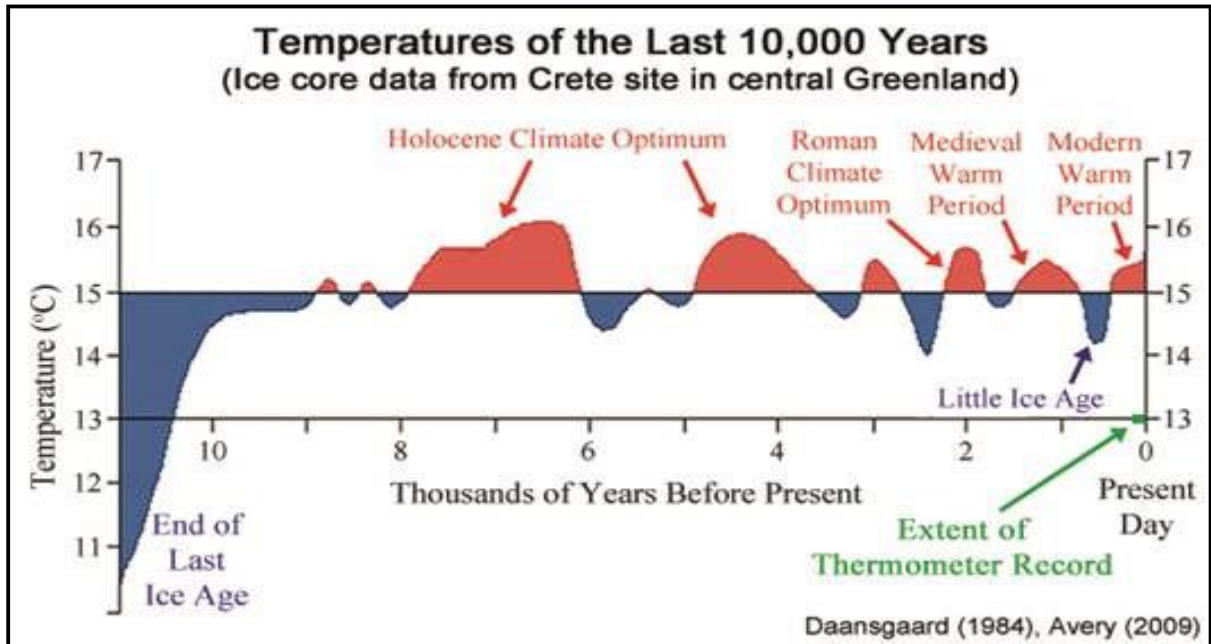


Figure n° 1-6 : Température moyenne au cours des 10 000 dernières années

(Source : <https://www.eike-klima-energie.eu>)

## 2-2- Les causes naturelles de la variabilité climatique :

Plusieurs facteurs entrent en jeu dans la variation du climat suivant que c'est à long ou moyen ou court terme :

### 2-2-1- La dérive des continents :

Les événements majeurs tectoniques peuvent totalement bouleverser le régime des températures. Selon la disposition des continents et des océans, le flux de chaleur que l'on mesure à la surface de la planète et qui traduit l'intense activité interne du globe varie totalement. Les échanges thermiques assurés par les courants marins en seront entravés d'autant, au profit de la glaciation. La calotte antarctique, par exemple, n'aurait commencé à se former que lorsque le continent se serait trouvé suffisamment éloigné du Sud de l'Amérique et de l'Australie pour permettre l'établissement d'un courant froid tout autour du continent antarctique, l'isolant thermiquement. Pour les glaciations très anciennes, il faut tenir compte de la dérive des continents, qui joue un rôle essentiel.

A l'échelle de dizaines de millions d'années, la position des continents change. Il y a environ 200 millions d'années, tous les continents étaient rassemblés en un supercontinent, la

Pangée. Ils se sont séparés ensuite et ont dérivé vers leur position actuelle à la vitesse de quelques centimètres par an. Il y a 250 millions d'années. On a découvert, des traces de glaciation au Sahara datant de l'Ordovicien, c'est-à-dire environ 450 millions d'années, car le Sahara se trouvait proche du pôle Sud, d'après les mesures paléomagnétiques.

<http://la.climatologie.free.fr>

### 2-2-2- Les paramètres orbitaux :

En 1924, la théorie de Milutin Milankovitch (ou théorie astronomique) est fondée sur le calcul des variations séculaires de l'ensoleillement de différentes régions la terre résultant, non pas de fluctuations du rayonnement émis par le soleil, mais de l'évolution du mouvement de la terre autour du soleil.

Les paramètres orbitaux sont au nombre de trois, il s'agit de l'**obliquité** (l'angle formé entre le plan équatorial et le plan de l'écliptique), l'**excentricité** (l'orbite de la Terre autour du soleil se fait selon une ellipse dont le soleil est un des foyers) et la **précession** (le lent changement de direction de l'axe de rotation de la Terre).

Leurs variations ne modifient pas la quantité de rayonnement solaire qui arrive sur Terre en moyenne annuelle, mais elles modifient sa répartition spatiale et saisonnière, créant ainsi une alternance entre périodes glaciaires et interglaciaires (Joussaume, 1999).

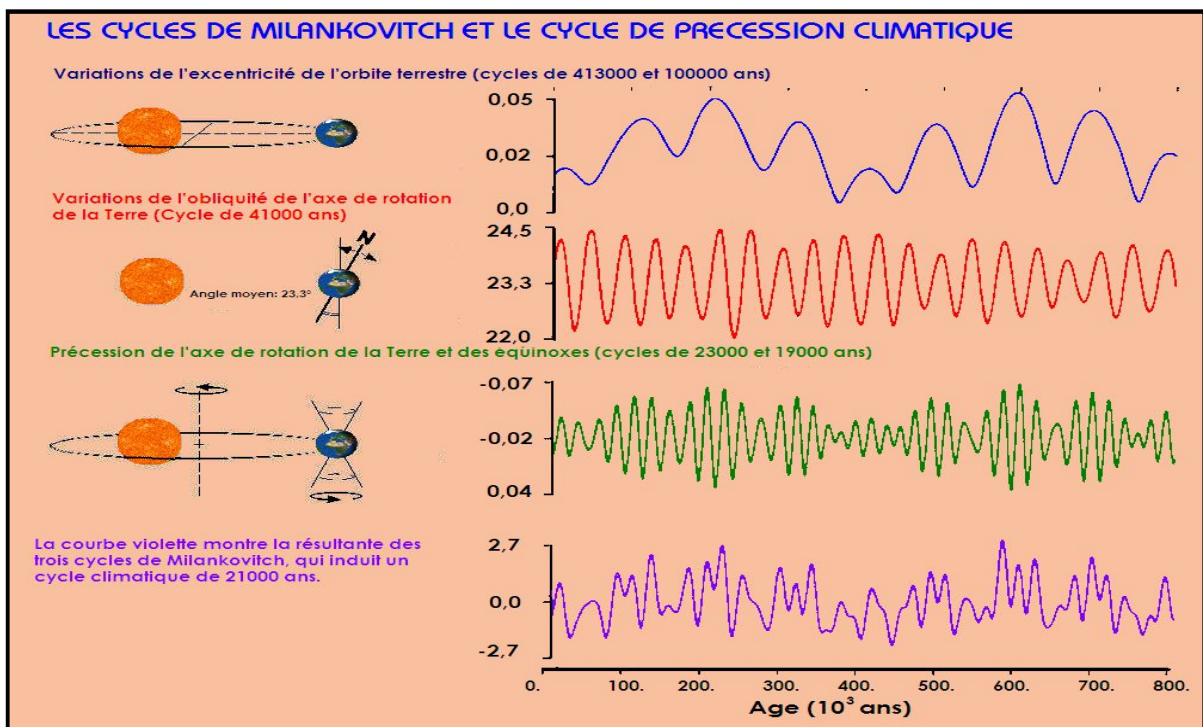


Figure n° 1-7 : Les paramètres orbitaux de Milankovitch (source : <https://www.les-crises.fr>)

### **2-2-3- Activité solaire :**

Sur l'échelle de centaines d'années voir plus c'est l'activité solaire suivant ces divers cycles solaires (Le cycle d'Hallstattzeit de 2300 ans, de Suess de 200 ans, etc.) qui influencent le climat sur des périodes bien longues et rend l'évolution de la température entraînée par les facteurs à très long terme moins régulière. <https://fr.wikipedia.org>

Leur influence la mieux connue se produit aux échelles de 10 à 100 ans, et est liée à différents cycles ; tout d'abord le cycle des tâches solaires, zones sombres sur le soleil associées à des facules, c'est-à-dire des tâches plus claires émettant plus d'énergie: l'apparition et la disparition de ces tâches, se produisant sur une période de 11 ans, entraîne de faibles variations de l'émission d'énergie par le soleil (modification de 1 W/m<sup>2</sup>environ). Une seconde variation est un cycle plus lent, d'échelle séculaire (90 à 100 ans), entraînant des variations de l'énergie émise par le soleil de 3-4 W/m<sup>2</sup>. Toutefois, ces modifications restent faibles et n'ont que peu de conséquences sur l'évolution des températures de surface, si ce n'est parfois dans le cas des cycles séculaires, le climat ayant le temps de réagir à la modification du rayonnement solaire (Norrant, 2007).

### **2-2-4- Activité volcanique :**

Lors de l'histoire de la Terre, les éruptions volcaniques les plus importantes ont été suivies d'un refroidissement de quelques années. Ceci est dû à la grande quantité de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) et de cendre éjectés par ces éruptions volcaniques. Une bonne partie de la poussière et des particules montent jusqu'à la stratosphère, à 20 km d'altitude et même parfois à plus de 50 km. Ces aérosols d'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) et de cendre, absorbent et réfléchissent vers l'espace le rayonnement solaire, alors un réchauffement a lieu dans la stratosphère il peut atteindre quelques degrés au plus fort de la couche. Puis la température de la troposphère a tendance à baisser comme ce fut le cas lors de beaucoup d'éruptions. Et parfois cela peut durer 2 à 3 ans après l'éruption. De façon générale, il y a une réduction nette de 5 à 10% de l'énergie reçue sur la surface de la Terre. Alors la température peut baisser de 0,10°C à 1°C parfois. <http://la.climatologie.free.fr>

### **2-2-5- Autres facteurs naturels :**

#### **2-2-5-1- ENSO (El Niño Southern Oscillation) :**

Ce sont des pêcheurs sud-américains, qui ont donné le nom d'El Niño au phénomène en

faisant référence à l'Enfant Jésus, car il apparaît peu après Noël. En temps normal (appelé anti-Niño ou La Niña).

C'est en 1920 qu'un mathématicien britannique Gilbert Walker découvrit que lorsque la pression barométrique est supérieure à la normale dans le pacifique sud, elle a tendance à être inférieure à la normale dans l'océan indien, et les vents habituels font leur apparition avec une pluie abondante. Ce phénomène climatique revient tous les 2 à 7 ans.

El Niño est une conséquence régionale d'une perturbation dans la circulation atmosphérique générale entre les pôles et l'équateur. Son apparition déplace les zones de précipitations vers l'Est dans l'océan Pacifique et empêche la remontée d'eau froide le long de la côte de l'Amérique du Sud, ce qui coupe la source de nutriments pour la faune de ces eaux et nuit considérablement à l'industrie de la pêche. Sans que toutes les relations physiques soient encore expliquées, El Niño fait partie des anomalies dans la circulation qui peuvent dérouter les cyclones tropicaux de leurs routes habituelles, déplacer les zones de précipitations et de sécheresse ainsi que changer localement le niveau de la mer par le changement de la pression moyenne. Cependant, à mesure de leur éloignement du bassin Pacifique, les relations entre ces effets sont moins connues.

Ces changements climatiques sont les plus importants après les saisons et touchent particulièrement l'Afrique, l'Australie, l'Asie du Sud et l'Amérique. <https://fr.wikipedia.org>

#### **2-2-5-2- PDO (Pacific Decadal Oscillation) :**

En 1996 le Scientifique Steven Hare a montré qu'une deuxième oscillation existait dans le Pacifique avec l'ENSO : c'est l'Oscillation Décennale du Pacifique (PDO). Cette dernière est une variation de l'anomalie de la surface de la température du Pacifique de 40 à 50 ans avec 2 phases d'environ 20 à 30 ans contrairement à l'ENSO qui persiste pendant 6 à 18 mois environ. La PDO est phénomène comparable au ENSO mais avec une amplitude bien plus grande et qui est caractérisée par une répartition des anomalies de la température de l'océan en « fer à cheval », alors que l'ENSO est une répercussion tout le long du Pacifique entre les tropiques.

Les causes du PDO ne sont actuellement pas bien connues parce que cette oscillation est longue. Il est aussi difficile de le prévoir contrairement à El Niño et La Niña. D'une part l'identification du PDO est importante parce qu'elle montre que les conditions climatiques peuvent changer sur de longues périodes dans le Pacifique. <http://la.climatologie.free.fr>



### 2-3- Les activités humaines et leur influence sur le climat :

Durant ces dernières décennies, des signaux et des observations de plus en plus fréquents, partout dans le monde, n'ont cessé d'indiquer que nous nous trouvons confrontés à une modification du climat :

- un réchauffement de l'atmosphère (de la température moyenne mondiale).
- des précipitations intenses plus fréquentes ... ou plus de périodes de sécheresse.
- des tempêtes plus intenses et fréquentes.
- la fonte des calottes glaciaires et glaciers.
- un réchauffement et une acidification des océans.

Selon le cinquième rapport d'évaluation du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC), beaucoup de ces changements observés sont sans précédent depuis des décennies voire des millénaires, sont irréversibles et vont persister pendant de nombreux siècles, voire millénaires (GIEC., 2013).

#### 2-3-1- Effet de serre additionnel :

Au cours de l'histoire de la Terre, il y a toujours eu des changements climatiques. Néanmoins, l'augmentation actuelle de la quantité de gaz à effet de serre (principalement de CO<sub>2</sub>) et de la température globale moyenne dans l'atmosphère sont inégalées. La température globale moyenne a augmenté de 0,74°C depuis 1850 (**figure n° 1-8**). Il s'agit d'une augmentation exceptionnellement rapide. Depuis la fin de la dernière période glaciaire, donc durant plus de 10 000 ans, la température globale est restée relativement stable.

La plupart des scientifiques s'accordent à dire que le réchauffement actuel de la terre est la conséquence de l'augmentation des gaz à effet de serre (principalement le CO<sub>2</sub>) dans l'atmosphère due à l'activité humaine. La révolution industrielle à la fin du 18<sup>ème</sup> siècle et l'invention du moteur à combustion interne en 1867 ont sonné le début d'une ère où l'homme allait brûler à grande échelle des combustibles fossiles comme la houille, l'essence, le diesel, le mazout et le gaz naturel. Ceci libère beaucoup de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. Ainsi, l'homme a provoqué une augmentation de la concentration en CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère de 280 ppm (parts per million ou parties par million) en 1850, à 394 ppm aujourd'hui. Cela représente une augmentation de près de 40%. En raison de l'activité humaine, les émissions de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère dépassent le stockage naturel du CO<sub>2</sub> (dans les océans et la biomasse). De ce fait, l'équilibre naturel du cycle du carbone est perturbé.

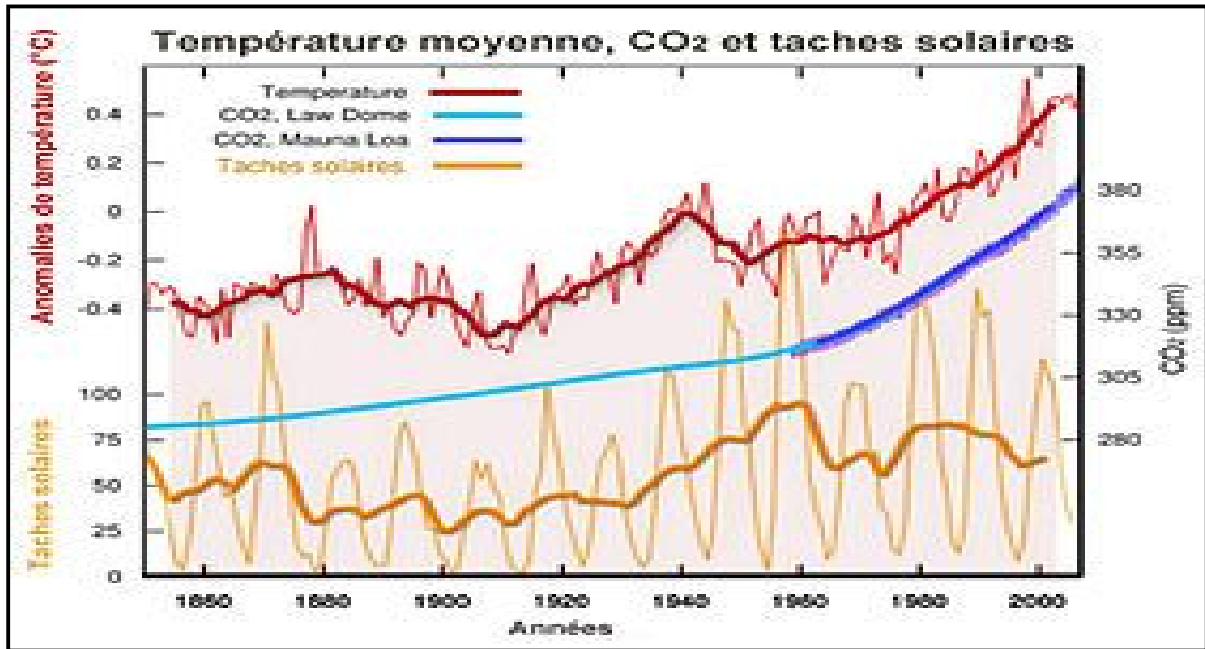


Figure n° 1-8 : Evolution de température, CO<sub>2</sub> et d'activité solaire  
(source : <https://fr.wikipedia.org>)

Ces concentrations accrues de gaz à effet de serre dans l'atmosphère renforcent l'effet de serre naturel et on appelle cela l'effet de serre anthropique ou additionnel. Étant donné l'effet isolant thermique de l'atmosphère, on obtient une augmentation de la température moyenne de la terre et un changement climatique mondial. Le dernier rapport du GIEC affirme avec force que le changement actuel du climat est un fait scientifique établi et ne peut plus être nié. Les scientifiques ont fixé un seuil critique qui fait que l'augmentation mondiale de la température doit rester sous les 2°C pour limiter le changement climatique. [www.climatechallenge.be](http://www.climatechallenge.be)

### 2-3-2- Les différents gaz à effet de serre :

L'effet de serre est à l'origine un phénomène naturel : un certain nombre de gaz présents naturellement dans l'atmosphère absorbent en effet une partie de la chaleur émise par la terre. Cependant, suite aux activités humaines, la concentration de certains de ces gaz augmente, ce qui renforce l'effet de serre naturel. De plus, l'homme a également créé des substances synthétiques qui occasionnent à leur tour un (puissant) effet de serre.

Tous ces gaz à effet de serre sont émis en concentrations variables et possèdent un "pouvoir de réchauffement global" (Global Warming Potential ou GWP) différent ; le CO<sub>2</sub> sert de référence à cet effet, c'est pourquoi il a reçu la valeur GWP=1. Les émissions totales de tous les gaz à effet de serre réunis sont dès lors exprimées en "équivalents CO<sub>2</sub>", qui additionnent les différentes concentrations et les différents impacts.

Malgré le nombre croissant de politiques d'atténuation, les émissions de tous ces gaz ont augmenté en moyenne de 2,2% par an entre 2000 et 2010, alors que l'augmentation était de 1,3% par an entre 1970 et 2000. Les émissions anthropiques mondiales de GES entre 2000 et 2010 ont été les plus élevées de l'histoire humaine : en 2010, les émissions ont atteint le volume inconcevable de 49 milliards de tonnes équivalent-CO<sub>2</sub>. La crise économique de 2007/2008 n'a fait que réduire temporairement les émissions.

Les secteurs qui contribuent le plus aux émissions directes de GES sont : la production énergétique (35%), l'agriculture, sylviculture et autres affectations des terres (24%), l'industrie (21%), le transport (14%) et les bâtiments (6%). La part de l'industrie et des bâtiments est beaucoup plus importante si l'on prend en considération les émissions indirectes (associées à la production d'électricité et de chaleur consommée par ces secteurs).

#### **2-3-2-1- La vapeur d'eau (H<sub>2</sub>O) :**

- le plus important des gaz à effet de serre naturellement présents dans l'atmosphère.
- est créé par l'évaporation de l'eau présente à la surface de la Terre.

#### **2-3-2-2- Le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) :**

- est créé par la décomposition naturelle de matières animales ou végétales, mais est absorbé par les plantes au cours du processus de photosynthèse (transformation de CO<sub>2</sub> et d'eau en sucres sous l'effet de la lumière solaire).
- est créé en grandes quantités suite aux activités humaines, principalement :
  - la production d'énergie par la combustion de combustibles fossiles (charbon, pétrole et gaz naturel).
  - la déforestation, surtout dans les régions tropicales, pour la conversion des forêts en terres agricoles.
  - des processus industriels comme la production de ciment et de chaux.
  - certaines activités dans la pétrochimie et la sidérurgie.
- la concentration en CO<sub>2</sub> a augmenté d'environ 35 % depuis 1750, de 280 à 379 ppm en 2005 (ppm = parts per million - nombre de particules par million). Les émissions d'origine fossile ont augmenté entre 1990 et 2000-2005 de 6,4 à 7,2 Gt/an. C'est ce gaz qui exerce le rôle le plus important dans l'effet de serre actuel (plus de 50%).

#### **2-3-2-3- Le méthane (CH<sub>4</sub>) :**

- est créé par la décomposition de matières végétales en milieux humides.

- un peu plus de la moitié des émissions totales de méthane est provoquée par les activités humaines :
  - l'agriculture (rizières, fermentation dans l'intestin des ruminants, utilisation de fumier et de lisier).
  - le traitement des déchets ménagers (versages, compostage).
  - l'exploitation, la distribution et la consommation de gaz naturel (fuites, gaz insuffisamment ou non brûlé).
- la concentration en méthane a augmenté de près de 150 % depuis 1750, de 700 à 1774 ppb en 2005 (ppb = parts per billion - nombre de particules par milliard) ; ce gaz est responsable d'environ 20 % de l'effet de serre actuel. Les émissions de méthane sont demeurées assez stables au cours de la dernière décennie.
- le méthane a un “pouvoir de réchauffement global” (GWP = Global Warming Potential) 25 fois supérieur à celui du CO<sub>2</sub>.

#### **2-3-2-4- Le protoxyde d'azote ou gaz hilarant (N<sub>2</sub>O) :**

- les émissions de ce gaz à effet de serre suite aux activités humaines proviennent de :
  - l'agriculture (utilisation d'engrais contenant de l'azote).
  - l'industrie chimique (ex. production d'acide de salpêtre).
  - la combustion de combustibles fossiles pour le chauffage domestique et les transports.
- la concentration actuelle est environ 16 % supérieure à celle de 1750, 319 au lieu de 270 ppb en 2005 (ppb = parts per billion - nombre de particules par milliard) ; le gaz hilarant est responsable d'environ 6 % de l'effet de serre actuel.
- possède un “pouvoir de réchauffement global” 298 fois supérieur à celui du CO<sub>2</sub>.

#### **2-3-2-5- L'ozone (O<sub>3</sub>) :**

- l'ozone est naturellement présent dans la stratosphère (à une altitude de 10-15 km) : il protège la planète contre les dangereux rayons UV. L'affaiblissement des concentrations en ozone stratosphérique (le célèbre “trou dans la couche d'ozone”) est provoqué par des substances produites par l'homme et qui désintègrent l'ozone à ces altitudes, comme par exemple un certain nombre de composés fluorés (ex. les gaz propulseurs dans les aérosols).
- mais l'ozone est également créé dans la troposphère (le milieu de vie de l'homme) suite à une réaction chimique - sous l'effet d'une lumière solaire intense - entre des substances

résultant de la pollution de l'air. L'ozone, gaz très réactif, est nuisible pour la santé, exerce un impact négatif sur le rendement des cultures agricoles, etc. Aux basses altitudes, l'ozone renforce également l'effet de serre. <http://www.climat.be>

#### **2-3-2-6- gaz à effet de serre industriels :**

##### **2-3-2-6-1- Les gaz fluorés (CFC, HCFC, HFC, PFC, etc.) :**

- utilisés dans les systèmes de refroidissement (réfrigérateurs, air conditionné), comme solvants (entre autres pour le nettoyage des composants électroniques), les extincteurs ; également utilisés dans la production d'aluminium et de mousses synthétiques.
- ont un puissant pouvoir d'absorption des rayons infrarouges et sont chimiquement très stables ; exercent un rôle important dans l'effet de serre actuel (leur GWP varie entre 1.300 et 11.700).
- les CFC et les HCFC provoquent la décomposition de l'ozone stratosphérique (aux hautes altitudes) ; ils sont interdits (ou sont en passe de le devenir) par le Protocole de Montréal (1987). Les produits de substitution (HFC) ne sont pas nuisibles, mais ils contribuent à l'effet de serre.

##### **2-3-2-6-2- L'hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>) :**

- utilisé dans les transformateurs et les doubles vitrages (isolation sonore).
- n'est produit qu'en très petites quantités, mais possède un très fort pouvoir d'absorption des rayons infrarouges (son "pouvoir de réchauffement global" est 23.900 fois plus élevé que celui du CO<sub>2</sub>) ; chimiquement très stable.

##### **2-3-2-6-3- Le trifluorure d'azote (NF<sub>3</sub>) :**

- gaz incolore, inodore, non inflammable mais toxique
- de plus en plus utilisé comme dégraissant industriel dans la fabrication des écrans LCD et des cellules photovoltaïques
- à cause de son grand GWP de 17.200 et de la croissance rapide de son utilisation industrielle (le NF<sub>3</sub> remplace de plus en plus le SF<sub>6</sub>), ses émissions ont plus d'impact qu'initialement estimé. <http://www.climat.be>

#### **2-3-3- Réponses internationales au réchauffement climatique :**

Les premières initiatives internationales de lutte contre le phénomène se traduisent par l'adoption de deux textes importants : la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques ou convention climat de 1992 et le protocole de Kyoto de 1997.

Signé en 1997 et entré en vigueur en février 2005, le protocole de Kyoto est un accord interétatique fixant des seuils de réduction des gaz à effet de serre à respecter par les différents États signataires. Principal texte d'application de la convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, le texte devait répondre aux trois principes de base de la convention : le principe de précaution imposant de prendre des mesures face au réchauffement de la planète, ensuite celui du droit à environnement sain et enfin, le principe d'une responsabilité commune, mais différenciée des États face au dérèglement climatique.

En juillet 2006, il est maintenant ratifié par 156 États. Le protocole a été ratifié par 175 pays qui se sont engagés pour atteindre, en 2012, une réduction de leurs émissions de gaz à effet de serre d'environ 5 % par rapport aux émissions répertoriées en 1990. Pour la première fois, les États-Unis et la Chine ont annoncé le 12 novembre 2014, en marge du Forum Asie-Pacifique (APEC), s'être fixé des objectifs concernant leurs émissions de gaz à effet de serre. Dans la perspective de la réunion de Paris, qui doit permettre à la communauté internationale de trouver en 2015 un terrain d'entente afin de limiter le réchauffement climatique à une hausse de 2°C, L'accord mondial pour l'élimination des hydrofluorocarbures (HFC), signé à Kigali le 15 octobre 2016 par les 197 pays qui sont partie prenante au protocole de Montréal de 1987 sur la protection de la couche d'ozone, fixe un calendrier pour l'élimination progressive des utilisations de ce gaz dont le pouvoir réchauffant est 14 000 fois supérieure à celle du CO<sub>2</sub>, si bien que 9 à 19 % des émissions de GES (en équivalent CO<sub>2</sub>) pourraient lui être imputées d'ici à 2050 ; leur élimination progressive permettrait d'éviter jusqu'à 0,1 degré de réchauffement des températures d'ici à cette date et 0,5 degré d'ici à 2100.

**[etudescaribeennes.revues.org](http://etudescaribeennes.revues.org)**

La stratégie de lutte contre le réchauffement climatique basée sur :

- ramener l'intensité carbone de la production mondiale d'électricité à un niveau proche de zéro dès 2050, en particulier dans les pays à hauts revenus et dans les pays émergents, en remplaçant les énergies fossiles par les énergies renouvelables et le nucléaire ou en neutralisant leurs émissions par la capture et séquestration du CO<sub>2</sub> (CCS) ; la biomasse couplée avec la CCS permet même d'obtenir des émissions nettes négatives.
- basculer des énergies fossiles vers l'électricité à bas carbone pour réduire massivement les émissions dans les secteurs à forte intensité énergétique : transports, bâtiments, industrie ; les véhicules électriques ou hybrides rechargeables, les pompes à chaleur, les fours et chaudières électriques ont une efficacité énergétique bien supérieure à leur

homologues à énergies fossiles et sont un moyen efficace pour abaisser rapidement les émissions.

- améliorer l'efficacité énergétique permet de réduire les émissions, faciliter le basculement vers l'électricité et réduire les coûts énergétiques, y compris dans l'agriculture (réduction des déchets par leur utilisation énergétique, utilisation du bois dans le bâtiment, etc.) et l'alimentation (basculement vers des produits à bas carbone, libération de terres).
- mieux gérer les sols : les secteurs agricole et forestier devraient atteindre la neutralité carbone dès 2030, en développant les puits de carbone par la reforestation et en évoluant vers des pratiques moins émissives.

Les auteurs mettent en garde contre les choix fondés seulement sur les coûts et sur les bénéfices à court terme, qui peuvent mener à des impasses coûteuses à long terme ; par exemple, l'expansion urbaine à faible densité non planifiée, la destruction de forêts ou le choix de remplacer le charbon par le gaz plutôt que par les énergies renouvelables. [fr.wikipedia.org](http://fr.wikipedia.org)

#### **2-3-4- Le climat du futur :**

Les efforts de modélisation du climat futur sont coordonnés dans le cadre du GIEC qui a élaboré quarantaines scénarios qui se répartissent en six groupes et quatre grandes familles A1, A2, B1 et B2.

A partir de scénarios d'émissions de gaz à effet de serre, d'aérosols, de précurseurs de l'ozone troposphérique et stratosphérique, reposant eux mêmes sur divers scénarios socio-économiques, les modélisateurs du climat peuvent faire des projections à des échéances lointaines (par exemple celle d'un doublement de la teneur en CO<sub>2</sub> à un horizon 2070 à 2100 selon les hypothèses).

Dans cette hypothèse, les chiffres publiés par le GIEC font état d'un réchauffement global moyen compris entre 1,4 et 5,8°C d'ici 2100. Ce chiffre peut paraître d'une imprécision inacceptable. Il faut savoir qu'il recouvre à la fois l'incertitude sur les modèles (typiquement + ou - 1°C pour un scénario donné) et celle liée aux 35 scénarios socio-économiques considérés, dont l'incertitude est large. La fourchette de température citée plus haut correspond donc à une enveloppe englobant toutes les incertitudes.

De façon concomitante, on s'attend à une variabilité accrue du climat, notamment à un fort impact sur le cycle de l'eau lorsque le changement climatique sera encore plus marqué :

pluies diminuées là où elles sont déjà faibles et en été, pluies augmentées là où elles sont déjà abondantes et en hiver. Cette tendance risque donc fort d'aggraver les problèmes de ressources en eau.

L'impact du changement climatique sur les cyclones, les tornades, les tempêtes ou la mousson asiatique est encore incertain ; celui sur l'amplitude des événements des épisodes de type El Nino n'est pas mis en évidence pour les 100 prochaines années. La couverture neigeuse et l'extension des glaces de mer et des glaciers devraient continuer à globalement diminuer. La calotte glaciaire antarctique devrait augmenter en raison de précipitations accrues, contrairement au Groenland où le ruissellement devrait dépasser les précipitations. Un apport massif d'eau douce dans l'Atlantique nord qui en résulterait serait susceptible d'affecter la circulation océanique profonde (dite circulation thermohaline), et dans des conditions extrêmes d'arrêter le Gulf Stream et le transport de chaleur associé dont bénéficie l'Europe de l'ouest. Une telle hypothèse n'est pas considérée comme plausible d'ici 2100. Quant à l'élévation du niveau des océans résultant pour l'essentiel de l'expansion thermique de l'eau, et dans une moindre mesure de la fonte des glaciers et calottes polaires, elle se situe dans la fourchette 9 - 88 cm (ce niveau a augmenté entre 10 et 20 cm au 20<sup>ème</sup> siècle). Mais même un chiffre médian ne serait pas sans conséquence sur les écosystèmes côtiers et les activités humaines dans ces zones.

La régionalisation des impacts du changement climatiques reste un objectif prioritaire, parce que la résolution des modèles globaux ne permet en général pas de restituer très finement des influences locales comme celle des reliefs, qui sont insuffisamment décrits dans ces modèles. L'utilisation de modèles à aire limitée, couplés à un modèle global, se répand de plus en plus (**Bessemoulin et al., 2003**).

En Algérie, selon **Lakhdari (2009)**, le modèle MAGICC estime un réchauffement de l'ordre de 1°C entre l'années 2000 et 2020, accompagné d'une fluctuation de la pluviométrie avec une tendance à la baisse de l'ordre de 5 à 10 %.

Selon **Farah (2014)**, la projection climatique sur l'Est algérien (y compris Biskra) à l'horizon 2050 montre une augmentation des températures et une baisse des précipitations plus importantes dans la partie Ouest que dans la partie Est de la région d'étude ; les effets du changement climatique sont plus perceptibles durant l'automne et l'été. L'accroissement des températures et la fluctuation des régimes pluviométriques auront des conséquences néfastes et directes sur l'agriculture du pays (**Fenni et Machane, 2010**).



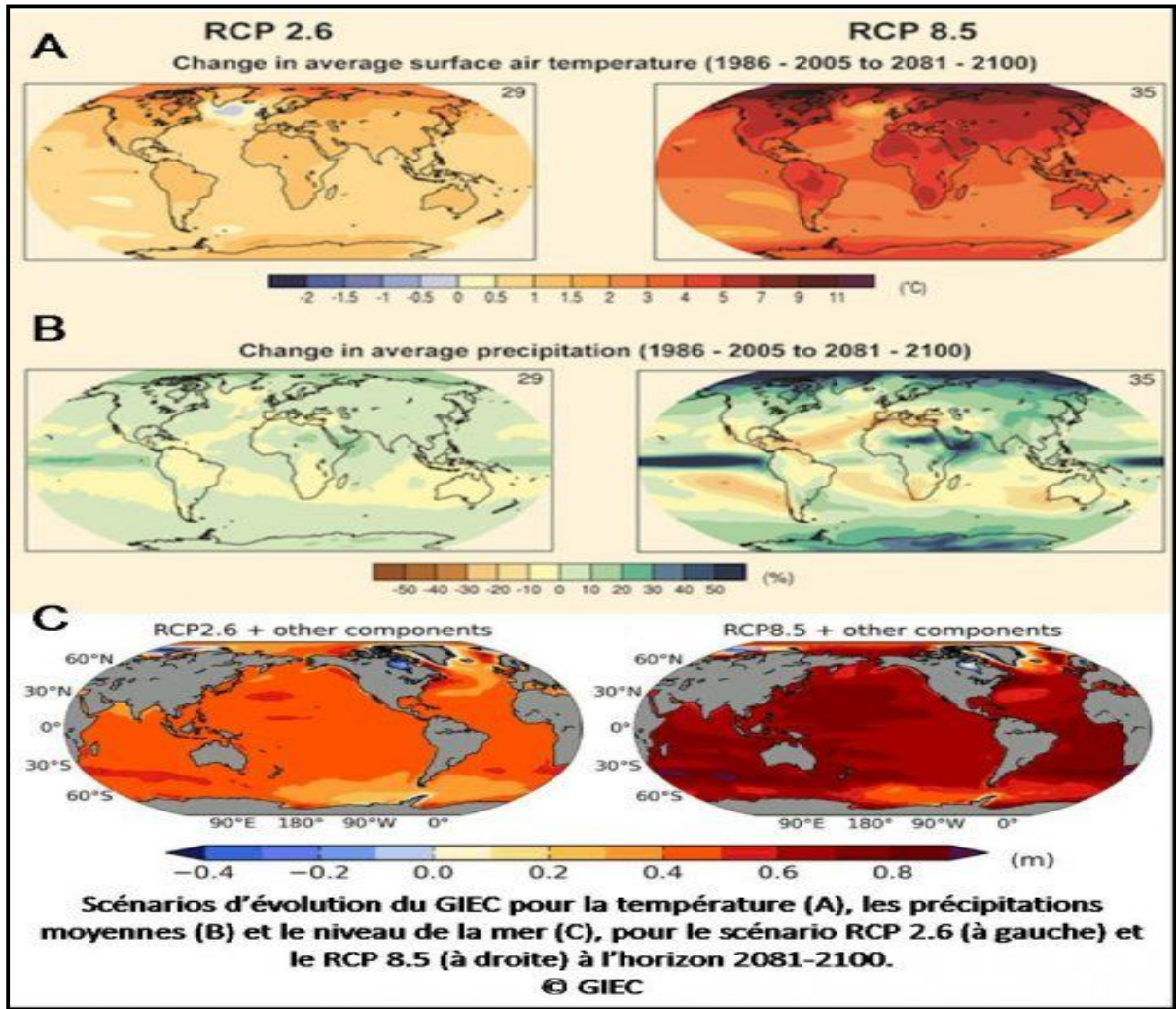


Figure n° 1-9 : scénarios d'évolution du GIEC pour la température, les précipitations et le niveau de la mer à l'horizon 2100 (source : <http://www.eau-poitou-charentes.org>)

### 3- Effets du changement climatique :

Le changement climatique touche toutes les régions du monde. Les calottes glaciaires polaires fondent et le niveau des océans est en hausse. Dans certaines régions, les phénomènes météorologiques extrêmes et les précipitations sont de plus en plus fréquents, tandis que d'autres sont confrontées à des vagues de chaleur et des sécheresses de plus en plus extrêmes. Ces effets devraient s'intensifier au cours des prochaines décennies. <https://ec.europa.eu>

Une modification du climat est donc inéluctable et il 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. D'autres impacts sont étudiés : la perte de biodiversité et la dégradation d'écosystèmes, la hausse du risque de famines, les mouvements de populations, ainsi que les incidences sur la santé (Bolin, 1980).

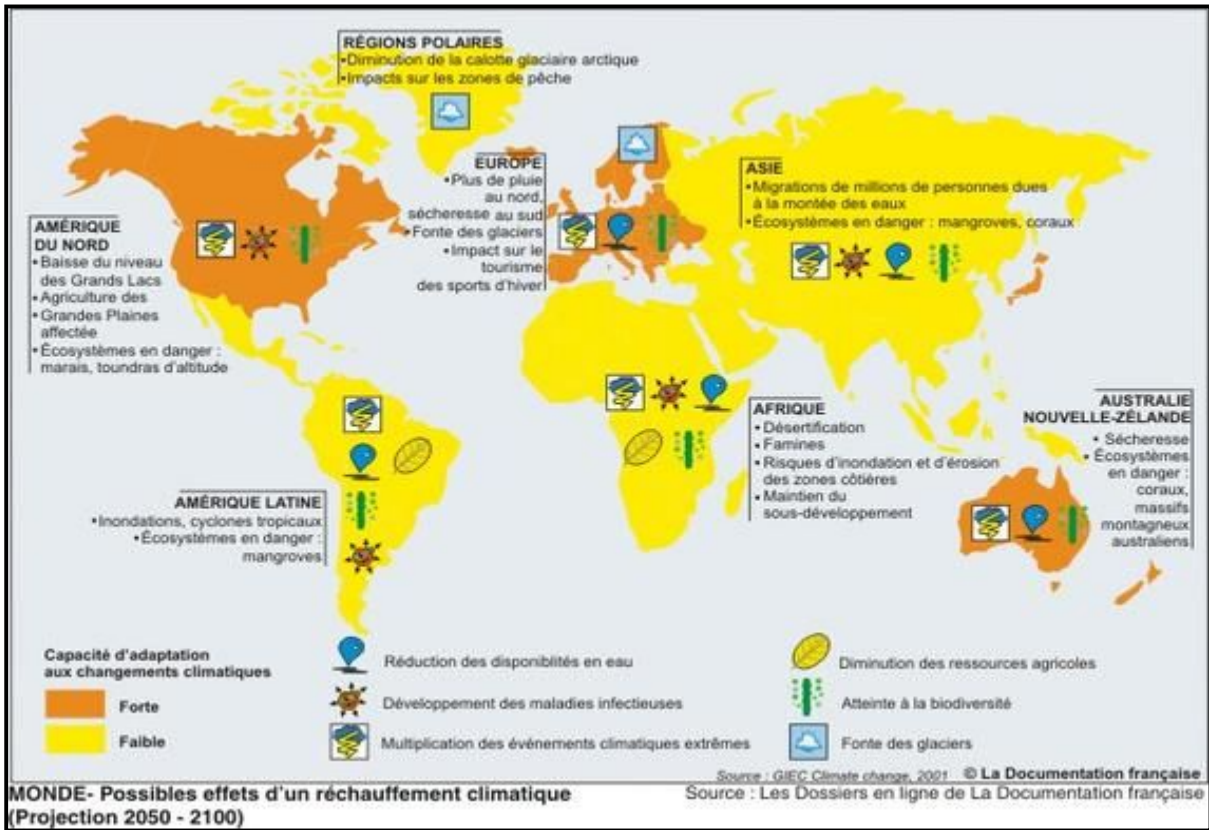


Figure n° 1-10 : Effets du changement climatique prévus pour 2050 - 2100

(Source : <http://www.ladocumentationfrancaise.fr>)

### 3-1- Conséquences du changement climatique :

#### 3-1-1- Réchauffement climatique :

Le réchauffement du système climatique est maintenant reconnu sans équivoque, car évident dans les observations de l'accroissement des températures moyennes mondiales de l'atmosphère et de l'océan, la fonte généralisée de la neige et de la glace, et l'élévation du niveau moyen mondial de la mer. Les informations paléoclimatiques confirment l'interprétation que le réchauffement du dernier demi-siècle est atypique sur au moins les 1300 dernières années. La dernière fois que les régions polaires ont été significativement plus chaudes qu'actuellement pendant une longue durée (il y a environ 125 000 ans), la réduction du volume des glaces polaires a conduit à une élévation du niveau des mers de 4 à 6 mètres.

L'essentiel de l'accroissement observé sur la température moyenne globale depuis le milieu du 20<sup>ème</sup> siècle est très vraisemblablement dû à l'augmentation observée des gaz à effet de serre anthropiques. On peut maintenant discerner des influences humaines dans d'autres aspects du climat, comme le réchauffement de l'océan, les températures continentales moyennes, les températures extrêmes et la structure des vents.

Pour les deux prochaines décennies un réchauffement d'environ 0,2°C par décennie est simulé pour une série de scénarios d'émissions du Rapport spécial. Même si les concentrations de tous les gaz à effet de serre et des aérosols avaient été gardés constants au niveau de 2000, un réchauffement induit, d'environ 0,1°C par décennie se produirait. La poursuite des émissions de gaz à effet de serre au niveau actuel ou au-dessus provoquerait un réchauffement supplémentaire et induirait de nombreux changements dans le système climatique global au long du 21<sup>ème</sup> siècle, qui seraient très vraisemblablement plus importants que ce qui a été observé au cours du 20<sup>ème</sup> siècle.

Pour la fin du siècle, la gamme de réchauffement en fonction des scénarios d'émission de GES va de 1.8°C (avec une fourchette de vraisemblance de 1.1 à 2.9) à 4.0°C (fourchette de 2.2 à 6.4), et celle de l'élévation du niveau de la mer de 0.18 à 0.59 m. Ces tendances continueraient pendant des siècles à cause des échelles de temps associées aux processus climatiques et aux rétroactions, même si les concentrations des gaz à effet de serre étaient stabilisées (GIEC., 2007).

### 3-1-2- Sécheresse :

La sécheresse est un phénomène récurrent du climat. Elle diffère des autres fluctuations climatiques par le fait qu'elle s'installe lentement et se développe au cours des mois voire même des années. Elle peut affecter des espaces assez larges. Cependant, ses caractéristiques varient d'une région à une autre. Néanmoins, il ne faut pas confondre la sécheresse et l'aridité. La sécheresse peut être comprise comme une situation temporaire caractérisée par un manque de précipitations par rapport aux valeurs normales. L'aridité, par contre, est une caractéristique climatique d'une zone donnée ; c'est la situation permanente de faibles précipitations annuelles ou saisonnières (Lain, 2005).

La sécheresse, qui commence comme un événement climatique, s'étend progressivement à tous les domaines où l'eau intervient. C'est ainsi que l'on distingue généralement quatre types de sécheresse, météorologique, agricole, hydrologique et socio-économique auxquelles on peut ajouter un cinquième type : la sécheresse forestière. Ces sécheresses peuvent ne pas se manifester en même temps. Cependant, la sécheresse météorologique reste l'élément moteur des autres (OSS., 2009).

La sécheresse est un risque majeur d'origine naturelle (anomalie météorologique) qui résulte d'un déficit pluviométrique aux impacts multiples :

- Climatiques (augmentation de la T°C, de l'insolation, des vents et de l'ETP).
- Hydrologiques (diminution de l'écoulement superficiel, assèchement des cours d'eau, des lacs, des chotts voire tarissement des sources et rabattement des nappes).
- Edaphiques (dessiccation des sols, augmentation de leur taux de salinité, etc.).
- Agronomique (dessèchement des cultures voire perte des récoltes notamment celles des cultures menées en sec, etc.).

Ses effets dégressifs sont généralement d'abord perçus au niveau des biomes steppiques et forestiers à travers la repousse de la végétation spontanée (jaunissement et/ou brûlures foliaires, dépérissement, difficultés des remontées biologiques, etc.) (Lakhdari, 2010).

### 3-1-3- Phénomènes climatiques extrêmes :

Des changements dans de nombreux phénomènes météorologiques et climatiques extrêmes ont été observés depuis 1950 environ. Certains de ces changements ont été associés à des influences humaines, y compris une diminution des événements extrêmes de température froide, une augmentation des événements extrêmes de température chaude, une augmentation des événements extrêmes de hauts niveaux de la mer et une augmentation du nombre d'événements de fortes précipitations dans un certain nombre de régions.

[www.developpement-durable.gouv.fr/giec](http://www.developpement-durable.gouv.fr/giec)

Vagues de chaleur, pluies torrentielles, inondations, sécheresse extrême, tempêtes, cyclones tropicaux, etc. sont des phénomènes climatiques extrêmes qui font du changement climatique un sujet d'actualité brûlant.

À l'heure actuelle, les phénomènes climatiques peuvent présentés de grandes fluctuations, entre autres sous l'influence de phénomènes naturels comme El Niño. Cependant, il existe des tendances qui indiquent clairement un changement climatique.

- Une hausse des précipitations a été observée dans de nombreuses régions (partie est de l'Amérique du Nord, Europe du Nord ainsi que l'Asie du Nord et centrale).
- Le Sahel, le sud de l'Afrique, des parties de l'Asie du Sud et le bassin méditerranéen bénéficient de moins de précipitations.

Les scientifiques projettent que :

- La fréquence des phénomènes climatiques extrêmes (périodes de fortes pluies occasionnant des inondations, tempêtes, vagues de chaleur, etc.) est appelée à augmenter ;
- L'intensité maximale des vents et des précipitations lors de tempêtes augmentera également.

De toutes les conséquences du changement climatique, les conditions atmosphériques extrêmes seront probablement les plus néfastes pour le bien-être de l'homme. Les populations du Sud, qui sont déjà les plus vulnérables, seront les plus durement touchées par l'extrême sécheresse, les inondations, les tempêtes, etc. [www.climatechallenge.be](http://www.climatechallenge.be)

### **3-2- Impacts du changement climatique sur l'agriculture :**

Le changement climatique n'affectera pas seulement la moyenne des températures à la surface de la planète, mais jouera aussi sur l'écart des températures saisonnières (amplitude thermique), les événements climatiques extrêmes et les ressources en eau. Ces modifications auront des impacts sur la quantité et la qualité des productions agricoles et sur l'environnement (sols, eau, biodiversité, etc.) et amplifieront les zones d'action de certains ravageurs. Les projections des effets régionaux sur l'agriculture sont encore incertaines mais les productions végétales et animales étant optimisées pour des zones climatiques déterminées, les rendements et la productivité des cultures seront inévitablement touchés.

#### **3-2-1- Culture végétale :**

Les impacts des changements climatiques auront des effets directs et/ou indirects variables selon le type de cultures végétales. Globalement, la modification du climat aura un impact sur :

- Le régime saisonnier des précipitations, influençant l'humidité des sols et la disponibilité en eau.
- L'augmentation de la température moyenne qui se traduira par un raccourcissement des cycles de végétation et affectera la production (vitesses de développement plus rapides et croissance diminuée).
- L'augmentation de la fréquence des températures élevées sera néfaste pour les productions.
- L'expansion des insectes et maladies des végétaux aggravant le risque de pertes de récolte. <http://www.rac-f.org>

Le CO<sub>2</sub> est un facteur-clé dans la photosynthèse et la croissance des plantes. Après diffusion dans la plante à travers les stomates, il est transformé en hydrates de carbone par la photosynthèse un grand nombre de molécules d'eau sont perdues par transpiration à travers les stomates pour chaque molécule de CO<sub>2</sub> qui entre dans la feuille. Au fur à mesure de l'ouverture stomatique dans un environnement plus riche en CO<sub>2</sub>, la perte d'eau à partir diminue, ce qui accroît l'efficacité à l'utilisation d'eau. La réduction de la consommation d'eau est appelée l'effet anti-transpirant du CO<sub>2</sub>.

L'importance des effets fertilisants et anti-transpirants varie avec le type de culture. Par exemple la physiologie des plantes C<sub>4</sub> (maïs, sorgho, canne à sucre, etc.) autorise, en général, une capacité photosynthétique plus élevée que celle des plantes C<sub>3</sub> (riz, blé, fève, soja, tournesol, etc.) (Bazzaz et Sombrok, 1997).

L'agriculture est extrêmement sensible au changement climatique. Des températures plus élevées diminuent les rendements des cultures utiles tout en entraînant une prolifération des mauvaises herbes et des parasites. La modification des régimes de précipitations augmente la probabilité de mauvaises récoltes à court terme et d'une baisse de la production à long terme. Bien que certaines régions du monde puissent enregistrer une amélioration de quelques unes de leurs cultures, le changement climatique aura généralement des impacts négatifs sur l'agriculture et menacera la sécurité alimentaire au niveau mondial.

Dans les pays en développement, le changement climatique provoquera une baisse de la production des cultures les plus importantes. Le changement climatique amplifiera la hausse des prix des principaux produits agricoles: riz, blé, maïs et soja. Le fourrage, plus cher, entraînera une augmentation des prix de la viande, avec deux conséquences: un léger ralentissement de la croissance de la consommation de viande, et une accélération substantielle de la diminution de la consommation de céréales. En 2050, la disponibilité en calories sera non seulement inférieure à celle d'un scénario sans changement climatique: en fait elle sera inférieure aux niveaux de l'an 2000 dans l'ensemble du monde en développement.  
<http://www.agrhymet.ne>

### 3-2-2- Sol :

Le sol se forme sous l'action de plusieurs processus : la désagrégation et l'altération de la roche-mère par l'eau, le gel et les variations thermiques, la formation de l'humus en fonction de la végétation présente et des conditions de température et d'humidité, enfin la migration

des minéraux. Ces processus de pédogenèse sont donc fortement dépendants des conditions climatiques du milieu.

Selon **Robert et al., (1999)**, les changements de climat et de composition de l'atmosphère vont entraîner des déséquilibres avec changements de certaines caractéristiques du sol : il va s'agir principalement de la réserve organique (C, N), des éléments nutritifs et de l'acidité, des conditions d'oxydo-réduction et des caractéristiques hydriques et physiques. Le sol occupe une position d'interface dans l'écosystème : interface entre les roches, l'atmosphère, l'eau et les êtres vivants dont il est le support. On connaît déjà l'importance de son rôle comme puits et source de carbone. La dynamique du carbone est directement en relation avec l'effet de serre et avec les changements climatiques. Mais, le sol est également le lieu de stockage et de transit de l'eau, qui assure en fonction de son niveau de remplissage par les pluies, la recharge des nappes, l'alimentation des hydro-systèmes de surface et l'alimentation des cultures et des êtres vivants. Le sol est, de plus, un monde vivant actif et son fonctionnement biologique est étroitement dépendant, lui aussi, de paramètres climatiques comme la température ou la pluviométrie.

À la différence des autres secteurs, l'agriculture peut aussi constituer un puits de carbone. Cela signifie que la végétation, en synthétisant de la matière organique à partir du CO<sub>2</sub> atmosphérique, stocke du carbone (dans la partie aérienne des plantes et dans les racines) qui est ensuite en partie incorporé au sol. D'après des études de l'INRA, l'usage des terres et les pratiques culturales modifient le niveau de ces stocks dans le sol. Ainsi, le travail restreint des terres et la pérennité des prairies maintiennent des stocks de carbone élevés. De plus, ces pratiques limitent l'érosion, améliorent la qualité des sols, des eaux et de la biodiversité, modèrent les inondations, économisent l'énergie fossile, etc. Ainsi, les cultures sont un mode potentiel de réduction des émissions de GES, selon les espèces plantées, la durée de couvert végétal, et l'utilisation finale du produit. Il serait ainsi possible de stocker additionnellement, entre 1 et 3 millions de tonnes de carbone par an, pour une durée de 20 ans sur le territoire métropolitain. Cependant, le stockage de carbone organique dans le sol est temporaire (entre 20 et 50 ans selon le milieu) et il apparaît que l'augmentation de la température tend à déstocker le carbone car elle augmente la vitesse de biodégradation des matières organiques souterraines. Ce phénomène aurait conduit à un déstockage total de 140 millions de tonnes de carbone entre 1900 et 1998. <http://www.rac-f.org>

### 3-3- Impacts du changement climatique sur les ressources en eau :

Globalement, la communauté scientifique estime que les impacts les plus importants sur la ressource en eau auront lieu en été : l'augmentation des températures stimulera l'évapotranspiration qui se conjuguera avec la diminution des précipitations pour conduire à un assèchement des sols. Aussi, même dans les régions où les précipitations ne diminueront pas, voire augmenteront légèrement, la disponibilité en eau pourra devenir plus irrégulière. Et des pénuries d'eau pourront se faire sentir ponctuellement dans des régions qui n'en souffrent pas actuellement. Il est cependant possible que, localement, l'intensité des événements pluviométriques extrêmes et de leurs conséquences (crues et ruissellements urbains à la suite d'orages intenses) augmente. <http://www.alterrebourgognefranche-comte.org>

La productivité des systèmes agricoles et forestiers et des pêcheries dépend en grande partie de la distribution temporelle et spatiale des précipitations et de l'évaporation, ainsi que de la disponibilité des ressources en eau douce pour l'irrigation, en particulier pour les cultures. Avec le changement climatique, les systèmes de production des régions marginales sont confrontés à une augmentation de la vulnérabilité climatique et des risques, en ce qui concerne l'eau à cause de facteurs dont la dégradation des ressources en sols via l'érosion des sols, une extraction excessive des eaux souterraines et la salinisation correspondante, ainsi que le surpâturage des terres arides. <http://www.fao.org>

Les impacts directs du changement climatique sur des processus naturels peuvent être aggravés par des activités humaines. L'utilisation accrue des eaux souterraines, par exemple, peut être nécessaire dans les secteurs où les ressources en eau de surface ne sont pas durables ou contaminées par des sécheresses et des inondations. Les effets du changement climatique sur les ressources en eaux souterraines sont donc étroitement liés à d'autres causes globales de changement, dont la croissance démographique, l'urbanisation et le changement d'utilisation du territoire, conjugués avec d'autres tendances socio-économiques et politiques. La réaction des eaux souterraines aux changements globaux est une fonction complexe qui dépend du changement climatique et de la variabilité, de la topographie, des caractéristiques des couches aquifères, de la dynamique de la végétation et des activités humaines. Le fait que le changement climatique impacte à la baisse la disponibilité de la ressource en eau a pour conséquence d'accroître la concurrence entre les différents usages de l'eau.

<http://www.agrhymet.ne>



### 3-4- Adaptation au changement climatique :

Les experts du GIEC ont donné une définition de l'adaptation, dans leur troisième rapport d'évaluation en 2001 : L'adaptation est l'ajustement de systèmes naturels ou humains en réponse à stimuli climatiques réels ou attendus ou leurs effets, qui en diminue les dommages ou tire de leurs aspects positifs. Un autre terme y est fortement associé : la vulnérabilité, dont le GIEC donne également la définition : la vulnérabilité est le degré de capacité d'un système de faire face ou non aux effets néfastes du changement climatique (y compris la variabilité climatique et les extrêmes). La vulnérabilité dépend de l'ampleur et du rythme de l'évolution climatique, des variations auxquelles le système est exposé, de sa sensibilité et de sa capacité d'adaptation (Lavigne, 2013).

On peut limiter les effets négatifs des changements climatiques en s'adaptant, au niveau local, aux nouvelles conditions de culture. Pour cela, il est possible d'opter pour des variétés appropriées aux nouvelles conditions pédoclimatiques, de modifier les modes de culture, d'introduire de meilleurs systèmes de gestion de l'eau, d'adapter les calendriers des semis et les méthodes de labour et de planifier plus justement l'utilisation des sols. Il est également possible de s'adapter en déplaçant géographiquement les zones de production. Le réchauffement observé équivaut, sur le siècle, à un déplacement vers le nord de l'ordre de 180 km ou en altitude de l'ordre de 150 mètres.

Les effets étant très différents d'une région à l'autre, certains pays pourraient connaître une diminution de leur production même s'ils prennent les mesures d'adaptation aux changements climatiques nécessaires. <http://www.rac-f.org>

Selon FAO (2015), les sols sains constituent le plus grand réservoir de carbone sur la terre. Quand ils sont gérés de façon durable, les sols peuvent jouer un rôle important en faveur de l'atténuation du changement climatique, en stockant le carbone (séquestration) et en diminuant les émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Relever les défis liés à la sécurité alimentaire mondiale et au changement climatique passe nécessairement par une transformation radicale de l'agriculture et des pratiques de gestion des terres. Les pratiques agricoles et de gestion des sols améliorées, qui permettent d'accroître la teneur en carbone du sol – comme l'agro-écologie, l'agriculture biologique, l'agriculture de conservation et l'agroforesterie – offrent de multiples avantages. Elles permettent de produire des sols fertiles riches en matière organique (carbone), de maintenir la surface couverte de végétation, de

réduire l'utilisation d'intrants chimiques et de favoriser la rotation des cultures et la biodiversité. Ces sols sont également moins sujets à l'érosion et à la désertification, et permettent de maintenir des services éco-systémiques vitaux, tels que le cycle hydrologique et le cycle des nutriments, qui sont essentiels au maintien et à l'accroissement de la production alimentaire.

L'adaptation aux changements climatiques est un enjeu majeur pour la gestion de l'eau qui nécessite des ajustements techniques mais surtout politiques, institutionnels et comportementaux. La mise en œuvre de stratégies et politiques nationales d'adaptation est une problématique récente. La majorité des pays sont au stade de l'amélioration des connaissances sur les impacts hydrologiques et de l'identification des mesures d'adaptation correspondantes (diminution des fuites et gaspillages, adaptation des cultures, mobilisation de ressources en eau non conventionnelles). <http://planbleu.org>

Devant les effets attendus des changements climatiques, différentes stratégies d'adaptation sont possibles, et plusieurs étapes sont à envisager pour minimiser les impacts attendus et améliorer la capacité de réaction suite à un impact. Les différents modes d'actions d'adaptation peuvent être individuels ou collectifs, publics ou privés, ou encore spontanés ou planifiés. Ces stratégies d'adaptation varient beaucoup d'un contexte à l'autre. [www.rac-f.org](http://www.rac-f.org)

#### **4- Climat et changement climatique en Algérie :**

##### **4-1- Climat de l'Algérie :**

L'Algérie est un pays de la zone subtropicale du Nord africain. Son climat est très différent entre les régions (Nord-Sud, Est-Ouest). Il est de type méditerranéen sur toute la frange nord qui englobe le littoral et l'atlas tellien (étés chauds et secs, hivers humides et frais), semi aride sur les hauts plateaux au centre du pays, et désertique dès que l'on franchit la chaîne de l'atlas saharien. En Algérie les précipitations sont caractérisées par une variabilité spatio-temporelle très marquante. La tranche de pluie annuelle décroît à mesure que l'on avance vers le sud et tombe à moins de 100 mm au sud de l'atlas saharien, cette valeur étant habituellement considérée comme marquant le début du désert. A la décroissance des pluies du Nord au Sud se superpose une décroissance de l'Est à l'Ouest. <http://www.meteo.dz>

Le Sahara est l'un des déserts les plus chauds et les plus arides du globe. Il se caractérise par des précipitations très peu abondantes et irrégulières entre 120 mm au Nord et 12 mm au Sud, les températures élevées peuvent dépasser les 45°C, accusant des amplitudes thermiques

significatives et également par une faible humidité relative de l'air. Les vents sont relativement fréquents et leur vitesse est importante d'avril à juillet, ce qui provoque pendant cette période le sirocco et/ ou des vents de sable. L'évaporation varie entre 1500 mm dans les régions d'Atlas saharien et plus de 4500 mm au grand sud.

Par sa position géographique, la région de Biskra se distingue par une nette différence de climat entre les zones situées au Nord de la région (El Outaya, El Kantara) et celles situées au sud (Sidi Okba, Oumache). Le climat de Biskra est chaud et sec, les minimas absolus n'atteignent rarement le zéro, la période froide correspond aux mois de : décembre, janvier, février et mars, dont la température moyenne minimale est de 5°C. Quand aux périodes chaudes, les maximas absolus dépassent très fréquemment la valeur de 45°C en juin, juillet et août et pendant cette période chaude les minimas absolus sont toujours supérieur à 20°C (Khadraoui, 2011).

#### **4-2- Perturbations météorologique affectant l'Algérie :**

Les perturbations sont des phénomènes ondulatoires qui naissent le long de simples discontinuités dynamiques, surtout le long des fronts, quand deux masses d'air bien individualisées rentent en contact (Guyot, 1999).

Quatre types de situation météorologiques affectent notre pays :

##### **4-2-1- Les perturbations atmosphérique du Nord :**

Cette situation est caractérisée par une « descente d'air polaire » assez importante dans les couches moyennes supérieures de l'atmosphère. Ces perturbations qui arrivent en hiver, traversent l'Europe et gardent leurs caractères de front polaire en arrivant sur le Nord du pays où elles donnent des pluies importantes, souvent accompagnées de chutes de neige, sur l'atlas et les hauts-plateaux.

##### **4-2-2- Les perturbations atmosphérique du Nord-Ouest :**

Ces perturbations proviennent du Nord-Atlantique, traversent les chaînes de montagnes portugaises et espagnoles, ce qui produit un effet de Foehn. Ces masses d'air se réalimentent en traversant la mer méditerranée. Ceci explique l'accroissement des précipitations d'Ouest en Est dans le Nord du pays. Ainsi l'Oranie reçoit moins de précipitations que le centre et l'Est en raison de l'effet de Foehn joué par les reliefs portugais et espagnoles ; la mer méditerranée réalimente ces masses d'air quand elles les traversent.

#### **4-2-3- Les perturbations d'Ouest :**

Elles proviennent de proche Atlantique. Elles donnent des pluies assez importantes sur le Maroc et perdent de leurs activités en abordant l'Oranie à cause de l'effet de Foehn produit par les reliefs du Rif et l'Atlas marocains. Les pluies provenant de cette source sont assez faibles, on les rencontre souvent en Automne et Printemps.

#### **4-2-4- Les perturbations du Sud-Ouest :**

Elles proviennent du Golf de Guinée et des zones équatoriales de l'Atlantique. Les précipitations générées par ces phénomènes intéressent le sud du pays (Tanezrouf, Hoggar, Tassili). Ces précipitation sont rares et peu abondantes, avec quelques exceptions (52 mm en 24 heures à Bordj Badji Mokhtar l'été 1993 (Sari, 2002).

#### **4-3- le changement climatique en Algérie :**

Le Maghreb a été identifié comme une zone particulièrement vulnérable face aux risques liés au changement climatique. L'exode rural conjugué à l'urbanisation intense sur la côte méditerranéenne durant les dernières décennies ont augmenté la vulnérabilité des populations concernées tout en accentuant les facteurs qui contribuent aux changements climatiques.

En Algérie, pays dont la plus grande partie est désertique, les changements climatiques constituent une préoccupation majeure. En effet, de par sa position géographique, l'Algérie est exposée aux effets négatifs des changements climatiques et des émissions des gaz à effet de serre, notamment les inondations, la sécheresse et les températures élevées (Farah, 2014).

Le pays connaît déjà une accentuation des sècheresses et donc l'aggravation des phénomènes de désertification, salinisation des sols, pollution des eaux superficielles et par conséquent dégradation progressive des ressources en eau. De même les inondations qui continuent à sévir au nord comme au sud, seraient plus importantes en terme de fréquence surtout durant le printemps et l'automne (Anonyme, 2009).

L'étude de l'évolution historique des facteurs du climat (1931 - 1990) met en évidence, pour ces dernières décennies :

- Une hausse de température moyenne sur l'ensemble du pays, ainsi une hausse nette des températures minimales et maximales sur l'ensemble des stations de l'Algérie du Nord depuis la décennie 70 et prolongeant jusqu'à nos jours : durant ces 20 dernières années,

les températures maximales moyennes mensuelles ont augmenté plus que les minimales ; cette augmentation est de 2°C environ.

- Une baisse de précipitations sur l'ensemble du pays, il y a environ 10% de baisse pendant ces 20 dernières années.
- Une occurrence plus grande de phénomènes extrêmes comme les inondations et les sécheresses (Mostefa-Kara, 2008).

#### **4-4- Adaptation de l'agriculture algérienne aux changements climatiques :**

Le secteur agricole consomme une quantité très importante en ressource hydrique mobilisé qui sont de l'ordre de 65%. Vue l'importance du poids des ressource en eau destiné au secteur agricole, ce dernier peut constituer un véritable handicap pour le développement des autres secteurs comme l'industrie et le tourisme. Dans ce contexte, l'adaptation à la rareté croissante d'eau pourrait viser à favoriser des cultures moins exigeantes en ressources hydrique et le retrait de certaines cultures de l'agriculture algérienne comme par exemple les céréales qui exigent de grandes ressources hydriques (Yehiaoui, 2015).

En Algérie, des pratiques d'adaptation sont déjà utilisées, car les épisodes de sécheresse, d'inondation, d'augmentation anormale de température de l'air se manifestent continuellement. Ces actions doivent être intégrées dans une politique globale d'adaptation du pays, du fait que les initiatives d'adaptation qui seront prises dans ce secteur auront des conséquences importantes dans plusieurs autres secteurs (Agoumi, 2003).

Des politiques efficaces peuvent contribuer à limiter les effets négatifs des changements climatiques en modifiant les modes de culture et les variétés utilisées, en introduisant de meilleurs systèmes de gestion des ressources en eau, en adaptant le calendrier des semis et les méthodes de labour et en planifiant plus judicieusement l'utilisation des sols. De nombreuses études menées à l'échelle d'exploitations agricoles montrent qu'il est possible de réduire de manière conséquente les effets nuisibles du changement climatique. Cela implique souvent le changement d'habitudes agraires. Les pratiques de conservation de l'eau sont destinées à faire face aux sécheresses. Ces techniques englobent aussi bien le labour de conservation que la gestion de l'irrigation. Les adaptations à long terme consistent en des changements structurels. Les changements dans l'affectation des terres seront probablement un facteur de stabilisation de la production. De plus, la recherche génétique pourrait permettre d'élaborer des plantes résistantes à la sécheresse et aux parasites (Fenni et Machane, 2010).

**Conclusion :**

En raison de leurs répercussions immédiates et durables sur le milieu naturel et sur l'homme, les questions de changement et de variabilité climatiques sont placées depuis quelques temps au centre des préoccupations des scientifiques, des décideurs politiques et des médias dans le monde.

Le changement climatique est un défi global qui exige une réponse mondiale. Il est maintenant largement reconnu que le climat de la terre change comme en témoigne la décennie 1990, la plus chaude depuis dix siècles. Le réchauffement climatique et ses variations régionales vont avoir un certain nombre de conséquences physiques sur l'environnement. Plusieurs de ces conséquences concernent le cycle des eaux, océans, glaciers, nuages et pluies. Cependant toutes les régions ne seront pas touchées de la même manière par les changements climatiques.

D'après **Beldjena (2008)**, du fait qu'elle soit située dans le bassin méditerranéen, l'Algérie reste une région très vulnérable aux changements climatiques et catastrophes naturelles.

Les changements climatiques, du fait de l'augmentation prononcée de température, de la baisse significative des précipitations et des sécheresses plus fréquentes et intenses, ne permettent pas la régénération du couvert végétal et constitueront une menace grave pour le secteur agricole. Le processus de changement climatique se traduirait également par une chute des rendements agricoles. Les différentes études citées plus haut affirment que l'augmentation des températures et de leur variabilité implique un décalage et une réduction des périodes de croissance, ainsi qu'une accélération de la dégradation des sols et de la perte de terres productives. De ce fait, la production agricole accusera des réductions moyennes des rendements des céréales de 5,7 % à près de 14 %. Le changement climatique induira également des baisses de rendement des productions des légumes de 10 à 30 % à l'horizon 2030 (**Chabane, 2012**).

Les projections climatiques de l'avenir indiquent que l'Algérie ressentira davantage les effets des changements climatiques. Le pays va éventuellement subir encore plus de variations importantes des hausses des températures et des baisses des précipitations.

---

## **Chapitre 2**

# **AGRICULTURE ET RESSOURCES EN EAU DANS LA REGION DE BISKRA**

---

- 1- Rappel historique de l'évolution des politiques agricoles en Algérie**
- 2- Les contraintes du secteur agricole en Algérie**
- 3- Agriculture dans la région de Biskra**
- 4- Ressources en eau dans la région de Biskra**

## Chapitre 2

### AGRICULTURE ET RESSOURCES EN EAU DANS LA REGION DE BISKRA

#### Introduction :

Le secteur agricole algérien souffre d'une faible productivité en raison de plusieurs facteurs défavorables, qu'ils soient externes (aléas climatiques) ou internes (sous mécanisation, faiblesse des investissements, infrastructures déficientes, manque de formation des ressources humaines, etc.). Cette faible productivité est encore accentuée par le niveau élevé des terres « en repos » qui représenteraient plus de 3 millions d'Ha.

L'Algérie du nord est un pays pauvre en eau en dépit de la centaine de barrages ou des nappes. Elle ne dispose que de 8,5 millions d'ha de SAU (0, 21 ha/habitant) soumises à de fortes contraintes de relief et de climat qui limitent les potentialités agricoles. La sécheresse et l'aridité constituent une menace constante pour les trois quarts des terres consacrés au système céréales-jachère et les paysans comme les décideurs sont toujours attentifs aux conditions climatiques, et pas seulement eux, puisqu'un simple accident climatique dans les grands bassins de production céréaliers (Etats-Unis, Canada, UE ou Ukraine) peut être à l'origine des envolées du cours du blé ou des céréales secondaires etc. Les Bourses des matières premières et les marchés réagissent aussi. C'est ce mythe d'une Algérie riche en ressources naturelles qui a fondé le pari fait sur l'agriculture saharienne depuis les années 1980. <http://www.bernard-deschamps.net/2016/08/quelle-agriculture-pour-l-algerie.html>

Les régions sahariennes constituent une source de richesse économique, de diversité naturelle et d'échanges sociaux. Examiner l'agriculture dans ces zones s'est avéré nécessaire, car elle a subi une large et profonde évolution à travers les différentes politiques agricoles de l'Etat depuis l'indépendance et jusqu'à nos jours, notamment le programme national de développement agricole (Benziouch, 2007).

La politique de développement agricole dans les régions sahariennes avait d'abord un objectif de compensation des faiblesses de l'agriculture dans le Nord du pays, quand on continuait encore à entretenir le mythe de l'indépendance alimentaire. Les mutations politiques, économiques et sociales depuis l'ouverture de l'économie et le réajustement structurel ont laissé place à un discours plus réaliste en matière de politique agricole. Dans cette optique, la politique actuelle de développement de l'agriculture dans les régions sahariennes vise principalement à développer le Sud lui-même (Bouammar, 2009).



## 1- Rappel historique de l'évolution des politiques agricoles en Algérie :

Une lecture chronologique des différentes phases qui ont guidé le développement du secteur agricole depuis l'indépendance est nécessaire pour mieux appréhender le cheminement qui a conduit à l'adoption de la politique de renouveau agricole et rural actuelle et pour se rendre compte que celle-ci constitue en fait l'aboutissement d'un processus d'apprentissage et d'appropriation progressive qui plonge ses racines dans notre histoire. Elle permet aussi de percevoir toute la portée et la profondeur des réformes et des réponses apportées par la Politique de Renouveau Agricole et Rural (**MADR., 2012**).

### 1-1- L'autogestion :

La nature a horreur du vide et le transfert de propriété massif a commencé à se matérialiser par une intervention de l'Etat qui a promulgué l'Ordonnance 62-20 du 24 août 1962, relative à la protection et la gestion des biens vacants et le décret de mars 1963. Ces textes sont venus régulariser une situation de fait. Les hautes autorités du pays institutionnalisés ce qu'on a appelé l'autogestion ou système socialiste. C'est ainsi qu'en 1965, le secteur agricole autogéré s'étendait sur 2,3 millions ha, occupés par les colons durant la Le système autogéré se distingue par :

- Un mode de production collectiviste. La notion de propriété privée est supprimée au profit de la propriété collective.
- La forme d'organisation est décentralisée. Les centres d'activités ont un développement autonome.
- L'objectif initial est de permettre un développement optimal dans ses dimensions politiques et économiques.

Très vite l'autogestion a montré ses limites. L'Etat a tenté d'y remédier en le consolidant par la parution de pas moins de 7 décrets dont le but était de réformer en profondeur un secteur agricole délabré (**Benyoucef, 2016**).

### 1-2- La révolution agraire :

Ce n'est qu'après que l'ancien président **Houari Boumediene** a tenté de remédier à la gabegie qui s'est installée. Dans un esprit de justice sociale, il n'a pas trouvé mieux que de proclamer une déclaration qui a fait focus par la suite. Il a pensé à juste titre que «la terre appartient à celui qui la travaille». C'est dans cette optique qu'il y a eu mise en place d'un

système socialisant. L'Ordonnance 71-73 du 8 novembre 1971, a institué la révolution agraire dont le principe fut justement «La terre à celui qui la travaille». Ce qui a permis de récupérer 1,2 million ha qui étaient auparavant la propriété de grands pachas. La loi du 8 novembre 1971 portant «Révolution agraire» a donc décidé l'extension des nationalisations au profit d'un «Fonds national de la révolution agraire» (FNRA) pour deux ensembles fonciers :

- Les biens à caractères agricoles des collectivités publiques : communes, wilaya, domaine privé de l'Etat, terres de statut collectif (arch) et bien des fondations religieuses (habous).
- Les biens des propriétaires agricoles qui n'exploitent pas directement et personnellement leurs terres et ceux dont les superficies excèdent un plafond déterminé.

La pratique et la réglementation ont conduit à préciser et à distinguer deux notions employées indifféremment par la loi. Celle de propriétaire non exploitant et de propriétaire absentéiste (Benyoucef, 2016).

Les premières années de construction de cette économie agricole étatique ont été empreintes d'un vent d'optimisme quant aux chances de succès de cette politique. Cet enthousiasme s'est progressivement estompé au fur et à mesure qu'il devenait évident que les efforts consentis étaient loin de donner les résultats escomptés. La croissance moyenne annuelle de la production agricole était faible et la facture des importations alimentaires devenait de plus en plus lourde à supporter du fait de la hausse constante de la demande intérieure due à la forte croissance démographique de l'époque et à l'amélioration du pouvoir d'achat alimentaire des populations.

### **1-3- Premières réformes de l'économie agricole étatique (1979-1999) :**

Au cours de cette période, devant la stagnation persistante de la production agricole, les difficultés de gestion des grandes exploitations autogérées et le déficit chronique de celles-ci, un certain nombre de réformes ont été progressivement introduites. C'est ainsi que furent mises en place les premières expériences de libéralisation des marchés, suivies peu après par une restructuration des domaines agricoles socialistes (DAS), transformées en Exploitations agricoles collectives (EAC) et en Exploitations agricoles individuelles (EAI) tandis qu'un droit de jouissance perpétuelle sur les terres fût introduit (loi 87-19).

Au cours de la même période, une partie des terres nationalisées dans le cadre de la révolution agraire ont été restituées à leurs anciens propriétaires (loi d'orientation foncières de

1990) et le système coopératif issu de la révolution agraire, réorganisé.

Timides au début, ces réformes se sont amplifiées pendant les années 90 à la suite des crises pétrolière et financière qu'a connu le pays et l'adoption des mesures d'ajustement structurel orientées vers l'économie de marché qui s'en est suivie.

#### **1-4- Les plans de développement agricole et rural depuis l'an 2000 :**

##### **1-4-1- Le Plan National De Développement Agricole (PNDA) :**

A partir de 1999, et le retour progressif de la sécurité dans le pays qui a coïncidé avec le rétablissement des finances publiques et la clôture du programme d'ajustement structurel, l'État a procédé au lancement d'un programme de relance ambitieux à travers le Plan national de développement agricole (PNDA 2000–2004).

Mis en œuvre depuis septembre 2000, le PNDA peut être considéré comme une manifestation forte de la volonté politique d'apporter des solutions aux problèmes ayant freiné le développement d'un secteur aussi vital que celui de l'agriculture durant la phase de gestion libérale. Dans l'espoir d'aboutir à un développement durable, les objectifs du PNDA convergent principalement vers la restructuration du territoire agricole et le développement qualitatif et quantitatif de la production.

La nouvelle stratégie du secteur repose sur le principe central suivant : « Tout acte agricole inscrit et devant être exécuté dans le cadre du PNDA doit être économiquement viable, écologiquement durable et socialement acceptable » (MADR., 2012).

##### **Le PNDA vise en priorité :**

- L'amélioration du niveau de sécurité alimentaire en visant l'accès des populations aux produits alimentaires nationaux, en qualités satisfaisantes (selon les normes requises). D'où une meilleure couverture des besoins de consommation par la production locale.
- L'amélioration de la production agricole, en développant les capacités de production et de multiplication des intrants agricoles et du matériel de reproduction, ainsi qu'en valorisant les potentialités du pays (l'utilisation rationnelle et optimale des ressources naturelles et humaines) et en maîtrisant davantage les contraintes naturelles (sol, eaux et climat).

- La préservation voire la protection de l'environnement, et valorisation des montagnes par des reboisements économiques et utiles. Des reboisements qui peuvent servir également à lutter contre la désertification.
- La création d'emplois et l'amélioration du bien être de l'agriculteur.
- L'adaptation des systèmes d'exploitation des sols, dans les régions arides et semi arides ou soumises à l'aridité (celles autrefois réservées aux céréales malgré son inadaptation ou laissées en jachère, et qui constituent une véritable menace de dégradation) au profit des activités adaptées (telles l'arboriculture, l'élevage, etc.).

**Les programmes prioritaires du PNDA sont :**

- Le programme de développement et de préservation des filières agricoles.
- Le programme d'adaptation des systèmes de production (reconversion).
- Le programme national de reboisement.
- Le programme de mise en valeur par les concessions.
- Le programme de mise en valeur dans le grand sud.

Le plan national de développement agricole est censé stimuler un développement durable et conséquent du secteur primaire. En revanche, le lancement de ces programmes n'est pas une fin en soi, car ce n'est que le bon déroulement et le bon aboutissement de ces programmes, qui reflétera la réussite de ce plan. Le passage du développement agricole au développement rural a été jugé nécessaire.

**1-4-2- L'élargissement des appuis au domaine rural :**

Adoptée en juillet 2002, elle relève la nécessité de consolider et de renforcer le Plan National de développement agricole (PNDA) par une dimension rurale nommée actuellement: Plan National de Développement Agricole et Rural (PNDAR). Ce plan s'articule autour de deux composantes :

- La mise à niveau des exploitations agricoles et des filières de production par le biais de plans de développement d'exploitations agricoles, soutenus par le Fonds National de Reconversion et de Développement Agricole (FNRDA).
- La revitalisation des espaces ruraux, l'amélioration des conditions de vie des populations rurales et la promotion de l'artisanat et des métiers ruraux par la mise en œuvre de Projets de mise en valeurs des terres par la concession objet d'un dispositif spécifique et des Projets de Proximité de Développement Rural (PPDR).

Le Projet de Proximité de Développement Rural (PPDR) s'entend de tout projet comportant des actions d'accompagnement des communautés rurales agissant aux fins de :

- L'exploitation rationnelle est la meilleure valorisation des ressources naturelles.
- La préservation et la valorisation des différents patrimoines.
- La promotion des petites et moyennes entreprises de production de biens et services ainsi que la pluriactivité.
- La promotion d'infrastructures et équipements socio-économiques et culturels à usage collectif.

#### **1-4-3- La Politique actuelle de renouveau agricole et rural (à partir de 2009) :**

Elle s'articule autour de 3 piliers complémentaires : le Renouveau rural, le Renouveau agricole, le Programme de Renforcement des Capacités Humaines et de l'Assistance Technique (PRCHAT) et d'un Cadre Incitatif (**MADR., 2012**).

##### **Pilier 1 : Le Renouveau Rural**

Le programme du Renouveau Rural a pour objectif le développement harmonieux, équilibré et durable des territoires ruraux. Il met en avant l'idée selon laquelle il n'y a point de développement sans intégration à la base des interventions et sans une mutualisation des ressources et des moyens, à travers la mise en œuvre de projets de proximité de développement rural intégré (PPDRI), pris en charge par les acteurs locaux.

##### **Pilier 2 : Le Renouveau Agricole**

Le renouveau agricole met l'accent sur la dimension économique et la rentabilité du secteur pour assurer durablement la sécurité alimentaire du pays. Il encourage l'intensification et la modernisation de la production dans les exploitations et leur intégration dans une approche « filière » pour recentrer les nombreuses actions de soutien aux investissements réalisés dans le secteur, autour de l'instauration de valeur ajoutée tout le long d'une chaîne allant de la production à la consommation. L'objectif visé par ce pilier est l'intégration des acteurs et la modernisation des filières pour un accroissement durable, internalisé et soutenu de la production agricole.

### **Pilier 3 : Le Programme de Renforcement des Capacités Humaines et de l'Assistance Technique (PRCHAT)**

Ce troisième pilier vient en réponse aux difficultés rencontrées par les acteurs à pleinement s'intégrer dans la mise en œuvre de cette nouvelle politique, en raison notamment des nouveaux rôles à jouer et du cloisonnement persistant entre les différentes formes d'organisation. Prévu pour être de grande envergure, ce programme de renforcement des capacités humaines et d'assistance technique engage le pays dans la voie :

- D'une modernisation des méthodes de l'administration agricole.
- D'un investissement plus conséquent dans la recherche, la formation, et la vulgarisation agricole afin de favoriser la mise au point de nouvelles technologies et leur transfert rapide en milieu producteur.
- D'un renforcement des capacités matérielles et humaines de toutes les institutions et organismes chargés de l'appui aux producteurs et aux opérateurs du secteur.
- D'un renforcement des services de contrôle et de protection vétérinaires et phytosanitaires, des services de certification des semences et plants, de contrôle technique et de lutte contre les incendies de forêts.

#### **Le Cadre Incitatif:**

En complément des trois piliers, le cadre incitatif regroupe les instruments développés et utilisés par l'administration, dans la conduite de son rôle régalién. Ces instruments sont principalement :

- Le cadre législatif, réglementaire et normatif à adapter à la nouvelle politique et à faire évoluer en fonction des besoins rencontrés.
- Les mécanismes de planification participative et de financement public du secteur agricole.
- Les mesures de régulation des marchés pour assurer la sécurité alimentaire.
- Les différents mécanismes pour garantir la protection et le contrôle au nom de tous les citoyens.
- L'animation d'espaces mixtes (privés – publics) de programmation, coordination, suivi et évaluation des politiques, programmes et projets.

#### **La diversité des Fonds de soutiens financiers :**

Depuis le PNDAR et encore plus depuis 2008, l'appui aux exploitants et opérateurs des filières et collectivités a grandement évolué. Les fonds se sont diversifiés pour répondre aux besoins spécifiques :

- Fonds national de développement des investissements agricoles (FNDIA).
- Fonds national de régulation des produits agricoles (FNRPA).
- Fonds de protection zoo et phytosanitaire (FPZPP).
- Fonds de garantie contre les calamités agricoles (FGCA).
- Fonds de développement rural et de mise en valeur des terres et concessions (FDRMVTC).
- Fonds de lutte contre la désertification et la protection des parcours et steppes (FLDPPS).
- Fonds de soutien aux éleveurs et petits exploitants agricoles (FSAEPEA).

Ces fonds servent à subventionner une partie des investissements réalisés par les opérateurs (souvent de 30 à 50%), à bonifier jusqu'à 100 % les taux d'intérêts sur les crédits, comme primes à l'incitation à la qualité ou à la valorisation des produits, ou enfin comme affectation spéciale pour la régulation des marchés.

L'opérateur peut accéder aux différents fonds à travers un guichet unique mis sur % pied en partenariat avec la BADR. Le projet d'investissement est étudié à ce niveau et l'opérateur est orienté vers le type de crédit et le type de soutien public adéquat. La BADR a ainsi développé de nombreux produits financiers de crédit :

- Crédit R'FIG, crédit de campagne.
- Crédit ETTAHADI, pour l'équipement.
- Crédit Fédératif, une variante du crédit ETTAHADI.
- Crédit Fournisseur.
- Crédit LEASING, destiné aux équipements en machines agricoles et d'irrigation.
- Crédit immobilier rural (MADR., 2012).

## **2- Les contraintes du secteur agricole en Algérie :**

Les obstacles qui bloquent la transformation de l'agriculture algérienne en une agriculture moderne sont d'origines multiples. Si on procède à la catégorisation, on distingue les contraintes naturelles liées aux conditions agro-climatiques, les contraintes historiques et sociales et les handicaps inhérents aux aspects organisationnels et techniques de l'activité agricole (Akerkar, 2015).

D'après **Bedrani (2015)**, parmi les contraintes du secteur agricole, on cite :

- Les difficultés qu'ont les agriculteurs à s'approvisionner en engrais et à bénéficier effectivement de la subvention accordée à ce type d'intrants (souvent accaparée par le distributeur) ;
- La difficulté pour beaucoup d'agriculteurs travaillant en tant que concessionnaires ou en tant que bénéficiaires d'APFA à obtenir des titres de concession ou de propriété définitifs ;
- Les «coûts de transaction» élevés que subissent les petits et moyens agriculteurs pour bénéficier des quelques avantages que leur offre l'Etat du fait de l'éloignement des centres de décision (multiples déplacements) et de la petite corruption endémique, si bien que les crédits «Rfig» et «Ettahadi», par exemple, ne sont pratiquement utilisés que par quelques gros exploitants ;
- La faiblesse, pour ne pas dire l'inexistence, d'un service public d'alerte aux agriculteurs (stations d'avertissement agricole) en cas d'apparition de maladies de cultures, d'attaques parasitaires ou d'évènements climatiques particuliers ;
- Le niveau technique maigre de beaucoup d'agriculteurs (particulièrement les néo agriculteurs installés depuis quelques années sur les terres publiques, mais pas seulement eux) est une contrainte importante au développement agricole. Il n'est pas compensé par des services de vulgarisation au personnel bien formé et fortement motivé.
- L'inorganisation des marchés agricoles qui laisse les petits et moyens agriculteurs et éleveurs à la merci des intermédiaires, les privant ainsi d'une meilleure valorisation de leurs produits et obérant donc leur capacité à investir ;
- La faiblesse des moyens matériels (particulièrement les moyens de locomotion) mis à la disposition de l'administration agricole au niveau des communes, des daïrates et des wilayates. Au lieu de maintenir des effectifs pléthoriques donc financièrement coûteux, il serait plus utile de consacrer plus de ressources à doter de plus de moyens et de compétences techniques et organisationnelles un effectif moindre. Une administration agricole dont les membres sont compétents et motivés est un outil incontournable de développement agricole.

Selon **Benyoucef (2016)**, les contraintes qui empêchent un développement harmonieux de l'agriculture Algérienne sont :



- Une croissance démographique inhibitrice de tous les efforts du secteur agricole : Au lendemain de l'indépendance on comptait 11 millions d'algériens. La population a été multipliée par 4 en 50 ans. La population s'élève en 2014 à 40 millions d'habitants et l'on peut comprendre qu'à ce rythme l'agriculture algérienne ait éprouvé des difficultés à répondre aux besoins alimentaires de la population.
- Le foncier, pierre angulaire du secteur : Toutes les réformes engagées depuis l'indépendance ont gravité autour de la notion de propriété de la terre. Il n'y a eu que de timides tentatives dans ce domaine. Il a été démontré à de nombreuses reprises que l'algérien a toujours été réfractaire à la notion de collectivisme. Les efforts entrepris dans le domaine céréalier ne donneront des résultats probants que sur de grandes surfaces adaptées à la culture intensive. Or, la majorité des parcelles algériennes sont détenues pas de petits paysans dont les parcelles n'excèdent que rarement les 10 hectares. Un remembrement des terres algériennes semble inéluctable à moyen ou long terme.
- Le paradoxe de l'eau : Depuis quelques années, les autorités semblent présenter l'irrigation des terres vouées à l'agriculture comme une panacée au problème de la sécurité alimentaire. Le chiffre de 600.000 hectares en irrigué a été avancé et on projette un million d'hectares pour les années à venir. On a juste oublié de préciser que pour produire 1 kg de blé 590 litres d'eau sont nécessaires. Cette solution, si elle venait à être appliquée sera difficile à mettre en œuvre au regard de la raréfaction de l'eau en Algérie.

Selon **Bouammar et Bekhti (2008)**, les contraintes les plus assujettissantes dans les palmeraies tournent généralement autour de :

- La question du foncier agricole : propriété excessivement morcelée. A titre d'exemple, des études menées sur la palmeraie d'El Ksar de Ouargla ont fait ressortir que 53,33 % des exploitations sont dans l'indivision et la taille moyenne de l'exploitation est de 0.31 ha. Sur un total de 125 579 exploitations pour les neufs wilayas du Sud, 41 629 exploitations ont une superficie inférieure à 0,5 hectares et 65 907 exploitations (soit 52%) ont une superficie inférieure à 1 hectare.
- L'abandon de l'exploitation qui est la conséquence d'une conjugaison de plusieurs facteurs : baisse des rendements, vieillissement de la main d'oeuvre, infestation par les plantes adventices, exode agricole, etc.

- Le problème de la gestion des l'eau : les palmeraies de Ouargla et du Souf sont confrontées au phénomène presque insoluble de la remontée des eaux. Dans le Touat et le Gourara c'est le problème de tarissement des foggaras qui est devenu le problème le plus contraignant. A cela, il faudrait ajouter le problème de drainage des eaux qui se pose en termes de mauvais fonctionnements (principaux et ou secondaires) voire d'absence des drains.

### 3- Agriculture dans la région de Biskra :

La région de Biskra constitue la transition entre les domaines atlasiques plissés du Nord et les étendues plates et désertiques du Sahara au Sud. Ainsi, au Nord se découpent plusieurs chaînes atlasiques, dont l'altitude maximale peut aller jusqu' à 1500 m et dont la moyenne est de l'ordre de 300 m, caractérisés par l'alternance de végétation forestière. Vers le Sud, la plaine saharienne, du point de vue morphologique se présente en général comme un piémont sans relief marqué, qui relie par une pente douce les chaînes atlasiques aux étendues sahariennes au sud. En surface, les dépôts grossiers que l'on trouve au pied des montagnes passent à des dépôts fins argilo-sableux vers le Sud. A l'Est, le relief est caractérisé par le développement d'une vaste plaine découpée par des lits d'oueds qui s'écoulent des monts de l'Atlas et disparaissent dans la grande dépression fermée du chott Melghir (ANAT., 2003).

De part sa situation géographique, la wilaya de Biskra fait partie de la zone aride et semi aride du pays. L'activité agricole se caractérise par une diversification des productions dictées par l'existence de trois zones écologique distinctes : les piémonts Sud des Aurès (Nord de la wilaya), la zone des plaines (d'Est en Ouest) et les parcours présahariens (Sud – Ouest) (**figure n° 2-1**). Les principales cultures qui y sont pratiquées sont :

- L'agriculture de montagne (arboriculture et petits élevages).
- La phoeniciculture, maraichage, céréales et culture industrielles (DSA., 2002).

#### 3-1- Potentialités agricoles :

En 2016, le secteur de l'agriculture dans la wilaya de Biskra occupe une superficie agricole totale (SAT) de 1 652 751 Ha réparti comme suit :

- Superficie agricole utile (SAU) : 185 473 Ha. Dont irriguée : 109 500 Ha.
- Parcours et pacages : 1 399 746 Ha.
- Terres improductives affectée à l'Agriculture : 67 532 Ha (DSA., 2016).

La wilaya de Biskra est le bassin-clé pour plusieurs productions agricoles et joue un rôle incontournable dans l’approvisionnement du marché en produits de large consommation. Elle occupe la première place dans la production de dattes de 40% de la production nationale (**tableau n° 2-1**). Aussi elle occupe le premier rang au niveau national en termes de valeur de la production agricole qui contribue à 7.80% de la valeur totale de la production nationale.

**Tableau n° 2-1 : Classement de Biskra selon les filières en 2015**

<b>Filière</b>	<b>Production (Qx)</b>	<b>Classement national</b>
<b>Dattes</b>	4 077 881	1
<b>Légumes</b>	8 107 546	3
<b>Laine</b>	13 826	6
<b>Oignon</b>	446 230	11
<b>Viande rouge</b>	136 120	12
<b>Olive</b>	130 650	15
<b>Céréales</b>	750 686	18

(source : DSA., 2016)

En 2016, la superficie irriguée dans la wilaya de Biskra est à dominance phoenicoles avec 43 105 Ha et une production de 4 284 890 Qx (**tableau n° 2-2**). Les cultures sous serres de plastique s’étalent aujourd’hui sur plus de 5.601 Ha. La production totale des cultures maraichères est de 8 107 546 Qx, assurant un approvisionnement appréciable en légumes d’une bonne partie du marché Algérien (**DSA., 2016**).

Le PNDA a permis aux bénéficiaires d’améliorer l’itinéraire technique suivi dans ces cultures, dans la mesure où on assiste à la généralisation de l’utilisation des produits phytosanitaires, et des fertilisants et l’introduction des techniques d’irrigation économisatrices d’eau (**Benziouch, 2007**).

**Tableau n° 2-2 : Répartition des superficies irriguées et des productions végétales de Biskra en 2016**

Type de culture		Superficie irriguée (Ha)	Production (Qx)
Palmiers dattiers		43 105	4 284 890
Céréales		25 542	777 752
Maraîchères	Plein champ	14 800	2 509 725
	Serres tunnels	5 433	
	Serres canariennes	168	
Fourrages		9 518	554 200
Vignes		197	18 330
Olives		4 273	148 050
Agrumes		82	2 345
Arbres fruitières		5 033	182 860
Industrielles		1 349	25 866,50
<b>Total</b>		<b>109 500</b>	<b>14 117 498,50</b>

(source : DSA., 2016)

Les principaux indicateurs de croissance agricole dans Biskra ont connu une grande évolution en 2016 par rapport à 2012. Les changements les plus visibles concernent les superficies utiles (SAU), les superficies irriguées et le nombre d'exploitations qui ont évolué de 40.40%, 70.88% et 158.43% respectivement (**tableau n° 2-3**).

Le secteur agricole a reçu depuis les 15 dernières années un fort soutien par l'Etat, que ce soit dans les différents programmes de développement sectoriel ou de soutien dans divers fonds de soutien à l'agriculture.

Tableau n° 2-3 : Principaux indicateurs de croissance agricole dans Biskra entre 2000 et 2016

Indicateur	2000	2016	%
SAT (Ha)	1 652 751	1 652 751	-
SAU (Ha)	132 094	185 473	40.40
Dont irriguée (Ha)	64 080	109 500	70.88
Nombre de forages	6 813	8 364	22.77
Nombre d'exploitations	24 560	63 471	158.43
Réseau goutte à goutte (Ha)	100	37 310	372.10
Chambres froides (unité)	50	234	368
Pistes agricoles (Km)	161	600	272.67
Electrification agricole (Km)	7,74	650	8 298
Production de dattes (Qx)	934 240	4 284 890	358.65
Production maraîchères (Qx)	1 951 910	8 123 205	3 162

(source : DSA., 2016)

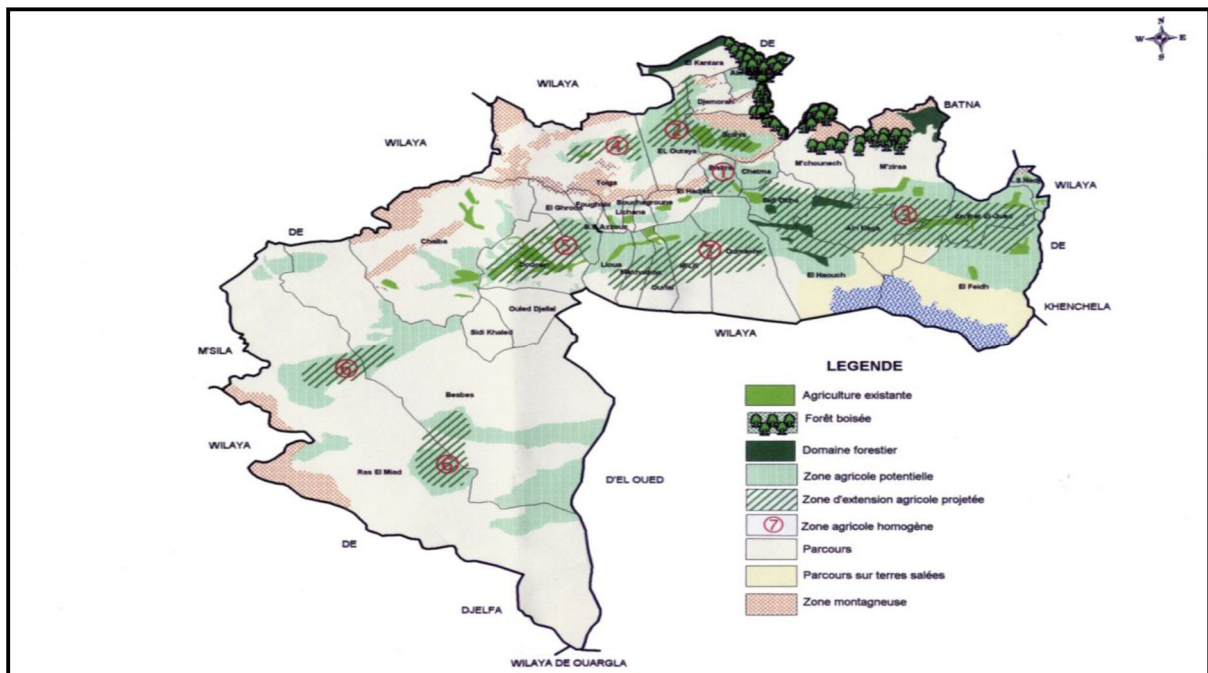


Figure n° 2-1 : Carte des activités agricoles et sylvicoles de la région de Biskra

(source : Anonyme, 2005)

### 3-2- Caractéristiques édaphiques :

Le sol constitue un élément essentiel des biotopes aux écosystèmes terrestres. Leur composition chimique et biologique présente une influence caractéristique de la distribution des végétaux et des animaux. L'étude morpho-analytique des sols de la région aride montre l'existence de plusieurs types de sols.

Les sols de cette zone diffèrent surtout par leur texture, leur morphologie, le mode d'évolution pédogénétique et par le niveau et le mode de salinisation. Leur extension spatiale est très variable. Mais cette diversité ne doit pas cacher leur caractère principale et quasi-général : le grand rôle que jouent les sels au sens large du terme (le calcaire, le gypse et les sels solubles).

- Le quartz, l'argile et les sels sont, en zone aride, les constituants essentiels d'un même système dynamique.
- Le calcaire, le gypse et les sels solubles sont omniprésents dans les sols des zones arides. Ils se distribuent d'une manière séquentielle et s'interpénètrent souvent. Ils jouent un rôle essentiel dans la genèse, le fonctionnement et le comportement des sols de ces régions et donc dans leur mise en valeur.
- Les sels ont des relations, se traduisant par des organisations structurelles différentes avec les autres constituants du matériau pédologique (**Halitim, 1988**).

D'après **Khachai (2001)**, les sols de la wilaya de Biskra présentent les caractéristiques suivantes:

- Les régions Sud sont surtout caractérisées par les accumulations salées, gypseuses et calcaires.
- Les régions Est sont définies par les sols alluvionnaires et les sols argileux fertiles.
- Les zones de Nord (ou zone de montagne) sont le siège de la formation des sols peu évolués et peu fertiles.
- Enfin, la plaine située au Nord-Ouest de Biskra où les sols argileux-sodiques sont irrigués par les eaux fortement minéralisées qui constituent le caractère de la pédogénèse de cette région.

D'après **Masmoudi (2012)**, les principales classes des sols de la région de Biskra sont les classes des sols peu évolués, halomorphes et calci-magnésiques, à l'Est les sols sont

généralement riches en argile et en calcaire par contre à l'Ouest les sols sont gypseux et/ou calcaires.

Selon des études pédologiques réalisées par ANAT (2003), les sols rencontrés dans la wilaya de Biskra sont :

- Classe des sols peu évolués : Les sols peu évolués sont de profil de type AC contenant plus de traces de matières organiques dans les vingt premiers centimètres supérieurs. Une partie de cette matière organique peut être bien humifiée, le matériel est fragmenté même s'il est originalement dur et massif. La matière minérale n'a pas subi d'altération sensible, par contre elle a pu être désagrégée et fragmentée par des phénomènes physiques. Les sels minéraux y compris les carbonates et les sulfates, ainsi que les cations peuvent avoir subi des redistributions et des migrations.
  - Sols peu évolués d'apport alluvial : Ils occupent le fond caillouteux du lit des oueds et les méandres sablo-caillouteux. Ces sols fréquents en bordure de certains grands oueds tels que : Oued Salsou, Oued En Naam (Bled El Madher et Mazouchia au nord de Tolga), au sud de Oued Djedi (entre Ouled Djellal et Lioua), Bled Selga Sâadoune et Oglat Siouf (plaine d'El Outaya), Oued Melah (entre Biskra et Oumache), Oued Fellag (Zone Nord-Ouest d'El Ghrous) sont constitués de sable mobile, constamment repris par l'érosion éolienne.
  - Sols peu évolués d'apport colluvial : Ces sols sont observés sur des glacis colluviaux à réseau hydrographique important (oueds) surtout au Sud de la chaîne atlasique (djebel Ahmar Khadou) de Ain Naga jusqu'à Khanguet sidi Nadji, aussi ils sont fréquents dans la région de Ain Zâatout, El Kantara et Djemorah . Dans la zone Ouest, ils sont moins fréquents et sont cartographiés en juxtaposition avec les peu évolués d'apport alluviaux. Ils sont constitués d'un matériel d'apport provenant d'une part de l'érosion des hautes pentes de la chaîne atlasique. Leur composition est influencée par un matériau grossier (voire pierreux) surtout en surface.
- Classe des sols calci-magnésiques : Ces sols sont caractérisés par la présence dans l'ensemble du profil par l'influence dominante de carbonate de calcium, de calcium de magnésium ou de sulfate de calcium .Ces sols sont de type AR ou AC ou A(B) R ou A(B) C. Dans ces sols la structure est généralement bien développée. Ces sols sont les plus répandus dans la wilaya, en effet les carbonates et les sulfates constituent un trait commun aux sols du domaine aride auquel appartient la région de Biskra. Les sols à différenciation de carbonates occupent surtout les formations quaternaires longeant la

chaîne atlasique. Dans la partie centrale de la wilaya, ils s'associent avec les accumulations gypseuses qui prennent de l'ampleur en allant vers le Sud.

- Les rendzines-halomorphes : Ce sont des sols carbonatés, faisant effervescence à froid à HCL dilué, le Ph est supérieur à 7. Ils sont peu profonds et peuvent présenter une charge caillouteuse en profondeur. Ces sols sont décrits surtout dans les régions de M'chounèche et de Djemourah. Ils sont associés le plus souvent aux sols bruns gypseux (gypseux rendziniforme) par leur forte teneur en gypse.
- Les sols bruns calcaires-halomorphes : Ces sols qui font effervescence à froid à HCL dilué et qui sont peu profonds, dont le facteur limitant est le plus souvent une croûte calcaire ou une charge caillouteuse importante, ils sont localisés surtout dans la région de Ras El Miad
- Les sols bruns gypseux-halomorphes : Ces sols dans lesquels l'horizon supérieur contient des sulfates de chaux, la couleur est généralement gris clair et parfois beige. La structure est souvent finement grumeleuse. Ces sols se caractérisent également par un encroûtement gypseux à amas ou nodules calcaires. Ces sols sont décrits le plus souvent dans la région de Tolga , Lahdjeb et Lioua .
- Classe des sols halomorphes : Les sols de cette classe pédologique sont dominés par l'évolution, soit par la présence de sels solubles, dont la teneur élevée provoque une importante modification de la végétation. La conductivité électrique de leur extrait de patte saturée est supérieure à 7 mmhos/cm à 25 °c, mais dans le cas des sols du Sahara, la région de Biskra comprise, la salinité des sols est supérieure à cette norme. Cette modification de la classification des sols (française de 1976) se justifie surtout par la texture des sols qui est généralement grossière et permet un bon lessivage des sels par les eaux d'irrigation. Ces sols se rencontrent dans les dépressions qui sont en forme de cuvettes évasées dont les bords bien définis forment des zones d'accumulation, localisées surtout dans la région Est dans leur majorité à proximité du Chott Melghir, la zone au Nord des palmeraies d'Oumache, dans la zone de Selga et dans la plaine d'El Outaya. Au moment des périodes humides ces zones s'engorgent d'eau par les écoulements issus des reliefs (**figure n° 2-2**).



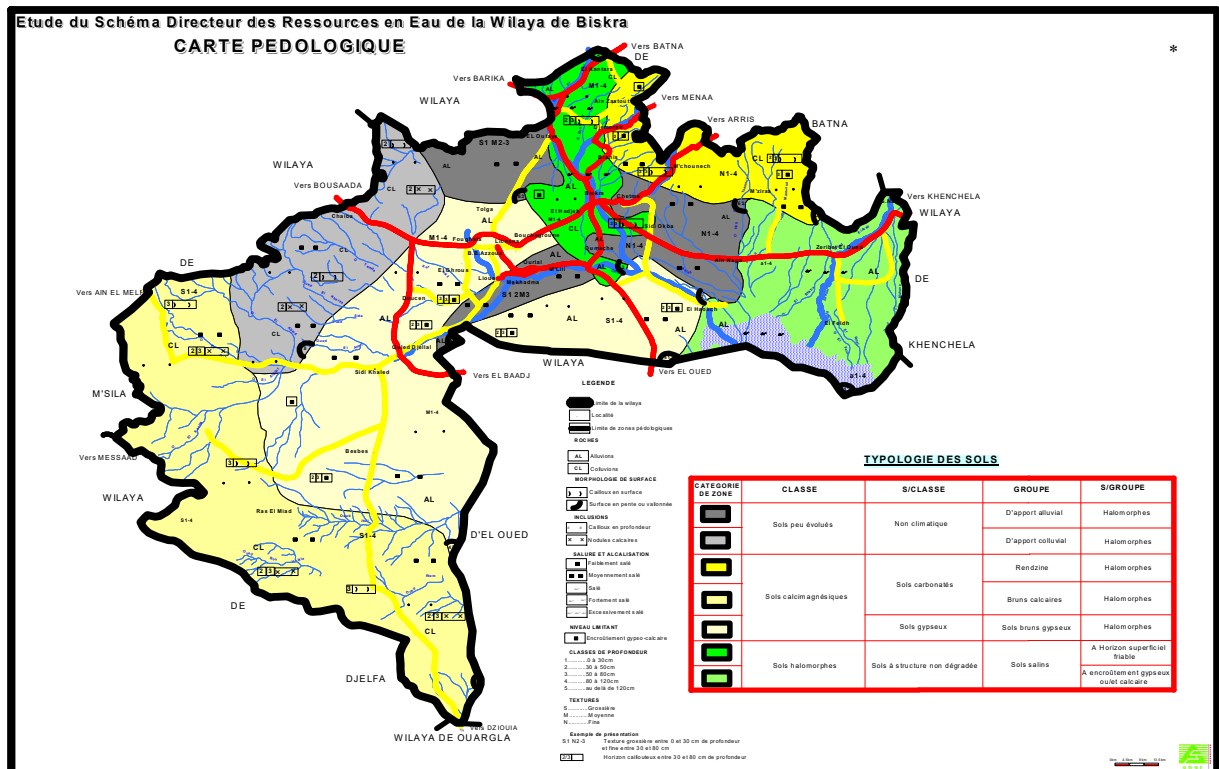


Figure n° 2-2 : Carte pédologique de Biskra (source : ANAT., 2003)

#### 4- Ressources en eau dans la région de Biskra :

Généralement les ressources en eau représentent l'une des principales richesses sur lesquelles repose toute action de développement économique et sociale. Au Sahara les ressources en eau sont surtout et largement dominées par les eaux souterraines. Les eaux superficielles sont intimement liées à la pluviométrie notamment dans les bassins versants.

D'après DSA ( 2016), les eaux mobilisées dans la wilaya de Biskra sont :

- Nombre de barrages : 02 (avec un volume de 73 000 000 m<sup>3</sup>).
- Nombre de forages : 8 364 (avec un débit de 83 877 l/s).
- Nombre de puits : 3 616 (avec un débit de 12 194 l/s).
- Nombre sources : 20 (avec un débit de 2 100 l/s).

L'exploitation des eaux souterraines est tellement importante que le niveau des nappes se rabatte et les agriculteurs sont contraints de creuser davantage plus profond.

#### 4-1- Les Ressources en eau superficielles :

La région des Zibans se trouve à la limite nord-est du bassin versant hydrologique du Sahara Algérien recèle d'énormes potentialités en eau quel soit souterraines (sept nappes d'après l'ANRH de Biskra), réseau hydrographique et en plus deux barrages (Foum El Gherza et Fontaine des Gazelles).

Les ressources hydriques superficielles sont relativement peu importantes et peu exploitées. Elles sont irrégulières et par conséquent, leur utilisation se limite à la pratique de l'agriculture de crue qui reste marginale. Elle est sillonnée par quatre grands oueds qui sont :

- Oued Djedi.
- Oued Biskra.
- Oued El Arab.
- Oued El Abiadh. [http://www.wilayabiskra.dz/Service\\_Agricoles.aspx](http://www.wilayabiskra.dz/Service_Agricoles.aspx).

Les ressources hydriques superficielles sont relativement peu importantes et peu exploitées. Elles sont irrégulières et par conséquent, leur utilisation se limite à la pratique de l'agriculture de crue qui reste marginale.

D'après l'ANRH de Biskra, comme étant l'exutoire de l'ensemble des eaux de surfaces dans le bassin de Melghir. Le chott reçoit les eaux des principaux oueds suivants : À l'Est, oued El Arab, principal oued de la zone, avec ses 5 affluents, et oued El Haguef. Au Nord, oued El Abiod et oued de Biskra, qui se jettent dans l'oued Djeddi au lieu dit Sâada. À l'Ouest, oued Djeddi avec ses 6 affluents.

Les oueds de la région de Biskra qui drainent les eaux pluviales dans le bassin de Chott Melghir sont de différentes longueurs (**figure n° 2-3**), dont les plus importants sont :

- Oued Djeddi : C'est l'oued le plus important dépasse légèrement 500 km de longueur, présente l'axe de drainage d'un bassin versant de 9130 Km<sup>2</sup>. Oued Djeddi reçoit une quinzaine d'affluents sur sa rive nord entre Laghouat et Ouled Djellal (**Demnati, 2013**).

Selon **Khadraoui (2011)**, les oueds de la région de Biskra qui drainent les eaux pluviales sont de différentes longueurs, dont le plus important est celui de oued Djeddi, ainsi que :

- Oued Biskra : est également important dans la région, son réseau hydrographique est constitué par un grand nombre d'affluents qui collectent les eaux de ruissellement du

Sud Ouest des Aurès, au Nord de la ville de Biskra qu'il traverse avant de se jeter dans le Chott Melghir. Cet Oued a formé une vallée alluviale qui recèle une importante nappe d'infero-flux actuellement exploitée.

- Oued El Haï : appellation qui caractérise sa pérennité forme le cours d'eau principal qui change de nom en arrivant dans la périphérie de la ville de Biskra pour devenir oued de Biskra.
- Oued Abdi (Djémourah) : affluent non négligeable de l'oued de Biskra.
- Oued Kharsa : dont le réseau descend des monts du Zab en recoupant les djebels El Kelech et Hamara, il s'étale dans la plaine de Doucen.
- Oued Doucen : rejoint l'oued Djeddi au sud de Lioua après avoir reçu sur sa rive gauche l'oued El Ouzen, celui-ci draine le secteur des monts du Zab, des djebels Aroussine et El Ksoum.
- Oued El Arab : sur lequel a été implanté le barrage de Babar dans sa partie montagneuse, on verra encore la force de ses crues exceptionnelles stoppées au niveau du projet de retenue dénommée « Khanga » non loin de la ville de Khanguet Sidi Nadji.
- Oued El Abiod : dont les crues exceptionnelles, elles sont laminées par le barrage de Foug El Gherza.

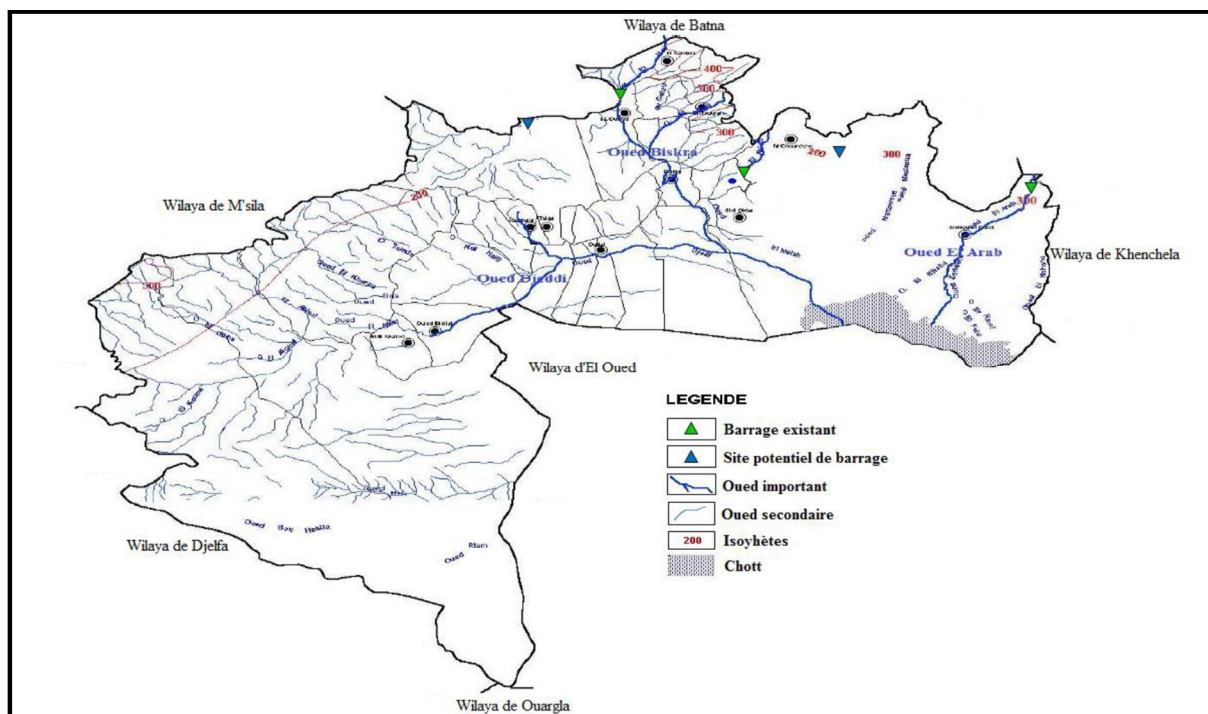


Figure n° 2-3 : Carte du réseau hydrographique de la wilaya de Biskra  
(source : Sedrati, 2011)

#### 4-2- Les Ressources en eau souterraines :

Les ressources en eau souterraine au Sahara sont essentiellement constituées par :

- Les eaux renouvelables localisées dans les inféro-flux du versant sud des Aurès (région Nord de Biskra).
- Les eaux non renouvelables (fossiles) représenté par les deux grands réservoirs des deux bassins sédimentaires : le Complexe Terminal et le Continental Intercalaire.
- Il est à remarquer, que d'autres ressources en eau situées dans la périphérie du bassin du Sahara septentrional (partie de Biskra) sont également importantes et se caractérisent surtout par des nappes renouvelables « nappes phréatiques » (Khadraoui, 2011).

Selon **Bouammar (2010)**, les ressources hydriques souterraines dans la wilaya sont constituées principalement par quatre nappes :

- La nappe phréatique : elle est connue au niveau des palmeraies de Tolga et se localise souvent sur des accumulations alluvionnaires. On classe dans cette catégorie, la nappe de l'oued de Biskra et celle de l'oued Djeddi. Elles doivent leur alimentation normalement à partir des précipitations et des eaux d'irrigation. La plupart des eaux de cette nappe sont salées ou très salées.
- La nappe profonde du continental intercalaire : cette nappe souvent appelée albienne, elle est caractérisée par une température très élevée. Elle est rarement exploitée, sauf à Ouled Djellal ou Sidi Khaled où les formations gréseuses de l'albien ou de barrémien sont touchées à une profondeur de 1500 à 2500 mètres. L'utilisation de cette eau nécessite un refroidissement.
- La nappe calcaire : cette nappe est localisée dans la totalité de la région de Biskra. Elle est plus exploitée à l'Ouest qu'à l'Est de Biskra, à cause des faibles profondeurs relatives de captage. A l'Ouest, la profondeur de 150 à plus de 200 m alors qu'à l'Est, la profondeur dépasse les 400 m. L'alimentation de cette nappe se fait par deux zones d'affleurement, la première à l'Ouest de Doucen et Ouled Djellal, la seconde au Nord de Tolga, entre Foughala et Bouchegroune et les versants de la plaine d'el Outaya. Cette nappe subit une baisse de niveau piézométrique suite à la surexploitation.
- La nappe du Miopliocène : cette nappe a une extension considérable. Elle est capturée par de nombreux forages dans les plaines. Son épaisseur reste faible sur les piémonts et augmente au milieu de la plaine. Son alimentation est assurée par les pluies exceptionnelles dans les zones d'affleurements. Les exutoires sont constitués par les

sources (telle la source de Sebaa Mgataa) et par les vastes zones d'évaporation. Finalement, l'écoulement de cette nappe se fait du nord-ouest vers le sud-est pour déboucher au chott Melghir.

**Conclusion :**

L'agriculture est souvent présentée comme une priorité de l'Algérie. Dans son discours de Biskra, le 28 février 2009, le président de la République, **Abdelaziz Bouteflika**, consacre l'agriculture et le développement rural comme secteur stratégique et structurant de l'économie nationale (**MADR., 2012**).

A l'heure actuelle, le secteur agricole constitue un élément majeur de l'économie hors hydrocarbures du pays. La production agricole algérienne se développe. Elle a atteint 35 milliards de dollars en 2014 permettant de satisfaire les besoins du pays à 72%.

Excédent de 10 milliards de dollars du compte courant extérieur L'agriculture dans le sud de l'Algérie est synonyme de mythes qui se concrétisent. En dépit des rudes conditions climatiques qui caractérisent ce vaste territoire et des difficultés persistantes, la production agricole dans les régions sahariennes est en voie de s'imposer comme le moyen idoine pour garantir la sécurité alimentaire du pays à moyen terme (**Allal, 2011**).

Selon **Bessaoud (2017)**, tous les bilans établis aujourd'hui soulignent les risques d'une pression croissante sur les capacités de reproduction de la fertilité naturelle des terres. Les tensions exercées sur le potentiel mobilisable des sols et des eaux ont atteint un seuil critique qui appelle à l'abandon des modes d'exploitation miniers qui prévalent actuellement, notamment dans les zones sud du pays. Dans le Sahara, les puits et forages qui se sont multipliés ont déjà eu pour effet : des consommations excessives qui ont entraîné un abaissement généralisé de la nappe albienne, et de nombreux puits artésiens et sources naturelles, autour desquels se sont développées les oasis, se sont d'ores et déjà taris.

Face à la multiplication des projets, les projections pour l'avenir évoquées par l'expert algérien sont alarmantes. Les études révèlent que Biskra et El Oued sont les régions où la nappe est la plus vulnérable. D'après les données de l'Observatoire du Sahara et du Sahel (OSS), au rythme de l'exploitation actuelle, la nappe risque de disparaître d'ici 50 à 100 ans et toute installation humaine sera ainsi compromise.

---

## **Chapitre 3**

# **ETUDE DE LA VARIABILITE CLIMATIQUE DE BISKRA**

---

**1- Matériels et Méthodes**

**2- Evolution des facteurs climatiques de Biskra dans le temps**

**3- Régime de la température et de la précipitation entre (1919- 1961) et  
(1973-2015)**

**4- Synthèse climatique sur (1919- 1961) et (1973-2015)**

**5- Projections climatiques à l'horizon 2060**

## Chapitre 3

### ETUDE DE LA VARIABILITE CLIMATIQUE DE BISKRA

#### Introduction :

L'étude de l'évolution du climat est essentielle pour collecter l'ensemble des données nécessaires à la caractérisation de l'état du milieu aride à un instant donné et suivre leur évolution au long terme pour établir un diagnostic général, notamment en termes d'aridification du milieu. Notre principal objectif consiste à étudier l'évolution du climat de Biskra, en focalisant sur les facteurs climatiques pour démontrer si cette zone a subi une variation climatique dans le temps.

Cinq sous-chapitres sont présentés dans ce chapitre. Le premier c'est matériels et méthodes qui présente les démarches d'analyse. Le deuxième concerne l'évolution des facteurs climatiques dans le temps. Le troisième consiste à étudier le régime de la température et de la précipitation sur des longues séries anciennes et actuelles. Le quatrième est une synthèse climatique et enfin, le cinquième qui est une projection climatique à l'horizon 2060.

#### 1- Matériels et Méthodes :

##### 1-1- Outils de traitement et d'analyse :

- **XLSTAT 2009**, pour effectuer les analyses des données : graphiques, statistiques descriptives, tendances, régressions linéaires, moyennes mobiles, ISP, etc. ainsi pour convertir les températures en Fahrenheit (F) vers degré Celsius (°C) selon la formule suivante :  $F = (°C \times 1,8) + 32$ .
- **MAGICC/SCENGEN 5.3 version 2**, pour les projections de la température et de la précipitation (modèles et scénarios).

##### 1-2- Sources des données :

Nous avons utilisé diverses sources pour diverses périodes. On a choisi les données climatiques les plus officielles et les plus professionnelles.

- De **1913-1938**, les données publiées dans « le climat de l'Algérie » par **Seltzer, 1946**.  
Pour les facteurs (éléments) climatiques suivants : T, P, H, E, Grêle, Orages et Sirocco.

- De **1990-2012**, **ONM.**, sont fournies par : Bureau National d'Etudes pour le Développement Rural (**BNEDER**). Pour les facteurs climatiques suivants : Grêle, Orages et Sirocco.
- De **1990-2015**, **ONM.**, Centre Climatologique National. Bulletins décennaires mensuelles existent au niveau de CRSTRA, Biskra. Pour les facteurs climatiques suivants: T, P, H, E, V et I.
- De **1967-2015**, **ONM** de Biskra. Pour les facteurs climatiques suivants : T, P, H et V.
- De **1919-1961** et de **1973-2015**, **OMM.**, sont fournies par : School of Environmental Sciences, University of East Anglia (UEA), Norwich, United Kindom. Pour les Précipitations (mm), (Annexes).
- De **1919-1961** et de **1973-2015**, **NOAA.**, sont fournies par : National Environmental Satellite, Data, and Information Service. U.S.Department of Commerce, USA. Pour les Températures (F), (Annexes).

### **1-3- Méthodes d'analyse de la variabilité climatique :**

Dans cette étude (**figure n° 3-1**), l'analyse de la variabilité climatique est basée sur l'étude des plusieurs facteurs climatiques (**T, P, H, E, V, I, Grêle, Orages et Sirocco**), dans des différentes échelles temporelles (mensuelles, annuelles, décennales et plus de 30 ans), pour plusieurs périodes (anciennes, récentes et futur), avec les analyses suivantes :

#### **1-3-1- Analyses graphiques :**

- Mensuelles : 1913-1938 et 1990-2015. (T, P, H, E, V, Grêle, Orages et Sirocco)
- Annuelles : 1990-2015. (T, P, H, E, V et I)
- Décennales : 1967-2015 (5 décennies). (T, P, H et V)
- Plus de 30 ans : 1919-1961 et 1973-2015. (T et P)

#### **1-3-2- Analyses statistiques : 1919-1961 et 1973-2015. (T et P)**

- Statistique descriptive : moyenne, maximum, minimum, écart type, coefficient de variation et quartiles.
- Recherche de la tendance : par régression linéaire, par moyenne mobile et par un test paramétrique (comparaison entre deux moyennes par test de l'écart réduit).
- Recherche de la sécheresse : par l'indice standardisé des précipitations (**ISP**) des deux périodes.



1-3-3- Synthèse climatique : 1919-1961 et 1973-2015

- Diagramme ombrothermique de Gaussen.
- Quotient pluviothermique d'Emberger.
- Indice d'aridité de De Martonne.

1-3-4- Projection climatique à l'horizon 2060 : pour les températures et les précipitations.

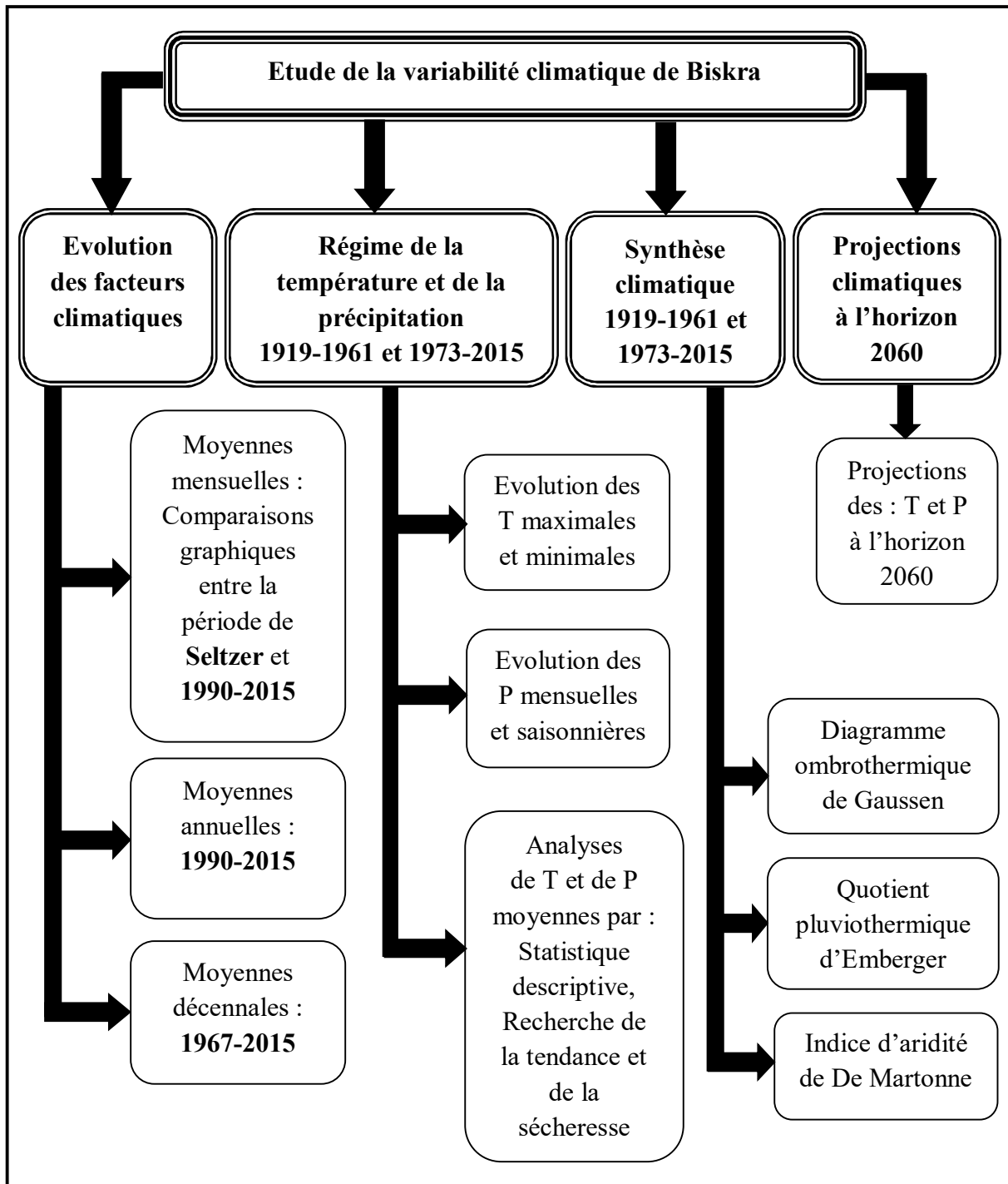


Figure n° 3-1 : Méthodologie d'analyse de la variabilité climatique de Biskra

## 2- Evolution des facteurs climatiques de Biskra dans le temps :

Le climat inclut les facteurs les plus contraignants de la production végétale, c'est-à-dire les plus difficiles à modifier (Henin, 1967).

Les facteurs climatiques régissent de façon très étroite les conditions de développement des cultures au cours de l'année. Ainsi, il est nécessaire de mener judicieusement cette approche climatique afin de tracer la variabilité de ces facteurs dans le temps (mensuel, annuel et décennal), pour des périodes anciennes et récentes.

### 2-1- Température :

La température représente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (Ramade, 2003).

Considérons le développement du végétal ; les facteurs énergétiques, lumière et température, vont déterminer la croissance et l'apparition des nouveaux organes (Henin, 1967).

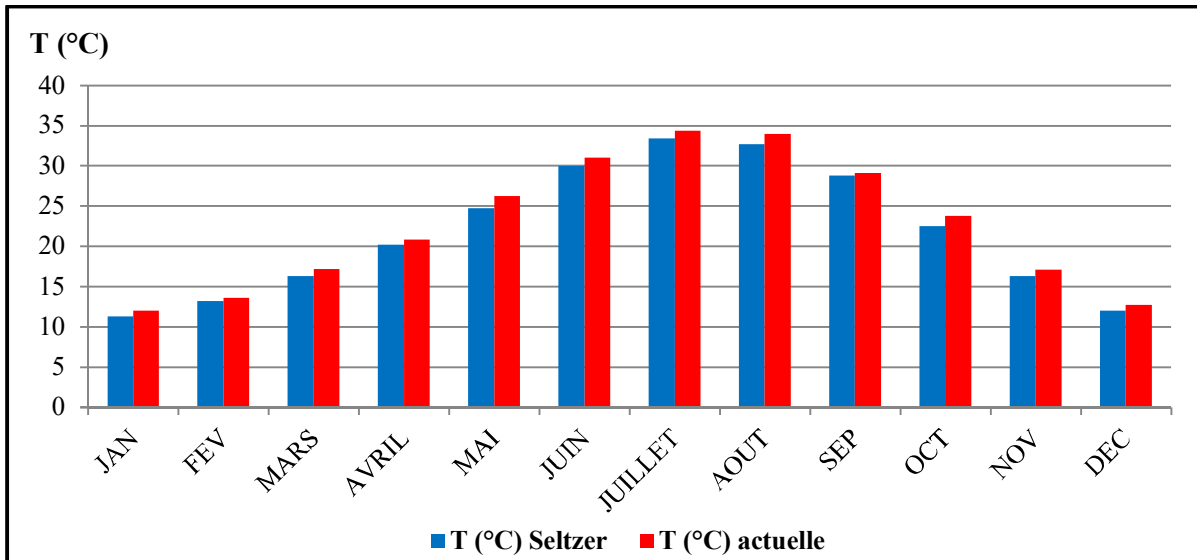
#### 2-1-1- Moyennes mensuelles de la température entre (1913-1938) et (1990-2015) :

Le **tableau n° 3-1**, montre les données des températures moyennes mensuelles pour les deux périodes. Ces données sont représentées sous forme d'un histogramme dans la **figure n° 3-2**.

**Tableau n° 3-1** : Températures moyennes mensuelles pour les deux périodes

Mois	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	aout	sep	oct	nov	déc	Moy
T (C°) Seltzer	11,25	13,15	16,3	20,2	24,7	29,95	33,35	32,65	28,8	22,45	16,25	11,95	21,8
T (C°) Actuelle	11,96	13,53	17,14	20,83	26,2	31,02	34,35	33,96	29,12	23,74	17,11	12,73	22,64

L'analyse de la variation des moyennes mensuelles des températures pour la période de Seltzer (1913-1938) et la période actuelle (1990-2015) sur 25 ans, montre une forte augmentation pour l'ensemble du mois. Les écarts entre moyennes mensuelles des deux périodes varient de 0,3°C jusqu'à 1,5°C. Cependant la moyenne des moyennes mensuelles des températures (moyenne annuelle) des deux périodes, subie une augmentation de 21,9°C pour la période de Seltzer à 22,6°C pour la période actuelle.

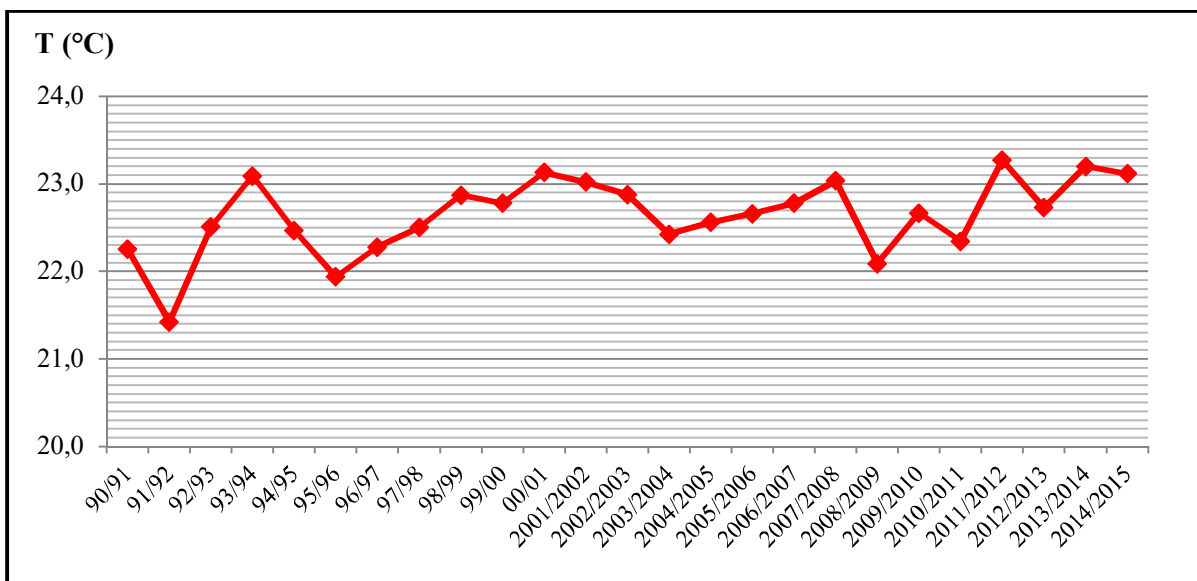


**Figure n° 3-2 :** Comparaison des moyennes mensuelles des températures entre deux périodes Seltzer (1913-1938) et actuelle (1990-2015)

### 2-1-2- Moyennes annuelles (1990-2015) :

Les données des températures moyennes annuelles de 25 ans pour la période 1990-2015, est représentée sous forme de graphe (**figure n° 3-3**).

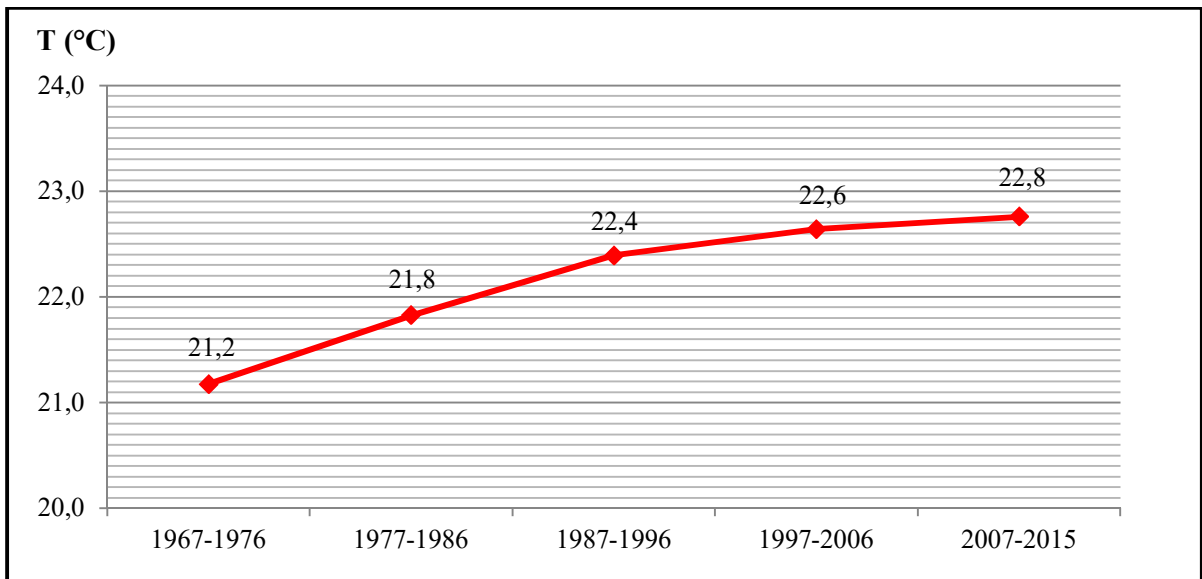
Durant cette période, la température moyenne annuelle la plus basse est enregistrée pendant l'année 1991-1992 avec 21,4°C. Cependant la température moyenne annuelle maximale est enregistrée durant l'année 2011-2012 avec 23,3°C. Nous concluons que la température de la région de Biskra présente une tendance à l'augmentation.



**Figure n° 3-3 :** Moyennes annuelles des températures pour la période (1990-2015)

### 2-1-3- Moyennes décennales (1967-2015) :

L'analyse de la variation des moyennes décennales des températures pour les 5 décennies (1967-2015) indique une forte augmentation (**figure n° 3-4**). La première décennie est froide avec une température moyenne de 21,2°C, puis une augmentation de la température avec 0,6°C caractérise la deuxième et la troisième décennies (21,8°C et 22,4°C respectivement), ensuite la température est augmentée encore avec 0,2 °C pendant la quatrième et la dernière décennie (22,6°C et 22,8°C respectivement). Ceci montre une accélération de réchauffement.



**Figure n° 3-4 :** Moyennes décennales des températures pour la période (1967-2015)

### 2-2- Précipitation :

La pluviométrie est un élément primordial dans l'analyse du climat. Selon **Sapin (1977)**, les récoltes sont dépendantes de son importance et sa répartition dans l'année. Elle constitue un facteur écologique d'importance fondamentale, non seulement pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres, mais aussi pour certains écosystèmes limniques tels que les mares et les lacs temporaires, et les lagunes saumâtres soumises à des périodes d'assèchement (**Ramade, 2003**).

#### 2-2-1- Moyennes mensuelles des précipitations entre (1913-1938) et (1990-2015) :

Les données des précipitations moyennes mensuelles de 25 ans pour les deux périodes, sont représentées par le **tableau n° 3-2**.

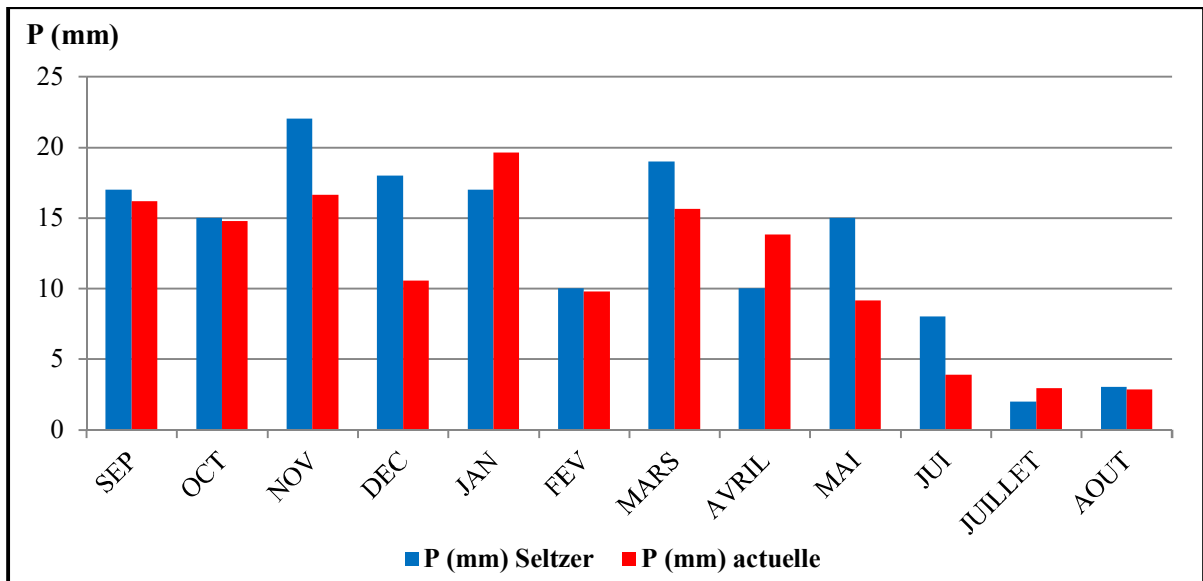
La période de Seltzer (1913-1938) est caractérisée par un cumul annuel de moyennes mensuelles des précipitations de 156 mm, tandis qu'il est de 135,7 mm pour la période

actuelle (1990-2015). Une diminution de la pluviométrie est très marquée entre les deux périodes.

**Tableau n° 3-2 : Précipitations moyennes mensuelles pour les deux périodes**

Mois	sep	oct	nov	déc	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	aout	cumul
P (mm) Seltzer	17	15	22	18	17	10	19	10	15	8	2	3	156
P (mm) Actuelle	16,2	14,8	16,6	10,6	19,6	9,8	15,6	13,8	9,2	3,9	2,9	2,8	135,7

La **figure n° 3-5**, montre que les moyennes des précipitations mensuelles de la période de Seltzer (1913-1938) sont généralement supérieures par rapport à la période actuelle (1990-2015), exceptions faites des mois de janvier, avril et juillet où ils présentent une pluviométrie supérieure à celle de Seltzer. La différence entre les deux est claire surtout pour les mois de novembre, décembre, mars et mai.



**Figure n° 3-5 : Comparaison des moyennes mensuelles des précipitations entre deux périodes Seltzer (1913-1938) et actuelle (1990-2015)**

**2-2-2- Moyennes annuelles (1990-2015) :**

La visualisation graphique des distributions pluviométriques en fonction des années pour la période (1990-2015), montre une tendance légèrement perceptible (décroissante). La moyenne annuelle la plus élevée est enregistrée en année de (2003-2004) avec 275 mm (l'année est commencée par le mois de septembre), par contre la plus faible est enregistrée en année (2001-2002) avec 55 mm et en (2014-1015) avec 56 mm. On remarque sur les 25 ans, une dominance des périodes sèches (**figure n° 3-6**).

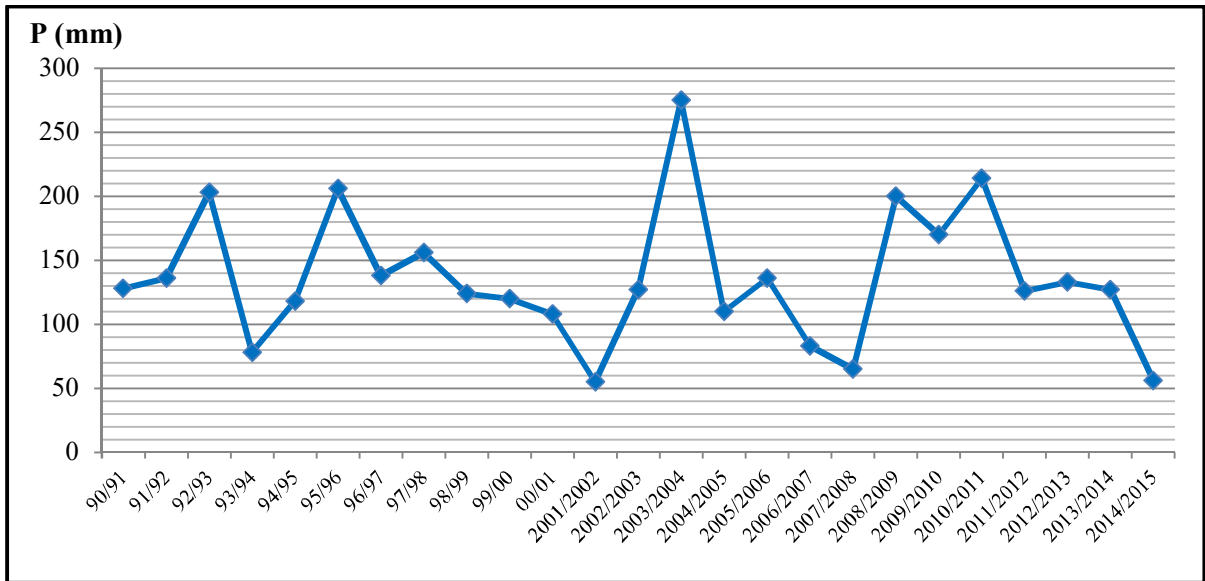


Figure n° 3-6 : Moyennes annuelles des précipitations pour la période (1990-2015)

2-2-3- Moyennes décennales (1967-2015) :

Nous présentons dans la figure ci-dessous (**figure n° 3-7**), les précipitations moyennes décennales de la région de Biskra durant la période 1967-2015 (5 décennies).

Nous remarquons que la décennie la plus pluvieuse est la première (1967-1976) avec une moyenne décennale de 153,5 mm, par contre la décennie (1977-1986) est la plus sèche avec 124,2 mm, la dernière décennie a connu une moyenne de 129,9 mm. L'évolution des précipitations moyennes décennales montre en général, une tendance décroissante.

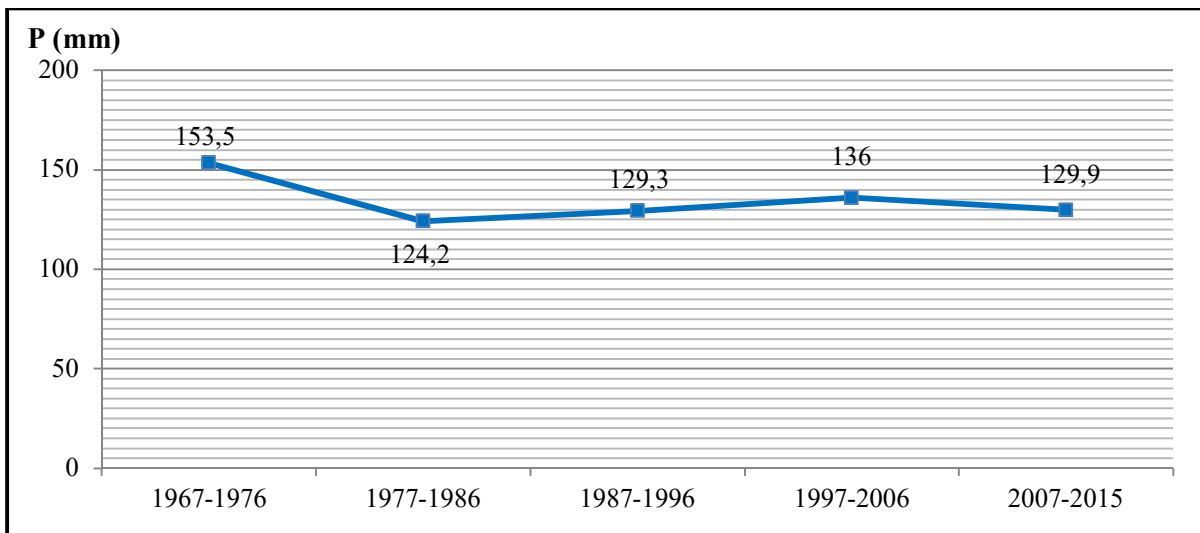


Figure n° 3-7 : Moyennes décennales des précipitations pour la période (1967-2015)

**2-3- Humidité relative :**

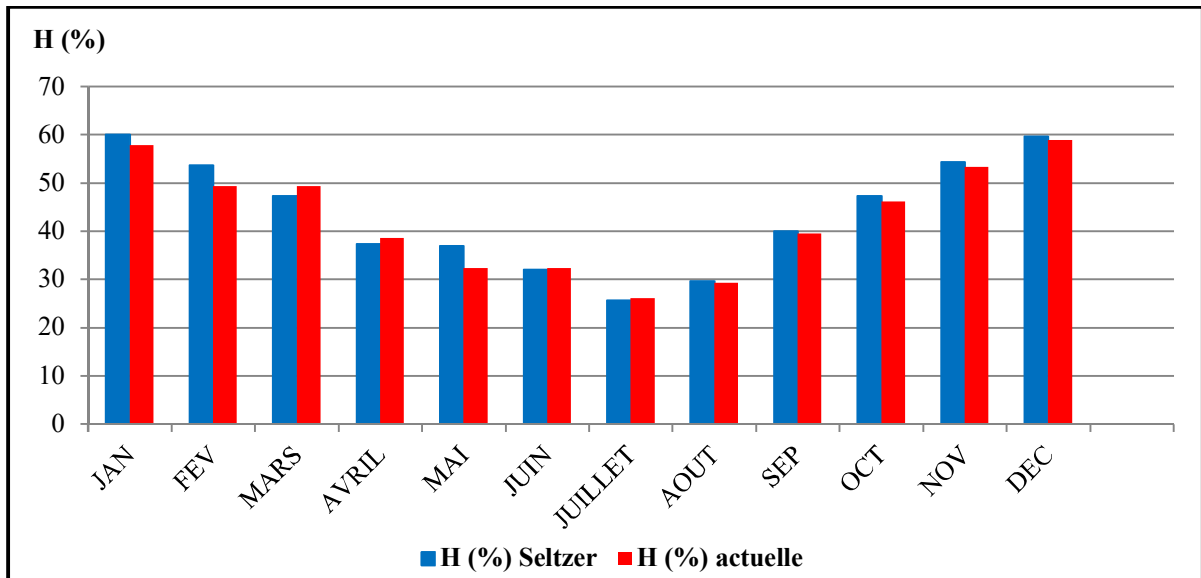
L'humidité relative est l'expression de la quantité totale d'eau contenue en suspension dans un volume d'air considéré. Les deux principaux effets de taux inappropriés de ce facteur ambiant sont une dérégulation de l'évapo-transpiration et une augmentation de la sensibilité aux parasites et aux maladies (Houvenaghel, 2005).

**2-3-1- Moyennes mensuelles de l'humidité relative entre (1913-1938) et (1990-2015) :**

Les moyennes mensuelles de l'humidité relative varient entre 25,6 % au mois de juillet et 60 % au mois de janvier durant La période de Seltzer (1913-1938), alors qu'elles sont variées entre 26 % au mois de juillet et 58,9 % au mois de décembre durant la période actuelle (1990-2015) (Tableau n° 3-3).

**Tableau n° 3-3 :** Moyennes mensuelles de l'humidité relative pour les deux périodes

Mois	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	aout	sep	oct	nov	déc	Moy
H (%) Seltzer	60	53,7	47,3	37,3	37	32	25,6	29,7	40	47,3	54,3	59,7	43,7
H (%) Actuelle	57,8	49,3	49,3	38,5	32,3	32,3	26	29,3	39,5	46,1	53,3	58,9	42,7



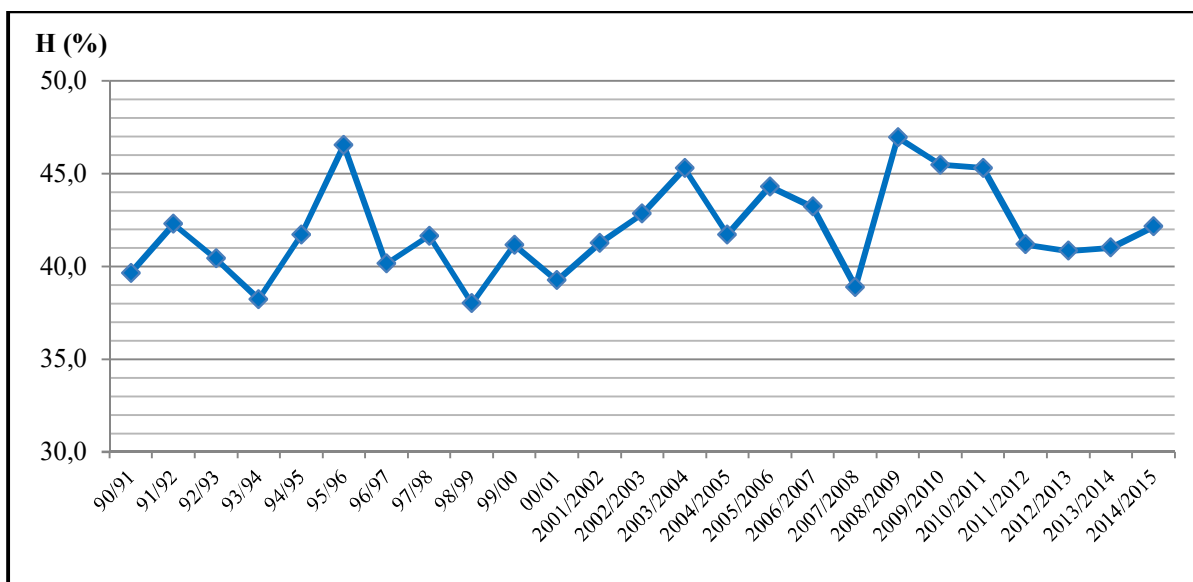
**Figure n° 3-8 :** Comparaison des moyennes mensuelles de l'humidité relative entre deux périodes Seltzer (1913-1938) et actuelle (1990-2015)

La **figure n° 3-8**, montre une diminution de l'humidité relative entre la période de Seltzer et la période actuelle pour la majorité du mois, sauf les mois de mars et avril où il y a une augmentation. La moyenne annuelle de l'humidité relative sur 25 ans, des deux périodes est diminuée avec 1 % durant la période actuelle (de 43,7 % à 42,7 %).

**2-3-2- Moyennes annuelles (1990-2015) :**

Les moyennes annuelles de l'humidité relative de 25 ans pour la période 1990-2015, sont représentées sous forme de graphe (**figure n° 3-9**).

Durant cette période, l'humidité relative la plus basse est enregistrée pendant l'année 1998-1999 avec 38 %, et la plus hausse durant l'année 2008-2009 avec 47 %. Nous remarquons que l'humidité relative de Biskra présente une tendance à l'augmentation.



**Figure n° 3-9 :** Moyennes annuelles de l'humidité pour la période (1990-2015)

**2-3-3- Moyennes décennales (1967-2015) :**

Les moyennes décennales d'humidité relative sont représentées dans la **figure n° 3-10**. En général, on remarque que la première décennie est la plus humide avec 47 %, puis une diminution rapide à 40,9 % pour la seconde décennie. Une tendance croissante de l'humidité relative à partir de la période (1977-1986) jusqu'à la dernière période avec une humidité relative de 42,4 %.



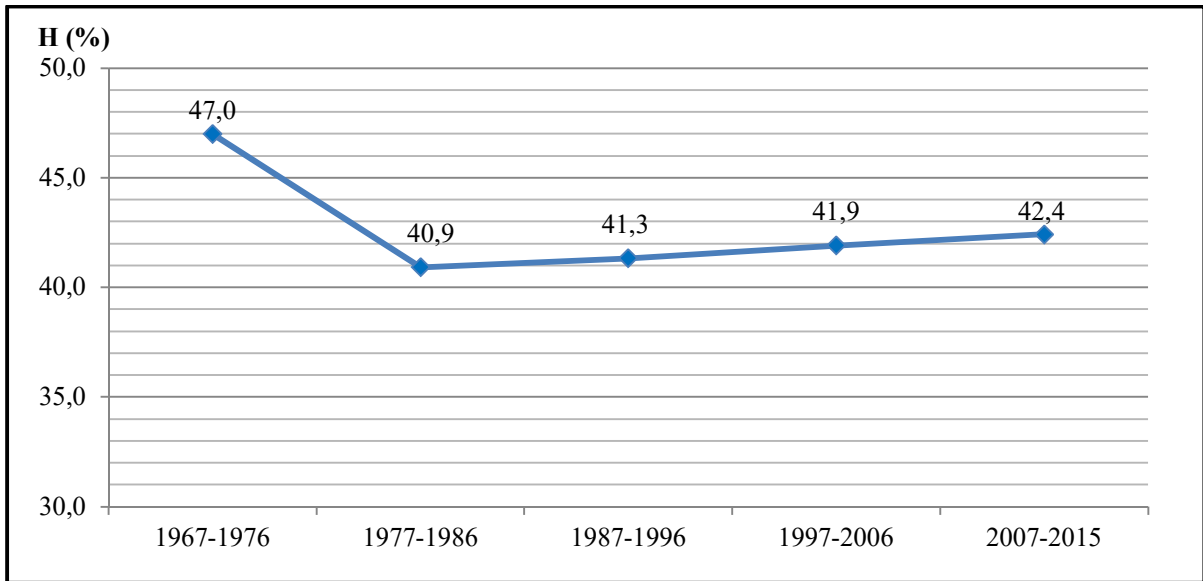


Figure n° 3-10 : Moyennes décennales de l'humidité relative pour la période (1967-2015)

#### 2-4- Evaporation :

L'évaporation est la principale cause de pertes d'eau sur de nombreux sols cultivés, en particulier dans les régions arides et semi-arides (Unger, 1989).

##### 2-4-1- Moyennes journalières de l'évaporation entre (1913-1938) et (1990-2015) :

L'analyse de la variation des moyennes journalières mensuelles de l'évaporation pour la période de Seltzer et la période actuelle sur 25 ans (Figure n° 3-11 et tableau n° 3-4), montre une augmentation de l'évaporation journalière pour l'ensemble des mois.

Tableau n° 3-4 : Moyennes journalières de l'évaporation pour les deux périodes

Mois	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	aout	sep	oct	nov	déc	Jour moy
E (mm) Seltzer	3	3,73	5,45	6,97	9,15	11,27	12,43	11,55	8,88	5,91	3,82	2,08	7,08
E (mm) Actuelle	3,5	4,8	6	8	10	12,3	13,3	12,1	9,7	6,7	4,8	3,4	7,9

L'écart des moyennes journalières annuelles de l'évaporation entre les deux périodes est de 0,9 mm. L'évaporation annuelle durant la période actuelle est 2882,6 mm, tandis qu'elle a été 2591 mm durant la période de Seltzer.

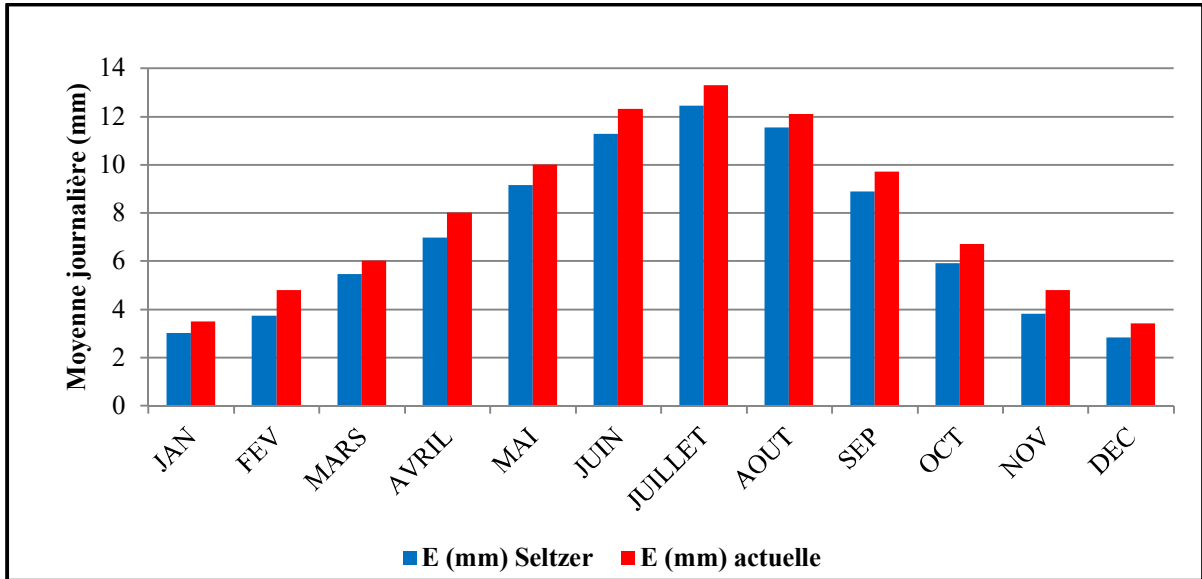


Figure n° 3-11 : Comparaison des moyennes journalières mensuelles de l'évaporation entre deux périodes Seltzer (1913-1938) et actuelle (1990-2015)

2-4-2- Moyennes annuelles (1990-2015) :

La visualisation graphique de l'évaporation en fonction des années pour la période (1990-2015), montre une tendance décroissante (figure n° 3-12).

La moyenne annuelle la plus élevée est enregistrée en année de (1998-1999) avec 4012 mm, par contre la plus faible est enregistrée en année (2005-2006) avec 2155 mm. On remarque sur les dernières années, une augmentation de l'évaporation au niveau de 2900 mm.

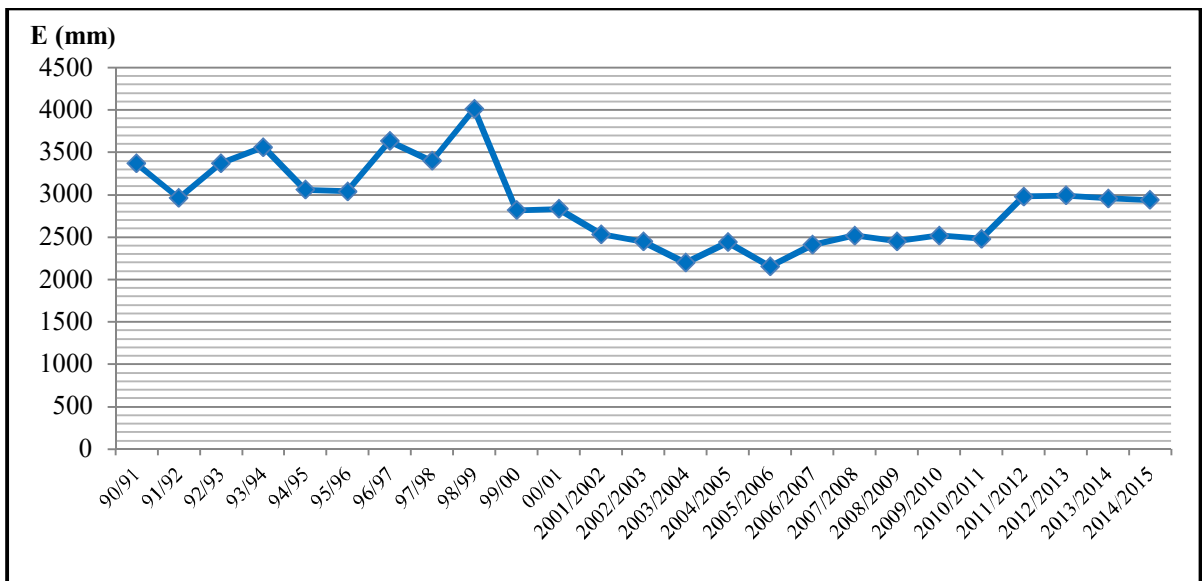


Figure n° 3-12 : Moyennes annuelles de l'évaporation pour la période (1990-2015)

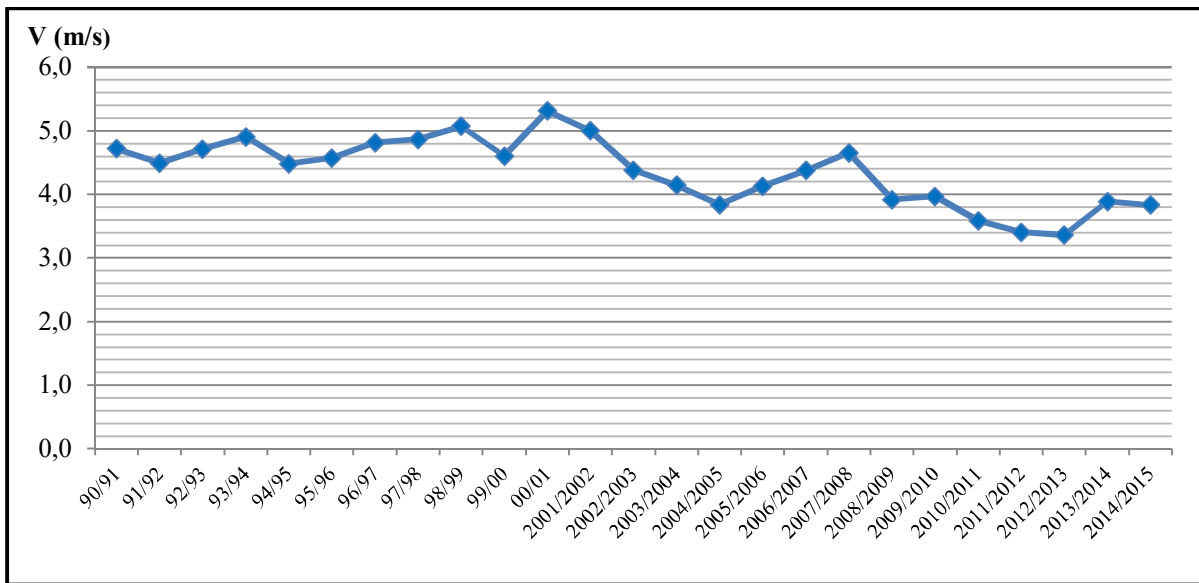
**2-5- Vent :**

Lorsque le vent souffle et que l'humidité relative est faible, il assèche l'air. Le sol durcit, se craquelle et prend son humidité d'autant plus vite qu'il n'est pas meuble et aéré ; l'évaporation augmente. Son action sur les feuilles est moins visible, mais intervient en accélérant le phénomène de transpiration foliaire (Claude Faurie et al., 2011).

**2-5-1- Moyennes annuelles (1990-2015) :**

Les moyennes annuelles de la vitesse du vent sont représentées dans la **figure n° 3-13**. En général, on remarque que Les moyennes annuelles des années quatre vingt dix sont supérieures que celles des dernières années.

La moyenne la plus élevée est enregistrée durant l'année (2000-2001) avec 5,3 m/s, et la plus faible pendant les années (2011-2012 et 2012-2013) avec 3,4 m/s.



**Figure n° 3-13 :** Moyennes annuelles de la vitesse du vent pour la période (1990-2015)

**2-5-2- Moyennes décennales (1967-2015) :**

Nous présentons dans la figure ci-dessous (**figure n° 3-14**), les moyennes décennales de la vitesse du vent de la région de Biskra durant la période 1967-2015 (5 décennies).

Nous remarquons que la vitesse du vent est plus forte pendant les deux décennies (1987 à 2006) avec 4,6 m/s. La décennie (2007-2015) et les deux premières décennies enregistrées environ 4 m/s.

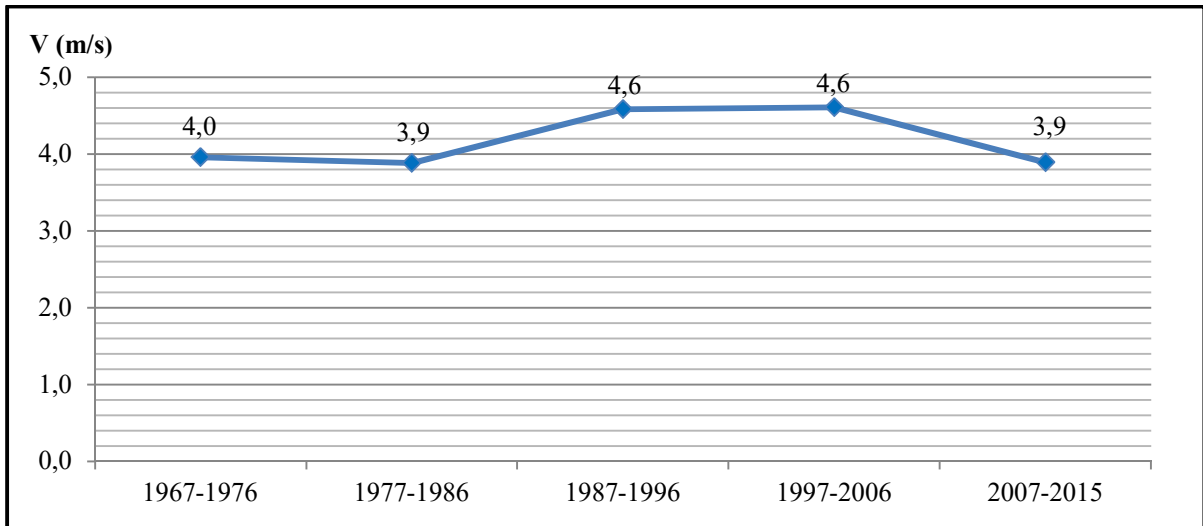


Figure n° 3-14 : Moyennes décennales de la vitesse du vent pour la période (1967-2015)

## 2-6- Autres facteurs :

### 2-6-1- Nombre moyen de jours des facteurs entre (1913-1938) et (1990-2012) :

A partir du **tableau n° 3-5**, il apparaît que la région de Biskra a connu des variations climatiques importantes concernant les facteurs climatiques de grêles, des orages et de sirocco, entre les périodes : 1913-1938 et 1990-2012.

➤ **Pour la grêle :** Selon **Soltner (1999)**, les chutes de grêle sont produites par les Cumulonimbus, les plus gros et les plus mystérieux des nuages, dont la base s'étale à 2500 m en moyenne. On remarque pour la période 1990-2012, la grêle tombe seulement durant le mois de mars avec 0,1 J. En revanche, la grêle s'observe presque en automne, hiver et printemps, avec une moyenne annuelle de 0,8 J durant la période de Seltzer.

➤ **Pour les orages :** On peut remarquer une variation annuelle et mensuelle de nombre moyen de jours entre les deux périodes d'études. Le nombre moyen de jours d'orages du semestre chaud (mai à octobre) pour la période de Seltzer, varie de 1,6 et 4,2 J/mois, alors qu'il est varié de 0,7 et 1,8 /mois pour la période 1990-2012. Le nombre moyen de jours d'orages du semestre froid (novembre à avril) pour la période de Seltzer, varie de 0 et 0,7 J/mois, mais il est varié de 0,1 et 1,3 /mois pour la période 1990-2012. La moyenne annuelle du nombre moyen de jours des deux périodes connu une augmentation nette de 11, 3 J.

➤ **Pour le sirocco :** La fréquence et l'intensité du sirocco sont des caractéristiques du climat, en raison des dégâts que ce vent chaud et sec peut exercer sur les cultures, et aussi à cause de la sensation pénible qu'il provoque chez la plupart des personnes (**Seltzer, 1946**). On remarque une augmentation de cumul annuel du nombre moyen des jours avec 1,3 jour pour la période 1990-2012, pendant laquelle, le sirocco a été enregistré durant les mois de mai à

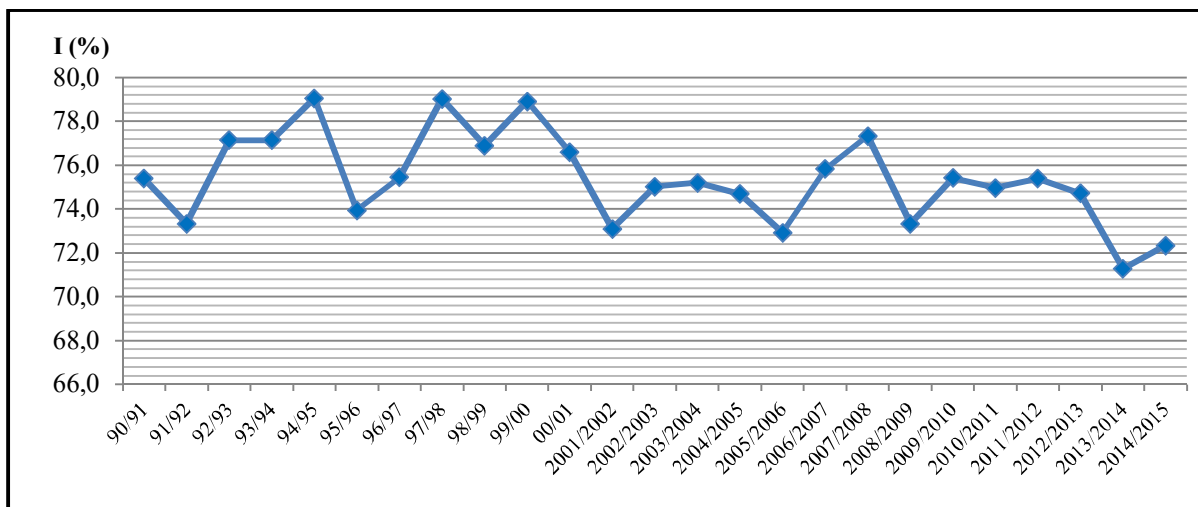
septembre. Le sirocco de la période de Seltzer a été enregistré durant les mois de février à septembre, le cumul annuel de cette période est de 8 J/ans.

**Tableau n° 3-5 :** Nombre moyen de jours de : grêle, orage et sirocco entre 1913-1938 et 1990-2012

Facteurs	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	aout	sep	oct	nov	déc	cumul
Grêle(J) Seltzer	0	0,1	0	0,1	0,2	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,8
Grêle(J) Actuelle	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1
Orages(J) Seltzer	0	0,1	0,7	0,6	1,3	1,1	0,9	0,8	1,8	0,7	0,2	0,2	8,4
Orages(J) Actuel	0,1	0,2	1	1,3	2	2,9	1,6	2,7	4,2	2,1	0,6	0,4	19,1
Sirocco(J) Seltzer	0	0,1	0,7	0,8	0,7	1,8	1,1	1,2	1,2	0,4	0	0	8
Sirocco(J) Actuel	0	0	0	0	1	2,9	3	1,4	1	0	0	0	9,3

**2-6-2- Moyennes annuelles de l'insolation (1990-2015) :**

Les moyennes annuelles de l'insolation de 25 ans pour la période 1990-2015, sont représentées sous forme de graphe (**figure n° 3-15**). Durant cette période, Les moyennes annuelles de l'insolation les plus élevées sont enregistrées pendant les années (1994-1995), (1997-1998) et (1999-2000) avec environ 79 %, et la moyenne la plus faible durant l'année 2013-2014 avec 71,3 %. Les moyennes annuelles de l'insolation des années quatre vingt dix sont supérieures que celles des dernières années. Nous remarquons que l'insolation de Biskra, présente une tendance décroissante.



**Figure n° 3-15 :** Moyennes annuelles de l'insolation pour la période (1990-2015)

### **3- Régime de la température et de la précipitation entre (1919- 1961) et (1973-2015) :**

Les régimes de température et d'humidité font partie des principales variables qui déterminent la distribution, la croissance, la productivité et la reproduction des plantes et des animaux. Les changements de l'hydrologie peuvent influencer des espèces de bien des manières différentes, mais les processus les mieux compris sont ceux qui lient la disponibilité de l'humidité aux seuils intrinsèques qui gouvernent les processus métaboliques et reproductifs (Burkett et al., 2005).

Les différentes études sur l'évolution du climat, montrent que le climat n'est pas resté stable dans le temps et qu'on observe des excédents et des déficits pluviométriques importants avec des hausses de température non négligeables.

Une analyse de l'évolution chronologique du climat de Biskra est étudiée sur deux périodes concernant les températures et les précipitations. Les données prises en relatives aux précipitations et aux températures pour deux périodes différentes (1919-1961) et (1973-2015). Elles proviennent de l'OMM (Organisation Météorologique Mondiale) pour les précipitations en mm, et de NOAA (National Oceanic & Atmospheric Administration) pour les températures en Fahrenheit (F) (Annexes).

#### **3-1- Régime de la température entre (1919- 1961) et (1973-2015) :**

##### **3-1-1- Evolution des températures maximales et minimales :**

##### **3-1-1-1- Moyennes mensuelles des températures :**

##### **3-1-1-1-1- Températures maximales mensuelles :**

L'analyse des données de la **figure n° 3-16**, montre que les moyennes maximales mensuelles les plus faibles sont enregistrées pendant le mois de janvier : 16,1°C pour la période (1919-1961) et de 17,1°C pour la période (1973-2015).

Les moyennes maximales mensuelles les plus élevées sont observée au mois de juillet : 40,2°C pour la période (1919-1961) et de 40,5°C pour la période (1973-2015).

En général, pour l'ensemble des mois, les températures moyennes maximales mensuelles ont connu une augmentation nette entre la première période (1919-1961) et la deuxième (1973-2015). Cette augmentation varie avec les mois, elle est fluctuée de 0,1°C à 1°C comme suit : 1°C en janvier, 0,5°C en février, 0,7°C en mars, 0,3°C en avril, 0,6°C en mai et juin, 0,3°C en juillet, 0,4°C en aout, 0,1°C en septembre, 0,8°C en octobre, 0,7°C en novembre et décembre.

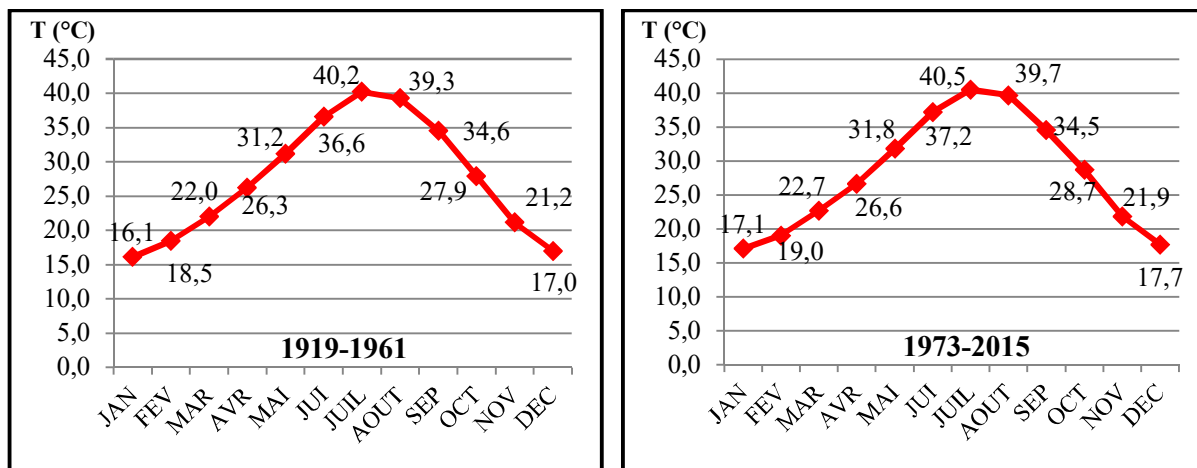


Figure n° 3-16 : Températures moyennes maximales mensuelles des deux périodes

### 3-1-1-2- Températures minimales mensuelles :

L'analyse des moyennes minimales mensuelles (**figure n° 3-17**), montre qu'elles sont plus faibles pendant le mois de janvier : 6,5°C pour la période (1919-1961) et de 6,9°C pour la période (1973-2015).

Les moyennes minimales mensuelles les plus élevées sont observées au mois de juillet : 26,7°C pour la période (1919-1961) et de 27,4°C pour la période (1973-2015).

Dans l'ensemble, les moyennes des températures minimales mensuelles de la première période (1919-1961) sont plus basses que celles de la deuxième période (1973-2015). L'augmentation entre les deux périodes varie avec les mois, de 0,1°C à 0,8°C comme suit : 0,4°C en janvier, 0,3°C en février, 0,2°C en mars, 0,1°C en avril, 0,6°C en mai, 0,4°C juin, 0,7°C en juillet, 0,8°C en aout, 0,1°C en septembre, 0,6°C en octobre, 0,5°C en novembre et 0,6°C décembre.

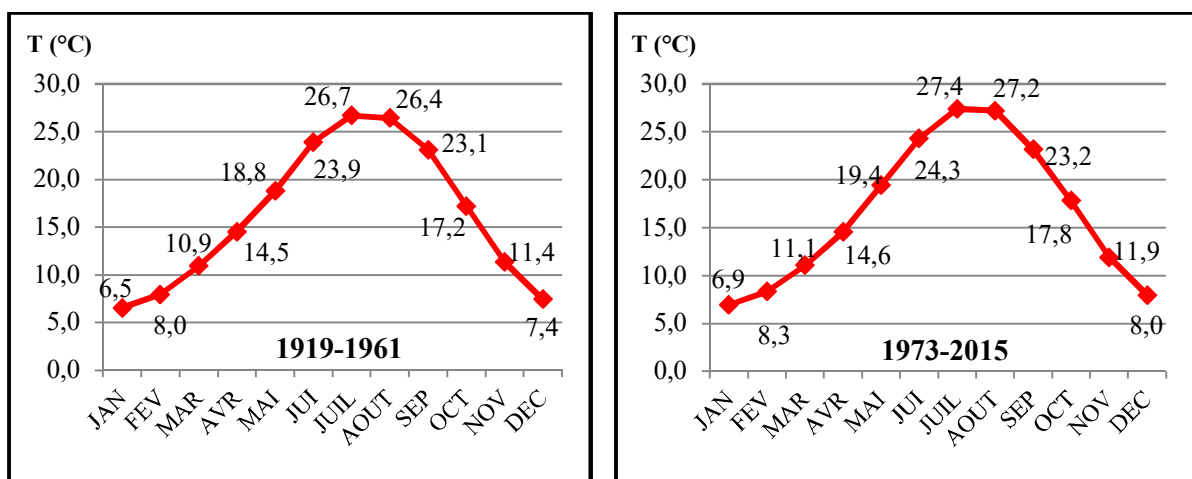


Figure n° 3-17 : Températures moyennes minimales mensuelles des deux périodes

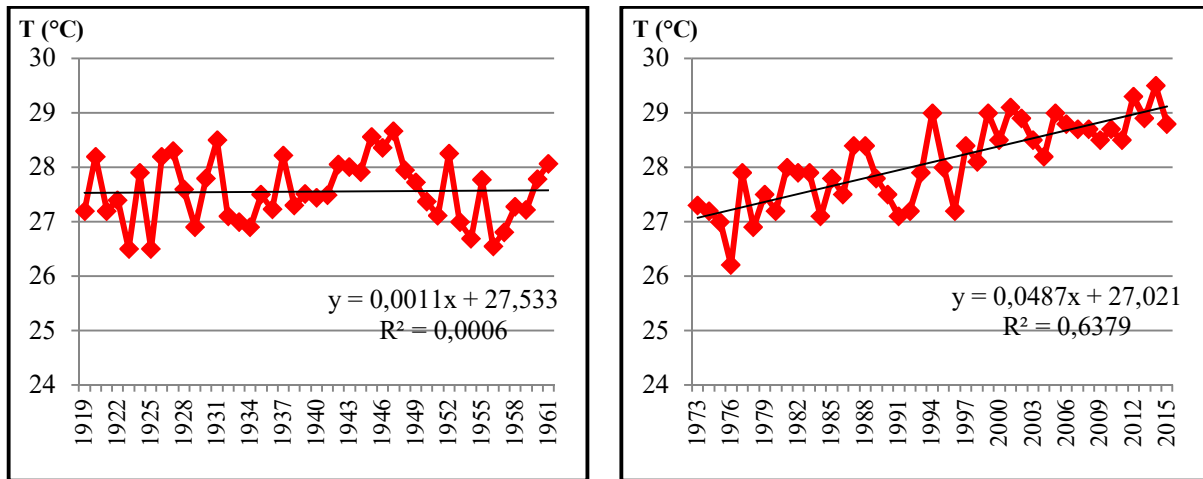
**3-1-1-2- Moyennes annuelles des températures :**

**3-1-1-2-1- Températures maximales annuelles :**

Nous présentons dans la figure ci-dessous (**figure n° 3-18**), les températures moyennes maximales annuelles de la région de Biskra durant deux périodes (1919-1961) et (1973-2015).

La période ancienne (1919-1961), est caractérisée par une tendance presque nulle (pas d'évolution), la moyenne maximale annuelle est de 27,6°C, la plus faible enregistrée en 1923, 1925 et 1956 avec 26,5°C et la plus élevée en 1947 avec 28,7°C.

La période actuelle (1973-2015), est caractérisée par une tendance à la hausse, la moyenne maximale annuelle est de 28,1°C, la plus faible enregistrée en 1976 avec 26,2°C et la plus élevée en 2014 avec 29,5°C.



**Figure n° 3-18 :** Températures moyennes maximales annuelles des deux périodes

**3-1-1-2-2- Températures minimales annuelles :**

Les températures moyennes minimales annuelles de la région de Biskra durant les deux périodes sont représentées dans la figure ci-dessous (**figure n° 3-19**).

La période ancienne (1919-1961), est caractérisée par une tendance nulle (pas d'évolution), la moyenne minimale annuelle est de 16,2°C, la plus faible enregistrée en 1954 avec 14,8°C et la plus élevée en 1949 avec 17,8°C.

La période actuelle (1973-2015), est caractérisée par une tendance à la hausse, la moyenne minimale annuelle est de 16,7°C, la plus faible enregistrée en 1974 avec 15,3°C et la plus élevée en 1988, 1990 et 1999 avec 17,5°C.



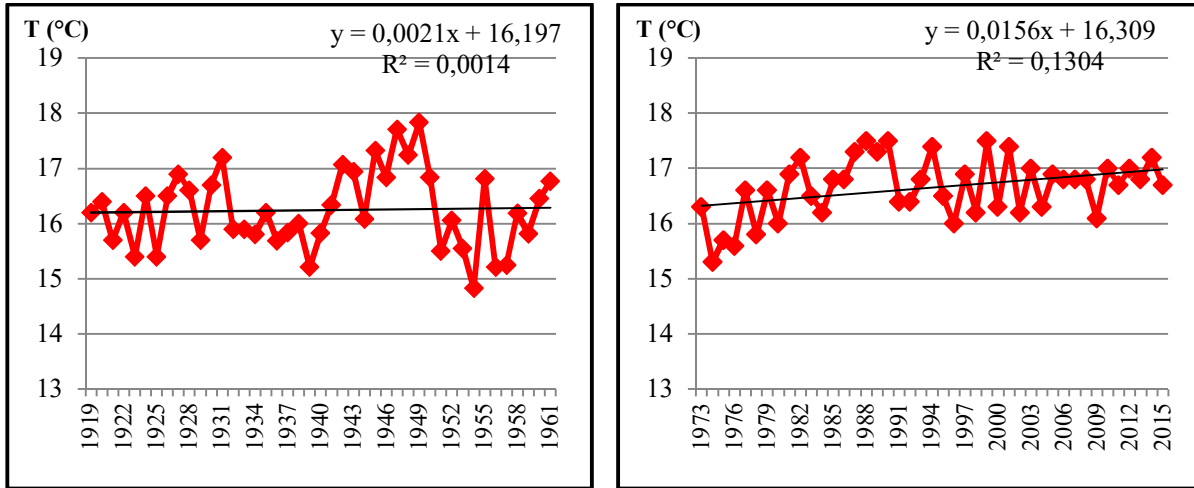


Figure n° 3-19 : Températures moyennes minimales annuelles des deux périodes

### 3-1-2- Analyses des températures moyennes annuelles entre (1919- 1961) et (1973-2015) :

#### 3-1-2-1- Analyse descriptive :

La statistique descriptive est la plus courante pour caractériser les températures annuelles et leurs variations, au cours des saisons, et ceci selon les hauteurs moyennes mensuelles et leurs écart-type. Elle présente parfois des inconvénients dus à la variabilité interannuelle exprimée par écart-type. En effet, on remarque que les températures d'un même mois peuvent présenter une grande variabilité d'une année à l'autre.

Nous avons étudié plus en détail la statistique descriptive de Biskra pour les deux périodes, les résultats sont présentés dans le **tableau n° 3-6**.

**Tableau n° 3-6** : Les paramètres de la variabilité des températures moyennes annuelles

Période	Moyenne	Ecart-type	Maximum	Minimum	CV	Q1	Médiane	Q3
19-61	21,9	0,61	23,2	20,8	2,8	21,4	21,9	22,3
73-2015	22,4	0,61	23,4	21	2,7	22,2	22,4	22,9

Pour avoir une idée de la variabilité des températures, on générale s'intéresse sur sa moyenne arithmétique. Malgré que la moyenne est définit comme la valeur la plus probable, il arrive que celle-ci fausse le diagnostic, car c'est un paramètre de localisation, qui est sensible aux valeurs extrêmes, ce qui induit une mauvaise conclusion par la suite. Dans notre étude la moyenne est de 21,9°C pour la période ancienne et de 22,4°C pour la période récente.

La médiane est un très bon indicateur de localisation, qui mesure la variabilité des données et qui partage l'échantillon ordonné en deux parties de même effectifs. Elle n'est pas

affectée par les valeurs extrêmes contrairement a la moyenne dont il suffit qu'il y ait seulement une seule valeur pour engendrer le basculement de la moyenne vers l'augmentation, quand la valeur est très élevée, ou dans le cas contraire vers la diminution, ce qui fausse tout, mais nous pouvons réduire ceci en remarquons la valeur de l'écart-type aussi qui mesure la dispersion des valeurs par rapport a la moyenne.

Suite à ça nous avons remarqué un certain équilibre entre la moyenne et la médiane dans les deux périodes d'étude, ceci indique que la distribution est symétrique. Dans notre étude la médiane est égale à la moyenne pour les deux périodes.

L'analyse du coefficient de variation des deux périodes, montre qu'il est de 2,8 % pour la première période et de 2,7 % pour la deuxième période. La différence entre les maximums et les minimums est de 0,2°C pour les deux périodes.

### 3-1-2-2- Analyse de la tendance :

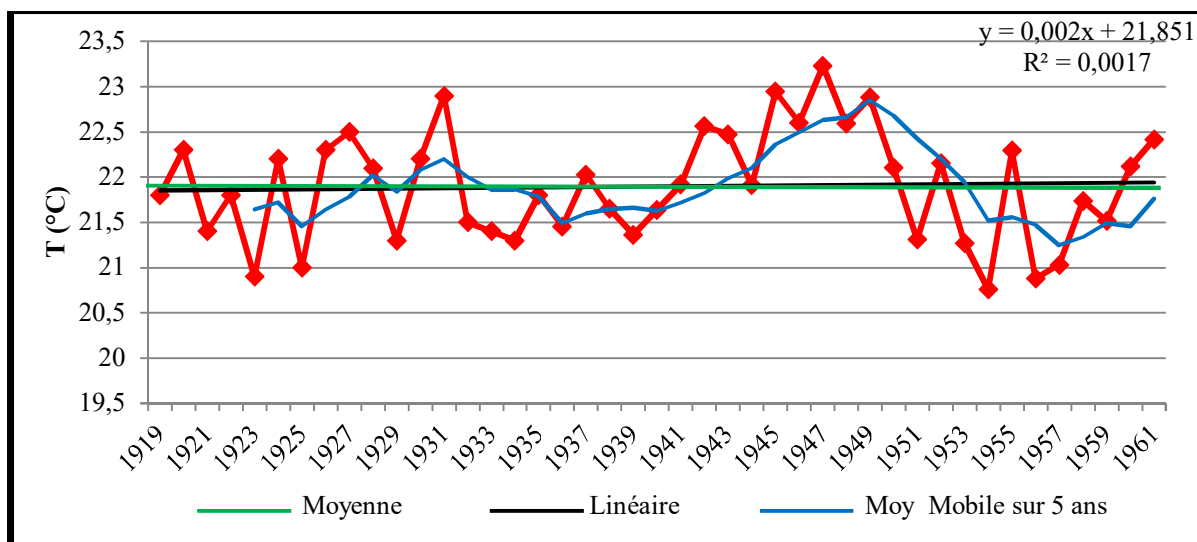


Figure n° 3-20 : Températures moyennes annuelles de la période (1919-1961)

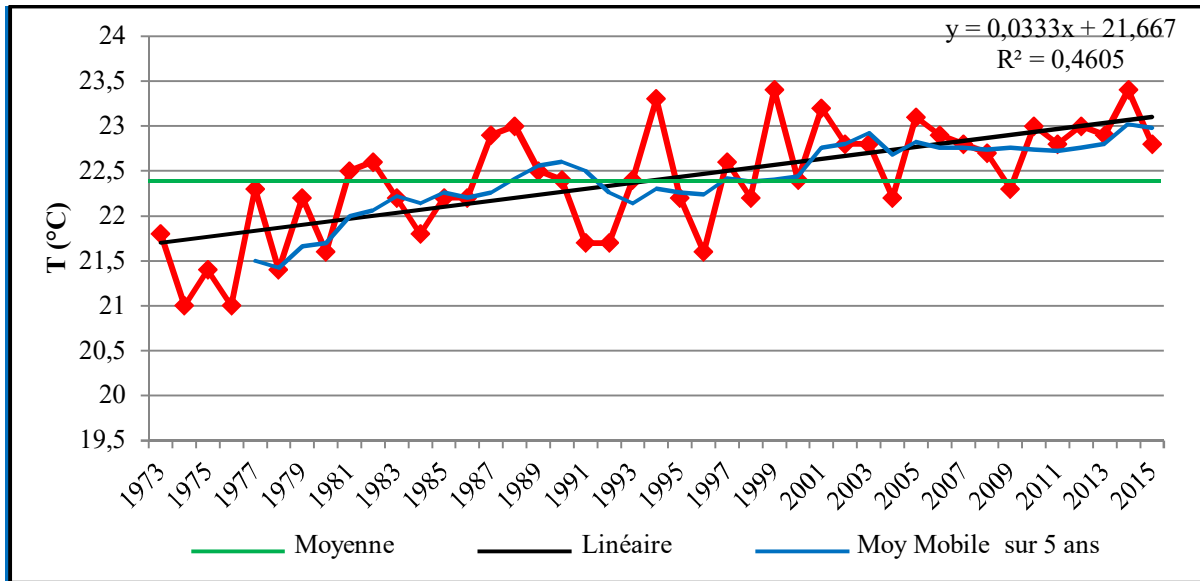


Figure n° 3-21 : Températures moyennes annuelles de la période (1973-2015)

### 3-1-2-2-1- par régression linéaire :

L'analyse graphique de l'évolution annuelle des températures (**figure n° 3-20**) pour la première période (1919-1961) par rapport à la moyenne interannuelle, est caractérisée par :

Une moyenne interannuelle est de 21,9°C, la température moyenne maximale est enregistrée en 1947 avec 23,2°C et la température moyenne minimale en 1954 avec 20,8°C. Dans l'ensemble, une alternance d'une phase de refroidissement : entre 1932 à 1941, aussi entre 1951 à 1959, et une autre phase de réchauffement : entre 1942 à 1950. En général, la tendance des températures par régression linéaire est nulle (alternance de réchauffement et de refroidissement) sur la moyenne annuelle au cours cette période, avec un taux de réchauffement presque nulle ( $a = 0,002$ ) et  $R^2 = 0,001$ .

L'analyse graphique de la seconde période (1973-2015) par rapport à la moyenne interannuelle (**figure n° 3-21**), est caractérisée par :

Une moyenne interannuelle est de 22,4°C, la température moyenne maximale est enregistrée en 1999 et 2014 avec 23,4°C et la température moyenne minimale en 1974 et 1976 avec 21°C. Dans l'ensemble, cette période est caractérisée par deux phases : une phase de refroidissement, de 1973 à 1993 où les températures sont en dessous de la moyenne annuelle, et une autre phase de réchauffement de 1994 à 2015 où les températures atteignent leur maximum. En général, la tendance des températures par régression linéaire est à l'augmentation, avec un taux de réchauffement plus élevé ( $a = 0,033$ ) et  $R^2 = 0,46$ .

### 3-1-2-2-2- par la moyenne mobile :

La moyenne mobile permet de lisser une série de données chronologiques pour éliminer les fluctuations les mois significatives. Nous avons déterminé la moyenne mobile de température pour une période de 5ans.

Pour la période (1919-1961), la moyenne mobile sur 5ans fait apparaitre une alternance entre un refroidissement et un réchauffement comme suit : une phase de température baisse jusqu' à 1927 avec un refroidissement de  $-0,3^{\circ}\text{C}$ . Une phase ascendante de 1929 à 1931 avec un réchauffement de  $+0,3^{\circ}\text{C}$ . Ensuite, par une décennie (1932-1942) froide d'environ  $-0,5^{\circ}\text{C}$ . Puis une décennie (1943-1953) chaude avec un grand réchauffement de  $+0,9^{\circ}\text{C}$  d'environ. Enfin, une phase descendante commence à partir 1954 jusqu'à 1961 avec un refroidissement d'environ  $-0,7^{\circ}\text{C}$ .

Pour la période (1973-2015), la moyenne mobile sur 5ans fait apparaitre deux phases principales : une phase de température baisse jusqu' à 1999 avec un refroidissement de  $-0,3^{\circ}\text{C}$ . Une phase réchauffement s'installe à partir de l'an 2000 à 2015 avec une augmentation jusqu'à  $+0,5^{\circ}\text{C}$ .

### 3-1-2-2-3- Test de tendance paramétrique :

L'objectif est simple : nous supposons être en présence de deux échantillons de mesures et l'on souhaite savoir s'ils sont issus de la même population c'est-a-dire on veut savoir si l'on peut considérer qu'ils sont statiquement différent du point de vue de leur moyenne. On utilise le test de l'écart réduit (ER) selon la formule suivante :

$$\text{ER} = \frac{|X_1 - X_2|}{\sqrt{\frac{\sigma^2_1}{N_1} + \frac{\sigma^2_2}{N_2}}}$$

$X_1$  et  $X_2$  : sont les moyennes respectives des deux échantillons 1 et 2.

$\sigma^2_1$  et  $\sigma^2_2$  : sont les variances respectives des deux échantillons 1 et 2.

$N_1$  et  $N_2$  : sont nombre d'années de mesures des deux échantillons 1 et 2.

Nous allons tester l’hypothèse nulle, que ces deux échantillons proviennent de la même population. Si cette hypothèse nulle est vraie, alors il y a moins de 5 chances sur 100 que la valeur de ER dépasse en valeur absolue 1,96 (Hirche et al., 2007). Donc :

- si  $ER \geq 1,96$  alors nous rejetterons notre hypothèse et considérerons que la différence entre les deux moyennes est significative.
- si  $ER < 1,96$  alors nous ne pourrions pas conclure sur l’existence d’une différence entre les deux échantillons.

Nous utiliserons un test paramétrique qui est basé sur la comparaison entre deux périodes ; la première de 1919 à 1961 et la seconde de 1973 à 2015. Donc on compare les moyennes sur deux périodes pour confirmer une évolution de température. Nous voulons démontrer qu’il existe une différence entre les moyennes. Le test utilisé est celui de l’écart réduit, en comparant la statistique ER à la valeur t qui est de 1,96 au risque 5% et de 2,6 au risque de 1%.

**Tableau n° 3-7 : Résultats des paramètres calculés et l’écart-réduit**

Période	Moyenne X	Variance $\sigma^2$	Nombre d’années N	Ecart réduit ER
(1) : 19-61	21,9	0,37	43	3,79
(2) : 73-2015	22,4	0,38	43	

Le raisonnement repose sur l’hypothèse nulle : il n’existe pas de différence entre les deux moyennes. On calcule ER et on recherche dans la table de la probabilité t.

Il en ressort que la température est augmentée (la moyenne de première période est inférieure à celle de la deuxième), elle est de l’ordre de 0,5°C (tableau n° 3-7).

L’écart réduit ( $ER = 3,79$ ) montre une valeur supérieure à 1,96 (seuil de risque de 5%), et supérieur à 2,6 (seuil de risque de 1%), il est donc hautement significatif, l’hypothèse nulle est rejetée, donc le climat montre une tendance au réchauffement.

**3-2- Régime de la précipitation entre (1919- 1961) et (1973-2015) :**

**3-2-1- Evolution des précipitations mensuelles et saisonnières :**

**3-2-1-1- Moyennes mensuelles des précipitations :**

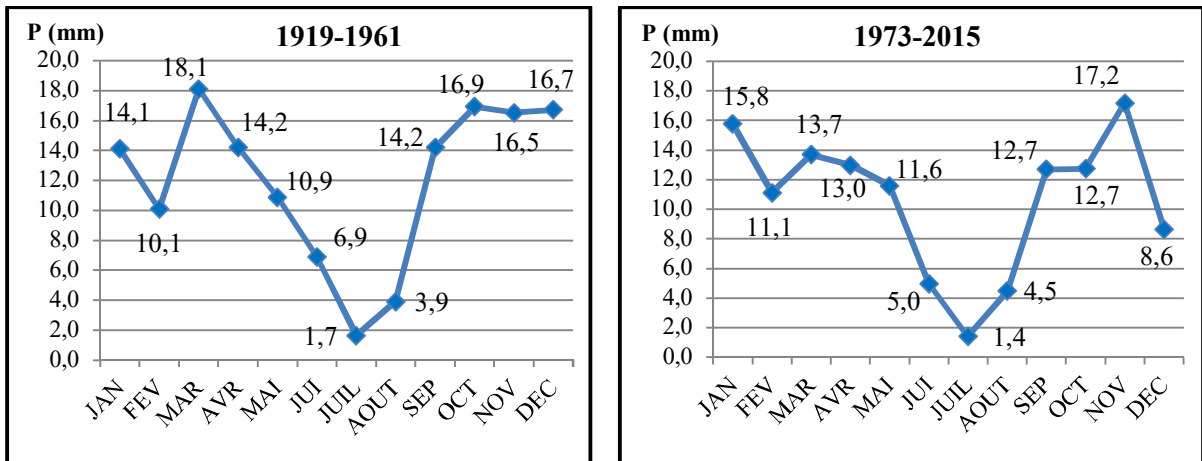
Les données des précipitations moyennes mensuelles de Biskra pour les deux périodes sont représentées sous forme de graphe (**figure n° 3-22**).

Pour la période 1919-1961 : le mois le plus humide est mars avec 18,1 mm, ensuite les mois de octobre, novembre et décembre avec plus de 16 mm tandis que les mois les plus secs sont juillet et août avec 1,7 mm et 3,9 mm respectivement.

Pour la période 1973-2015 : le mois le plus humide est novembre avec 17,2 mm, ensuite le mois de janvier avec plus de 15,8 mm, par contre les mois les plus secs sont juillet et août avec 1,4 mm et 4,5 mm respectivement.

Nous remarquons à travers les données, que les moyennes mensuelles des précipitations entre les deux périodes ont subi une diminution pour la majorité des mois, elle est plus claire pour le mois de décembre (16,7 mm à 8,6 mm), le mois de mars (18,1 mm à 13,7 mm), le mois de octobre (16,9 mm à 12,7 mm). En revanche le mois de janvier a connu une légère augmentation de 14,1 mm à 15,8 mm.

Ces variations mensuelles des précipitations ont des conséquences sur les cultures végétales et les ressources en eau.



**Figure n° 3-22 : Moyennes mensuelles des précipitations de Biskra pour les deux périodes**

### 3-2-1-2- Moyennes saisonnières des précipitations :

La variation saisonnière des précipitations joue un rôle primordial dans les activités agricoles, pour les différentes pratiques culturales et les calendriers agricoles.

Pour mieux comprendre le régime saisonnier des précipitations, nous avons divisé l'année en quatre trimestres :

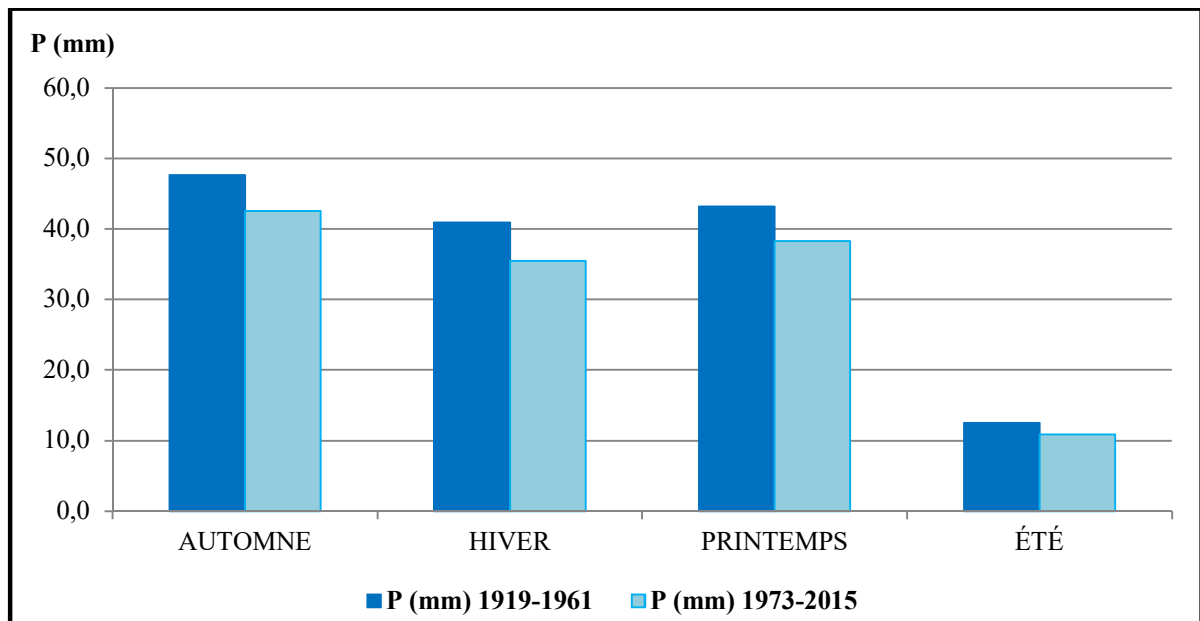
- Automne : est comporte les mois de septembre, octobre et novembre.
- Hiver : est défini comme la période de décembre, janvier et février.
- Printemps : concerne les mois de mars, avril et mai.
- Eté : intégré les mois de juin, juillet et aout.

En automne, la quantité pluviométrique moyenne pour la période (1919-1961) est de 47,7 mm, tandis qu'elle est de 42,6 mm pour la seconde période (1973-2015).

En hiver, les quantités pluviométriques moyennes baissent de 40,9 mm pour la première période (1919-1961) à 35,4 mm pour la période (1973-2015).

En printemps, les moyennes pluviométriques baissent encore, avec 43,2 mm pour la période (1919-1961) et 38,2 mm pour la période (1973-2015).

En été, la région a reçue 12,5 mm pour la période (1919-1961) qui a diminuée à 10,9 mm en deuxième période (1973-2015) (**figure n° 3-23**).



**Figure n° 3-23** : Moyennes saisonnières des précipitations pour les deux périodes

La répartition saisonnière selon leurs décroissances pluviométriques permet de montrer que spatialement le régime est de type **APHE** (répartition pluviométrique décroissante de type : **A**utomne / **P**rintemps / **H**iver / **E**té).

Les résultats montrent un abaissement clair des précipitations pour l'ensemble des saisons entre la première période (1919-1961) et la deuxième période (1973-2015).

**3-2-2- Analyses des précipitations annuelles entre (1919- 1961) et (1973-2015) :**

**3-2-2-1- Analyse descriptive :**

Nous avons étudié plus en détail la statistique descriptive de la pluviosité de Biskra pour les deux périodes, les résultats sont présentés dans le **tableau n° 3-8**.

**Tableau n° 3-8 : Les paramètres de la variabilité des pluies des cumuls annuels**

<b>Période</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Ecart-type</b>	<b>Maximum</b>	<b>Minimum</b>	<b>CV</b>	<b>Q1</b>	<b>Médiane</b>	<b>Q3</b>
<b>19-61</b>	144,3	66,3	330	32	46	90	144	176
<b>73-2015</b>	127,2	59	296	45	46,4	81	119	172,5

Pour avoir une idée de la variabilité des pluies sur une série pluviométrique, on générale s'intéresse sur sa moyenne arithmétique. Malgré que la moyenne est définit comme la valeur la plus probable, il arrive que celle-ci fausse le diagnostique, car c'est un paramètre de localisation, qui est sensible aux valeurs extrêmes, ce qui induit une mauvaise conclusion par la suite. Dans notre étude la moyenne est de 144,3 mm pour la période ancienne et de 127,2 mm pour la période récente.

La médiane est un très bon indicateur de localisation, qui mesure la variabilité des données et qui partage l'échantillon ordonné en deux parties de même effectifs. Elle n'est pas affectée par les valeurs extrêmes contrairement a la moyenne dont il suffit qu'il y ait seulement une seule valeur pour engendrer le basculement de la moyenne vers l'augmentation, quand la valeur est très élevée, ou dans le cas contraire vers la diminution, ce qui fausse tout, mais nous pouvons réduire ceci en remarquons la valeur de l'écart-type aussi qui mesure la dispersion des valeurs par rapport a la moyenne.

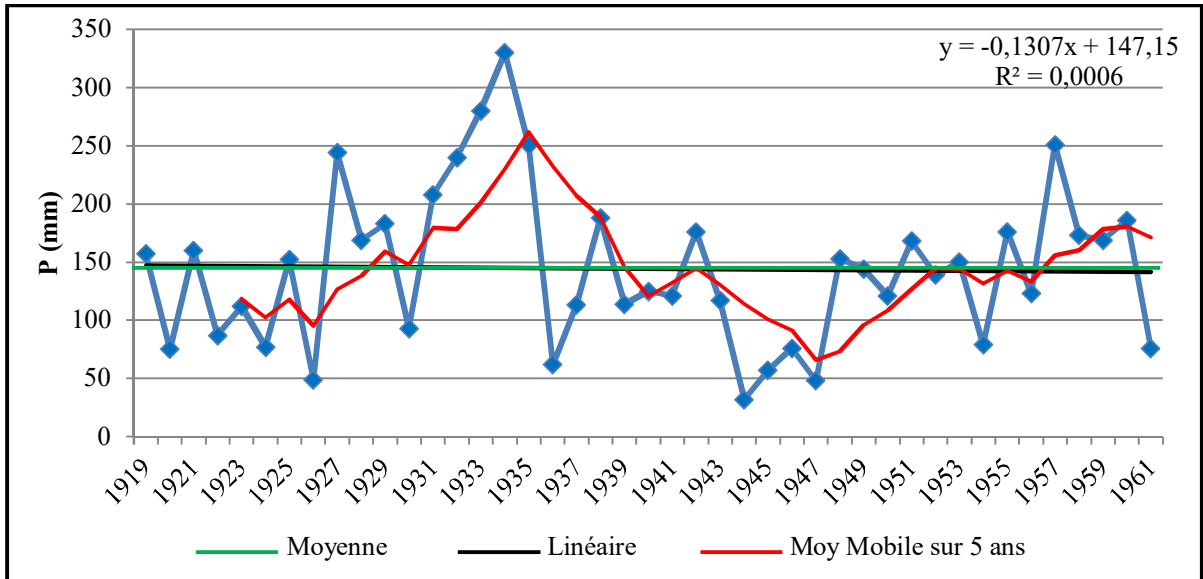
Suite à ça nous avons remarqué un certain équilibre entre la moyenne et la médiane dans les deux périodes d'étude, ceci indique que la distribution est symétrique surtout pour la période (1919-1961). Pour la période (1973-2015), la moyenne (127,2 mm) est légèrement



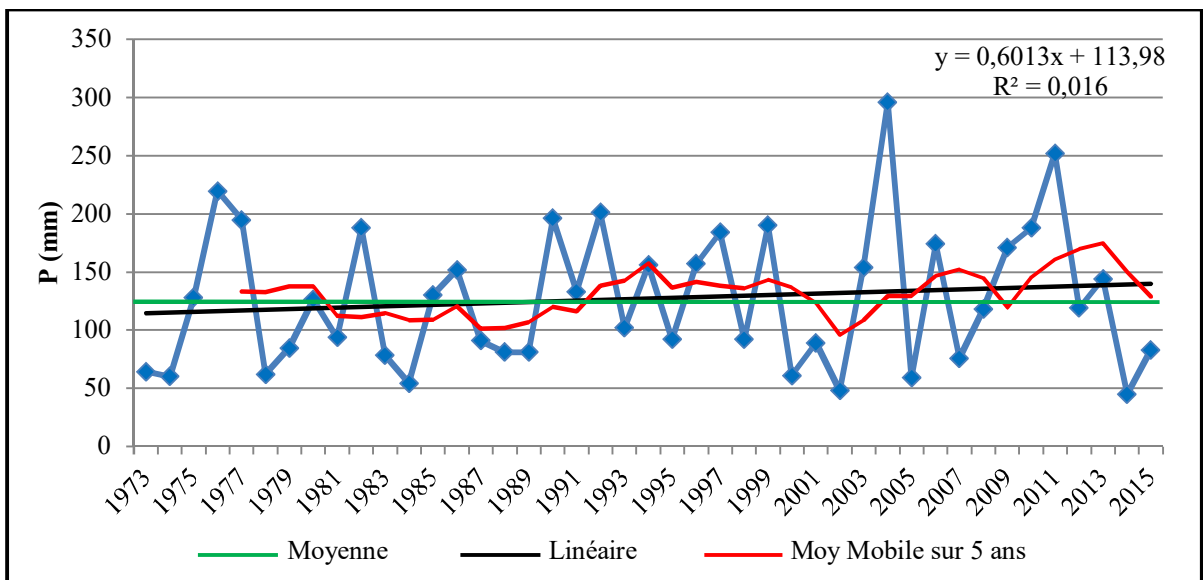
élevée que la médiane (119 mm), ce qui<sup>2</sup> signifier qu'il y a une valeur qui a tiré la moyenne vers l'augmentation.

L'analyse du coefficient de variation des deux périodes, montre qu'il est plus élevé dans la deuxième période (46,4%) par rapport à la première période (46%). Ceci indique une forte variabilité interne dans la période (1973-2015) plus que la première période.

**3-2-2-2- Analyse de la tendance :**



**Figure n° 3-24 : Précipitations annuelles de la période (1919-1961)**



**Figure n° 3-25 : Précipitations annuelles de la période (1973-2015)**

#### **3-2-2-2-1- par régression linéaire :**

L'analyse graphique de l'évolution annuelle des précipitations (**figure n° 3-24**) pour la première période (1919-1961), par rapport à la moyenne interannuelle est caractérisée par :

Une moyenne interannuelle est de 144,3 mm, la précipitation annuelle maximale est enregistrée en 1934 avec 330 mm et la précipitation annuelle minimale en 1944 avec 32 mm. Dans l'ensemble, une alternance d'une phase sèche : entre 1919 à 1926, aussi entre 1942 à 1955, et une autre phase humide : entre 1927 à 1935 et à la fin des années cinquante. En général, la tendance des précipitations par régression linéaire est nulle (alternance d'une phase humide et une autre sèche) sur la moyenne annuelle au cours cette période, ( $a = -0,130$ ) et  $R^2 = 0,000$ .

L'analyse graphique de la seconde période (1973-2015) par rapport à la moyenne interannuelle (**figure n° 3-25**), est caractérisée par :

Une moyenne interannuelle est de 127,2 mm, la précipitation annuelle maximale est enregistrée en 2004 avec 296 mm et la précipitation annuelle minimale en 2014 avec 45 mm. En général, la tendance des précipitations par régression linéaire est à l'augmentation légère, avec ( $a = 0,601$ ) et  $R^2 = 0,016$ .

#### **3-2-2-2-2- par la moyenne mobile :**

La moyenne mobile permet de lisser une série de données chronologiques pour éliminer les fluctuations les mois significatives. Nous avons déterminé la moyenne mobile de précipitation pour une période de 5ans.

Pour la période (1919-1961), la moyenne mobile sur 5ans fait apparaitre une alternance entre des années pluvieuses (les années trente et la fin des années cinquante), et des années sèches (les années vingt et elle intense aux années quarante).

Pour la période (1973-2015), la moyenne mobile sur 5ans fait apparaitre deux phases principales : une phase de la sécheresse de 1980 jusqu' à 1993, puis une phase humide jusqu'à 2001, ensuite une sécheresse s'installe pendant 4 ans, et enfin une augmentation pour ces dernières années.

#### **3-2-2-2-3- Test de tendance paramétrique :**

Nous utiliserons un test paramétrique qui est basé sur la comparaison entre deux périodes ; la première de 1919 à 1961 et la seconde de 1973 à 2015. Donc on compare les

moyennes sur deux périodes pour confirmer une évolution de pluviosité. Nous voulons démontrer qu'il existe une différence entre les moyennes. Le test utilisé est celui de l'écart réduit, en comparant la statistique ER à la valeur t qui est de 1,96 au risque 5% et de 2,6 au risque de 1%.

$$ER = \frac{|X_1 - X_2|}{\sqrt{\frac{\sigma^2_1}{N_1} + \frac{\sigma^2_2}{N_2}}}$$

X1 et X2 : sont les moyennes respectives des deux échantillons 1 et 2.

$\sigma^2_1$  et  $\sigma^2_2$  : sont les variances respectives des deux échantillons 1 et 2.

N1 et N2 : sont nombre d'années de mesures des deux échantillons 1 et 2.

Les résultats sont présentés sous forme de tableau (**tableau n° 3-9**).

**Tableau n° 3-9 : Résultats des paramètres calculés et l'écart-réduit**

Période	Moyenne X	Variance $\sigma^2$	Nombre d'années N	Ecart réduit ER
(1) : 19-61	144,3	4395,71	43	1,26
(2) : 73-2015	127,2	3478,15	43	

Le raisonnement repose sur l'hypothèse nulle : il n'existe pas de différence entre les deux moyennes. On calcule ER et on recherche dans la table de la probabilité t.

Il en ressort que la pluviosité est diminuée (la moyenne de la première période est supérieure à celle de la deuxième), elle est de l'ordre de -11,85%.

L'écart réduit (ER = 1,26) ne montre pas une valeur supérieure à 1,96 (seuil de risque de 5%), l'hypothèse nulle n'est pas rejetée, donc le climat ne montre pas une tendance à l'assèchement.

### **3-2-3- Indice Standardisé des Précipitations (ISP) des deux périodes (86 ans) :**

Dans ce travail, le but principal est la détermination des périodes sèches et humides pour quantifier la sévérité de la sécheresse pour les deux périodes.

Nous avons choisi la classification de la sévérité selon l'Indice Standardisé des Précipitations (ISP), proposé en 1993 par McKee et al. :

$$ISP = \frac{P_i - P_m}{\sigma}$$

$P_i$  : Précipitation de l'année  $i$  (mm).

$P_m$  : Précipitation moyenne (mm).

$\sigma$  : Ecart type.

En 2003, Aghrab a modifié la classification générale proposée par McKee 1993 en tenant compte des spécificités du climat marocain, et il l'a proposé un ISP Corrigé. Vu la ressemblance du climat de l'Algérie et du Maroc nous avons utilisé cette classification. Cette méthode propose de classer les années selon les valeurs de l'ISP (tableau n° 3-10).

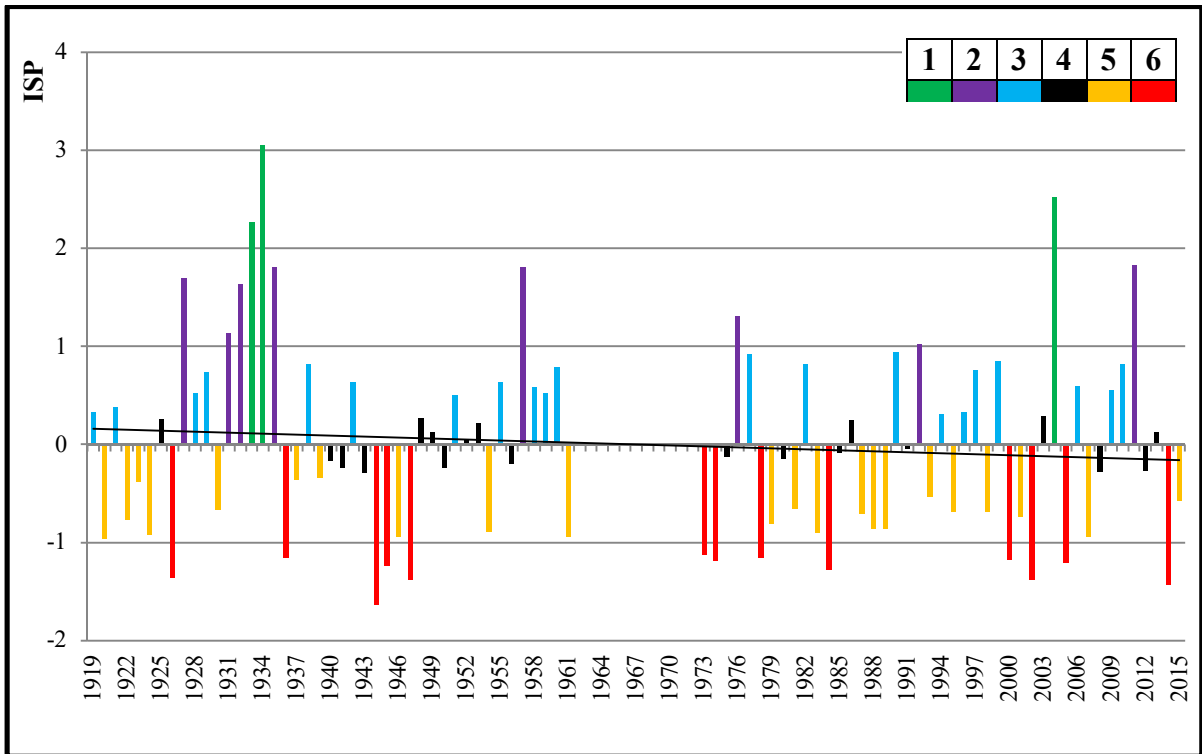
Tableau n° 3-10 : Classification de la sévérité de la sécheresse selon l'ISP

N°	Classes	Classification de l'ISP selon Mckee 1993	Classification de l'ISP (Corrigé) selon Aghrab 2003
1	Extrêmement humide	Plus de 2	Plus de 2
2	Sévèrement humide	De 1,99 à 1,50	De 1,99 à 1
3	Modérément humide	De 1,49 à 1	De 0,99 à 0,31
4	Proche de la normale	De 0,99 à -0,99	De 0,30 à -0,30
5	Modérément sèche	De -1 à -1,49	De -0,31 à -0,99
6	Sévèrement sèche	De -1,50 à -1,99	De -1 à -1,99
7	Extrêmement sèche	Moins de -2	Moins de -2

Dans le but de comparer entre les deux périodes : (1919-1961) et (1973-2015), nous avons calculé la précipitation moyenne, l'écart type et l'ISP pour 86 ans (les deux périodes) (figure n° 3-26).

$P_m$  : Précipitation moyenne de 86 ans (les deux périodes) = 135,7 mm.

$\sigma$  : Ecart type de 86 ans (les deux périodes) = 63,3.



**Figure n° 3-26 :** Evolution de l'Indice Standardisé des Précipitation (ISP) de Biskra

L'interprétation de graphe repose sur la classification de l'ISP. Un tableau récapitulatif du nombre d'années de chaque type de sécheresse (**tableau n° 3-11**) est établi pour les deux périodes (1919-1961) et (1973-2015).

**Tableau n° 3-11 :** ISP de Biskra pour les deux périodes (1919-1961) et (1973-2015)

N°	Classes	Nombre d'années pour la Période 1919 - 1961	Nombre d'années pour la Période 1973 – 2015
1	Extrêmement humide	2	1
2	Sévèrement humide	5	3
3	Modérément humide	11	10
4	Proche de la normale	10	9
5	Modérément sèche	10	12
6	Sévèrement sèche	5	8

D'après le graphe et le tableau ci-dessus :

- Pour l'ensemble des deux périodes, le nombre d'années proches de la normale ( $-0,30 < \text{ISP} < 0,30$ ) est de 19 ans soit 22,09% de la période d'étude (86 ans). Les années humides ( $\text{ISP} \geq 0,31$ ) représentent 32 ans soit 37,21% de la période d'étude (86 ans) et les années sèches ( $\text{ISP} \leq -0,31$ ) sont de 35 ans soit 40,69% de la période d'étude (86 ans).
- La comparaison entre les deux périodes (1919-1961) et (1973-2015), montre une diminution des années proches de la normale et humides (28 ans pour 1919-1961 soit 65,1% et 23 ans pour 1973-2015 soit 53,5%). En revanche, une augmentation des années sèches (15 ans pour 1919-1961 soit 34,9% et 20 ans pour 1973-2015 soit 46,5%) (figure n° 3-27).

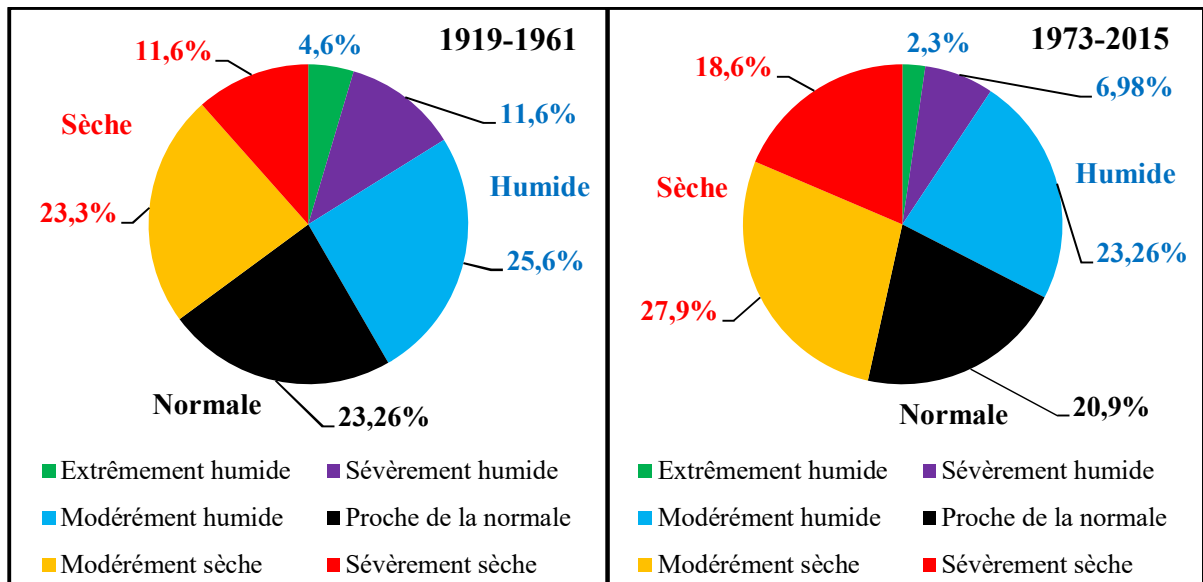


Figure n° 3-27 : Répartition de la sécheresse en pourcentage (%) pour les deux périodes

Les résultats obtenus par l'ISP, ont permis d'analyser l'évolution de la sécheresse entre les deux périodes. On remarque un raccourcissement des années humides et un accroissement des années sèches, donc une tendance à l'assèchement.

#### 4- Synthèse climatique sur (1919- 1961) et (1973-2015) :

En raison de la variabilité spatio-temporelle des paramètres climatiques et de la nécessité de description synthétique, de classement et de comparaison des types de climat et de végétation à travers le monde, de nombreux auteurs ont proposé diverses formules, indices et expressions graphiques, tenant compte d'un nombre plus ou moins élevé de facteurs.

En 1943, Emberger écrivait qu'il n'est pas douteux que le climat et la végétation sont solidaires comme force et matière, mais il est clair qu'avant d'affirmer que telle ou telle espèce ou groupement permet de délimiter une aire aussi naturelle que les territoires climatiques, il faut d'abord connaître le climat, puis fixer les limites sur le terrain, et alors seulement chercher les espèces, qui à l'intérieur de l'aire délimitée, suivent le plus étroitement la frontière climatique (Lebourgeois, 2010).

L'aridité est une expression qualifiant la sécheresse qualitative ou quantitative d'une région. Sachant que cette dernière se caractérise par des précipitations annuelles faibles, à distribution très irrégulière dans le temps comme dans l'espace, et notablement inférieures à l'évaporation potentielle annuelle (Margat, 1985).

##### 4-1- Diagramme Ombrothermique de Gausсен :

Bagnouls et Gausсен (1953), définissent le mois biologiquement sec, comme celui où le total mensuel des précipitations exprimées en millimètres est égal ou inférieur au double de la Température moyenne exprimée en degré centigrade :  $P \leq 2 T$ .

A partir de cette définition, ils construisent des diagrammes ombrothermiques où les mois de l'année sont placés en abscisse, en ordonnée se trouvent les moyennes mensuelles, à gauche celles des températures et à droite celles des températures et à droite celles des précipitations (Djellouli, 1981).

Les diagrammes ombrothermique établis pour les deux périodes montrent que La station de Biskra se caractérise par une période sèche s'étalant sur toute l'année pour les deux périodes (figure n° 3-28).

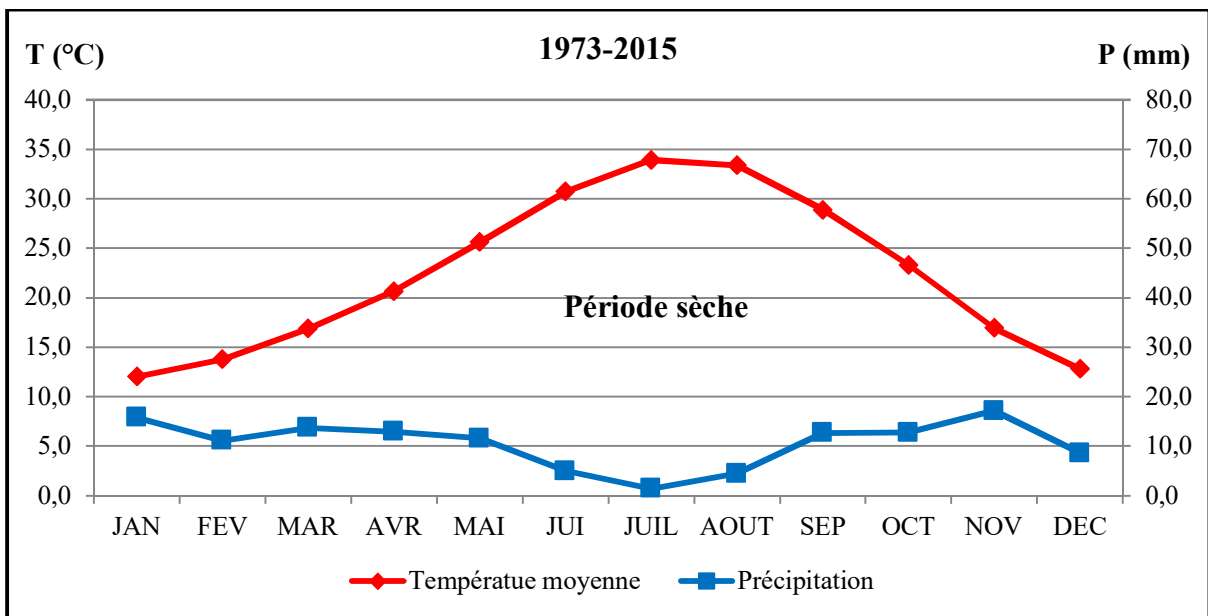
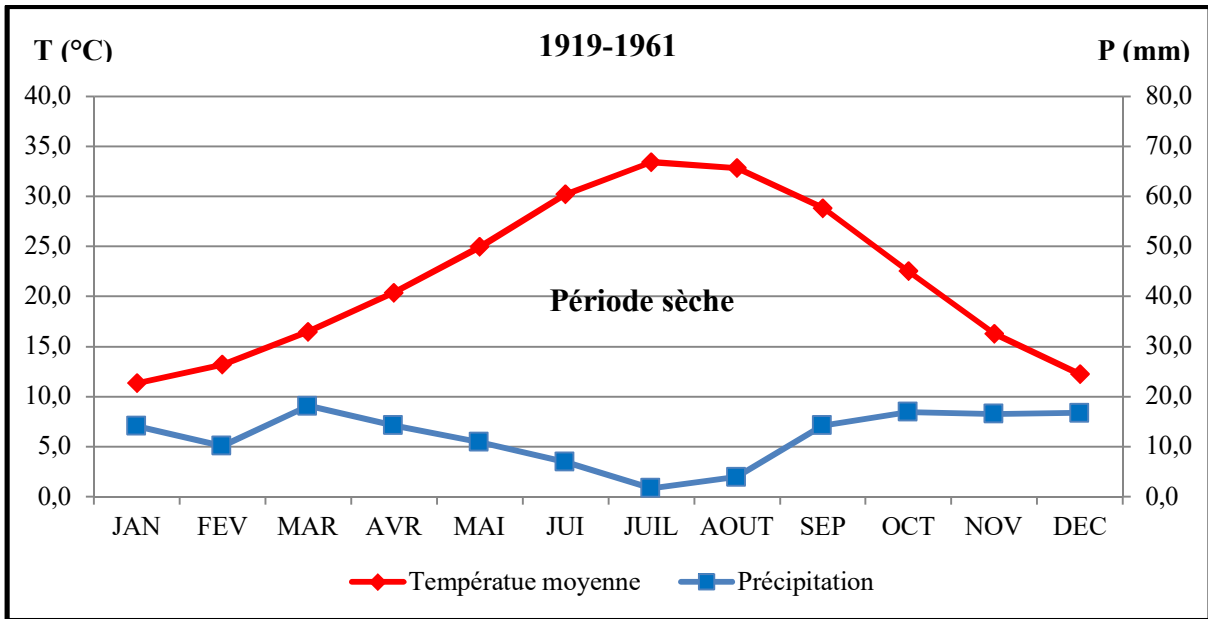


Figure n° 3-28 : Diagrammes ombrothermique (1919-1961) et (1973-2015)

Dans notre zone d'étude, la durée et l'intensité de la période sèche sont capitales. Pour le but d'étudier la chronologie de la période sèche afin de comparer entre les deux périodes.

Nous avons établi un diagramme ombrothermique de Gaussen des deux périodes (1919-1961) et (1973-2015) sur le même graphe c'est-à-dire on a superposé les deux diagrammes pour analyser l'évolution de cette période sèche.



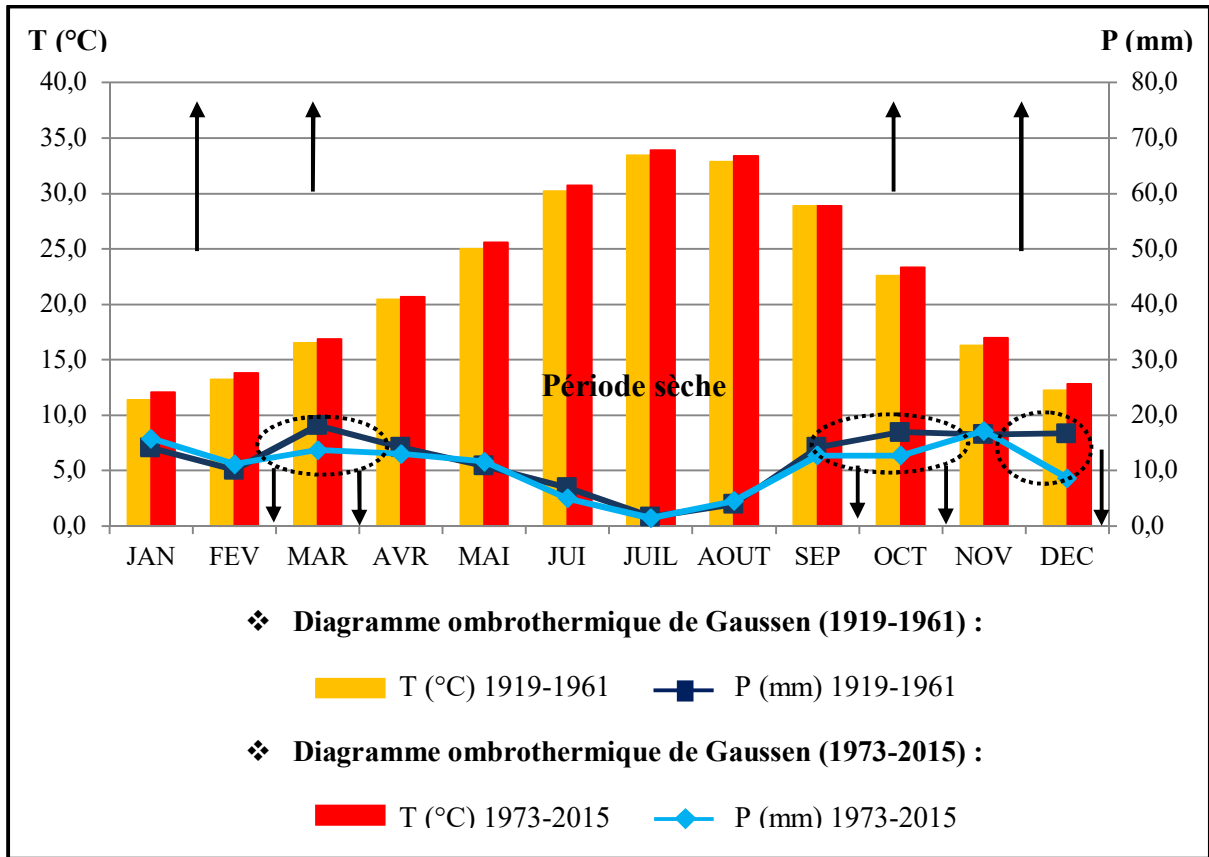


Figure n° 3-29 : Diagramme ombrothermique de Gaussen des deux périodes

D'après la **figure n° 3-29**, la période sèche de la région d'étude s'étale sur toute l'année. La comparaison entre les deux diagrammes ombrothermique des deux périodes (1919-1961 et 1973-2015), nous a permis de constater d'une manière générale une accentuation de la sécheresse pendant la deuxième période (1973-2015).

Un allongement de la période sèche entre les deux périodes (les flèches sur la figure), est dû à une augmentation de la température moyenne pour l'ensemble du mois d'une part, et une diminution de la précipitation qui devienne plus déficitaire surtout en mois de décembre, octobre et mars d'autre part.

#### 4-2- Quotient pluviothermique d'Emberger :

L'indice d'Emberger définit le degré d'humidité du climat. Il prend en compte les précipitations annuelles P, la moyenne des maxima de température du mois le plus chaud (M) et la moyenne des minima de température du mois le plus froid (m).

Selon la formule établie par Stewart (1969), le quotient pluviométrique de la région méditerranéenne est exprimé par la formule suivante :

$$Q = 3,43 \times \frac{P}{M - m}$$

Q : quotient pluviométrique.

P : pluviométrie annuelle (mm).

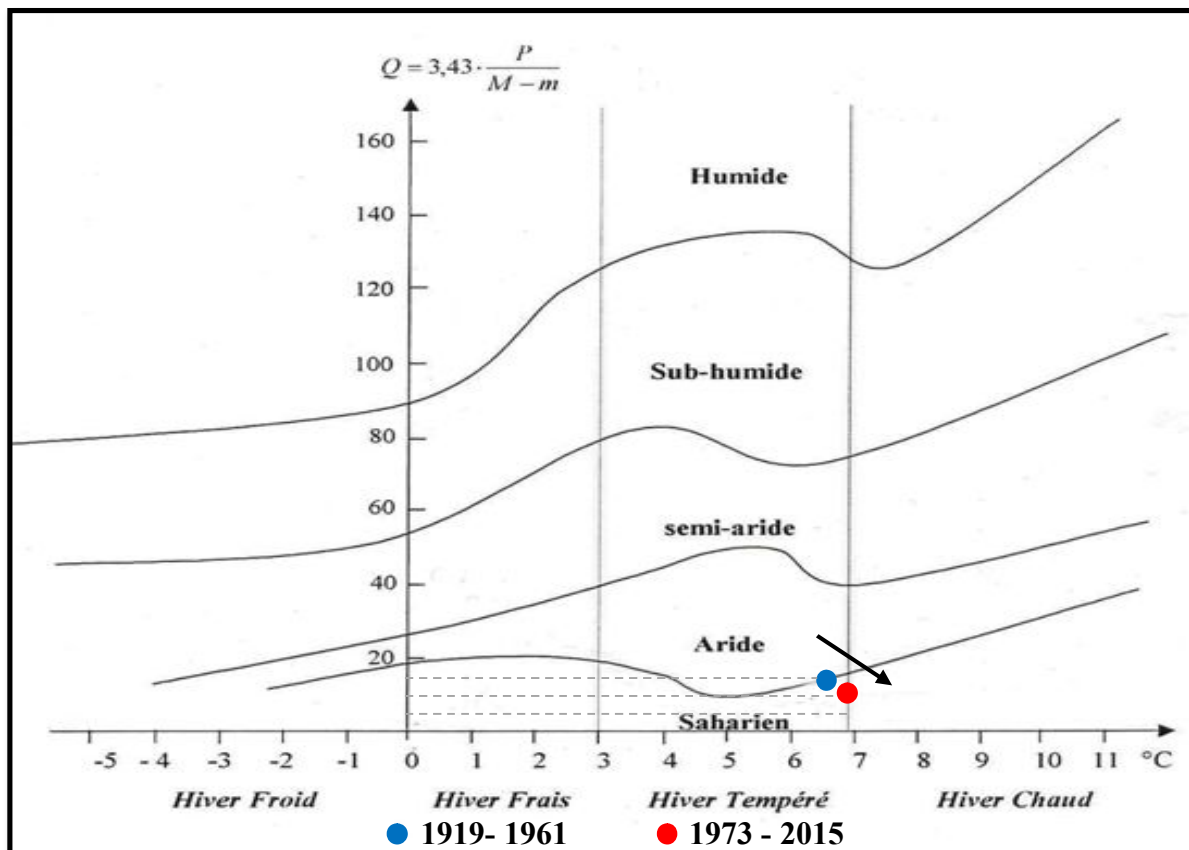
M : moyenne maximale du mois le plus chaud (°C).

m : moyenne minimale du mois le plus froid (°C).

Afin de déterminer l'étage bioclimatique de la région de Biskra, nous avons calculé le quotient pluviométrique d'Emberger (Q) avec des données climatiques calculées durant les deux périodes (**tableau n° 3-12**).

**Tableau n° 3-12** : Quotient pluviométrique de la région de Biskra

Période	Q	P	M	m
19-61	14,73	144,3	40,2	6,6
73-15	12,99	127,2	40,5	6,9



**Figure n° 3-30** : Climagramme d'Emberger de Biskra pour les deux périodes

L'observation du climagramme d'Emberger (**figure n° 3-30**) nous permet de situer la région de Biskra, dans l'étage bioclimatique **saharien à hiver tempéré** (les deux périodes).

On remarque qu'il y a une migration de la localisation de Biskra dans l'étage bioclimatique entre les deux périodes :

- Première période (1919-1961) : la région de Biskra est située dans la bordure supérieure de l'étage saharien (limite avec l'étage aride) à hiver tempéré.
- Deuxième période (1973-2015) : la région de Biskra est située dans l'étage saharien moyen à hiver tempéré vers une variante à hiver chaud.

#### 4-3- Indice d'aridité de De Martonne :

##### 4-3-1- Indice d'aridité annuel :

En 1926, Emmanuel De Martonne élabore un système de classification des climats en utilisant une méthode statistique. Il utilise un indice regroupant des données hydrométriques et thermiques. Cette méthode statistique est caractérisée par la formule suivante :

$$\text{IDM} = \frac{\text{P}}{\text{T} + 10}$$

IDM : Indice d'aridité annuel de De Martonne.

P : Pluviosité moyenne annuelle.

T : Température moyenne annuelle.

L'Indice d'Aridité de De Martonne a été classé à :

- $10 < \text{IDM} < 20$  : climat semi-aride.
- $7,5 < \text{IDM} < 10$  : climat steppique.
- $05 < \text{IDM} < 7,5$  : climat désertique.
- $\text{IDM} < 5$  : climat hyperaride.

L'application de cette formule, donne les résultats récapitulés dans le **tableau n° 3-13**.

**Tableau n° 3-13** : Indice annuel de De Martonne de la région de Biskra

Période	P	T	IDM
19-61	144,3	21,9	4,52
73-15	127,2	22,4	3,93

Selon les valeurs obtenues, nous pouvons affirmer que le climat de Biskra est de type **hyperaride** pour les deux périodes : IDM = 4,52 pour l'ancienne période, IDM = 3,93 pour la période actuelle.

La comparaison entre l' IDM des deux périodes, montre une augmentation d'aridité traduit par la diminution de l'indice d'aridité annuel. La **figure n° 3-31**, montre que la région de Biskra est déplacée de la bordure supérieure de climat hyperaride (limite avec le climat désertique) à écoulement endoréique vers la bordure moyenne de climat hyperaride à écoulement aréiques.

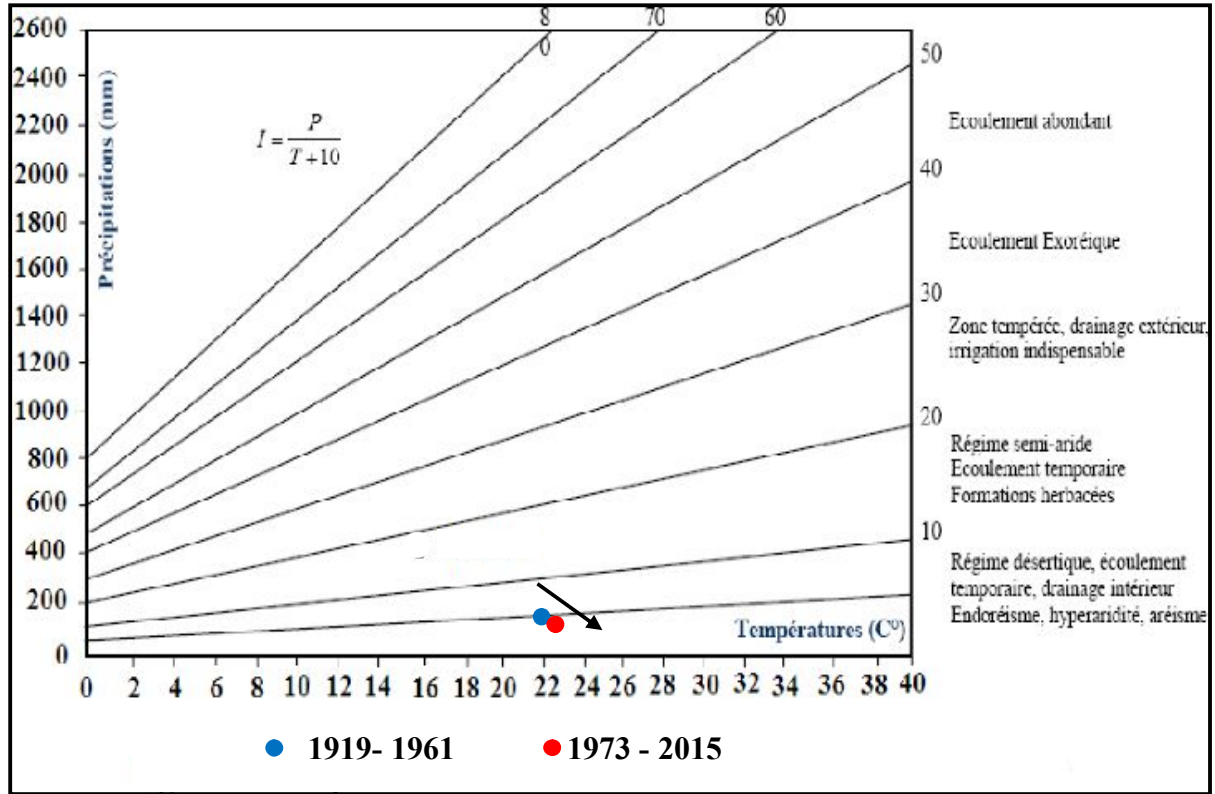


Figure n° 3-31 : Abaque de l'Indice d'aridité annuel De Martonne de Biskra pour les deux périodes

#### 4-3-2- Indice d'aridité mensuel :

Pour un mois donné caractérisé par une précipitation et une température moyennes P et T, l'indice d'aridité est donné dans la formule ci-dessous. La pluviométrie est multipliée par 12 de façon à obtenir une valeur de l'indice comparable à celle de l'indice annuel.

$$\text{IDMm} = 12 \times \frac{P}{T + 10}$$

IDMm : Indice d'aridité mensuel de De Martonne.

P : précipitations mensuelles moyennes (mm).

T : températures mensuelles moyennes(C°).

Tableau n° 3-14 : Indice mensuel de De Martonne de la région de Biskra

IDMm	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	aout	sep	oct	nov	déc
1919-1961	7,94	5,22	8,21	5,61	3,73	2,06	0,46	1,09	4,39	6,24	7,55	9,02
1973-2015	8,58	5,62	6,11	5,08	3,91	1,47	0,39	1,24	3,91	4,58	7,64	4,54

Les résultats obtenus sont reportés dans le **tableau n° 3-14**, montrent des variations de l'indice mensuel de Biskra pour les deux périodes. L'indice d'aridité oscille entre 0,46 et 9,02 pour la période (1919-1961), par contre à la période (1973-2015), il s'étale entre 0,39 et 8,58. Ce qui laisse supposer une variation mensuelle du type de climat.

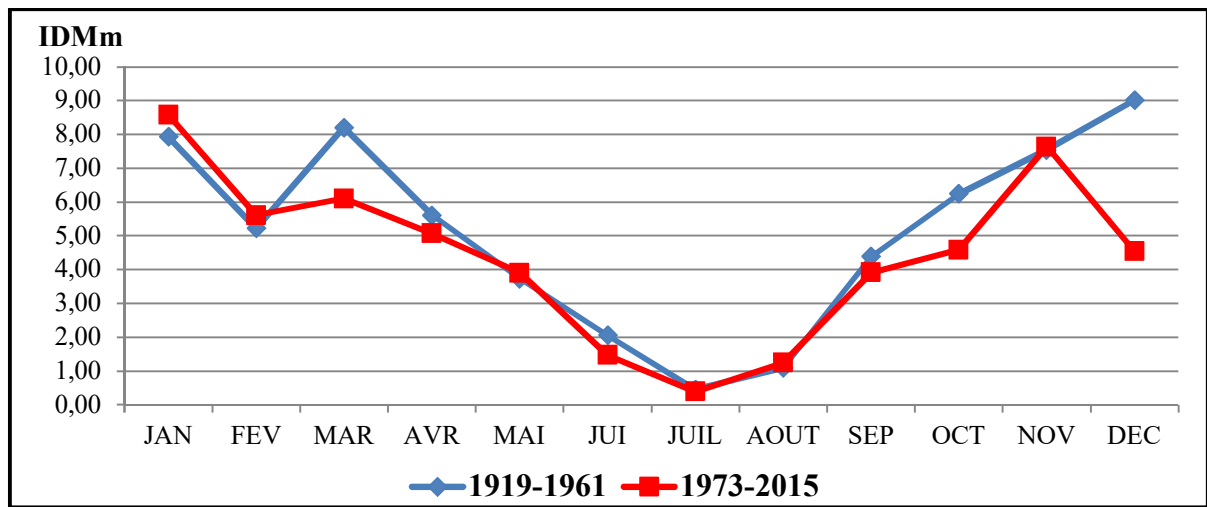


Figure n° 3-32 : Variations mensuelles de l' IDM de Biskra des deux périodes

La **figure n° 3-32**, montre les variations mensuelles d'indice d'aridité de Biskra pour les deux périodes :

- 1919-1961, le climat est hyperaride au cours des mois de mai, juin, juillet, août et septembre, alors qu'il est désertique pour le reste des mois de l'année.
- 1973-2015, le climat est hyperaride au cours des mois de mai, juin, juillet, août, septembre, octobre et décembre, alors qu'il est désertique pour le reste des mois de l'année.

Une hyperaridité de la période actuelle est remarquée pour l'ensemble des mois, elle est plus intense surtout pour les mois de décembre, mars et octobre. Ceci confirme le glissement de la région vers un hiver chaud et une augmentation de la sécheresse.

### 5- Projections climatiques à l'horizon 2060 (43 ans prochains) :

Il est impossible de prédire le climat naturel du futur, mais plusieurs écoles, grâce à la modélisation climatique, recherchent les conséquences sur le climat des décennies prochaines, suite à l'action d'agents de forçage extérieur, comme le dédoublement du CO<sub>2</sub> (vers 2050) ou la modification de l'albédo du sol (Matari et al., 2007).

Les projections climatiques ont été effectuées à l'aide du logiciel MAGICC/SCENGEN version 5.3.v2, May 2008. Téléchargé à partir du site web :

<http://www.cgd.ucar.edu/cas/wigley/magicc/>. Ce logiciel est une combinaison d'un modèle climatique (MAGICC : Model for Assessment of Greenhouse-gas Induced Climate change) et d'une base de données de scénarios climatiques (SCENGEN : SCENario GENERator), ensemble, ils forment un générateur de scénarios climatiques. Qui peuvent être créés pour n'importe quelle période située entre 1990 et 2100, et pour n'importe quelle combinaison d'émissions de GES (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC, PFC, SF<sub>6</sub>) et de CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, etc.

A partir de ces données, il modélise graphiquement la concentration de gaz à effet de serre, le forçage radiatif, la température et le niveau de la mer. MAGICC est l'un des premiers modèles utilisés par GIEC depuis 1990 pour produire des projections des températures moyennes globale et du niveau de la mer (Wigley, 2008).

Le GIEC a choisi quelques scénarios souvent représentés sur des graphiques et considérés comme "typiques". Qui sont en fait :

- A1T: le scénario A1T- MESSAGE (Model for Energy Supply Strategy Alternatives and their General Environmental Impact).
- A2: le scénario A2-ASF (Atmospheric Stabilization Framework Model).
- B1: le scénario B1-IMAGE (Integrated Model to Assess the Greenhouse Effect).
- B2: le scénario B2-MESSAGE (Model for Energy Supply Strategy Alternatives and their General Environmental Impact).

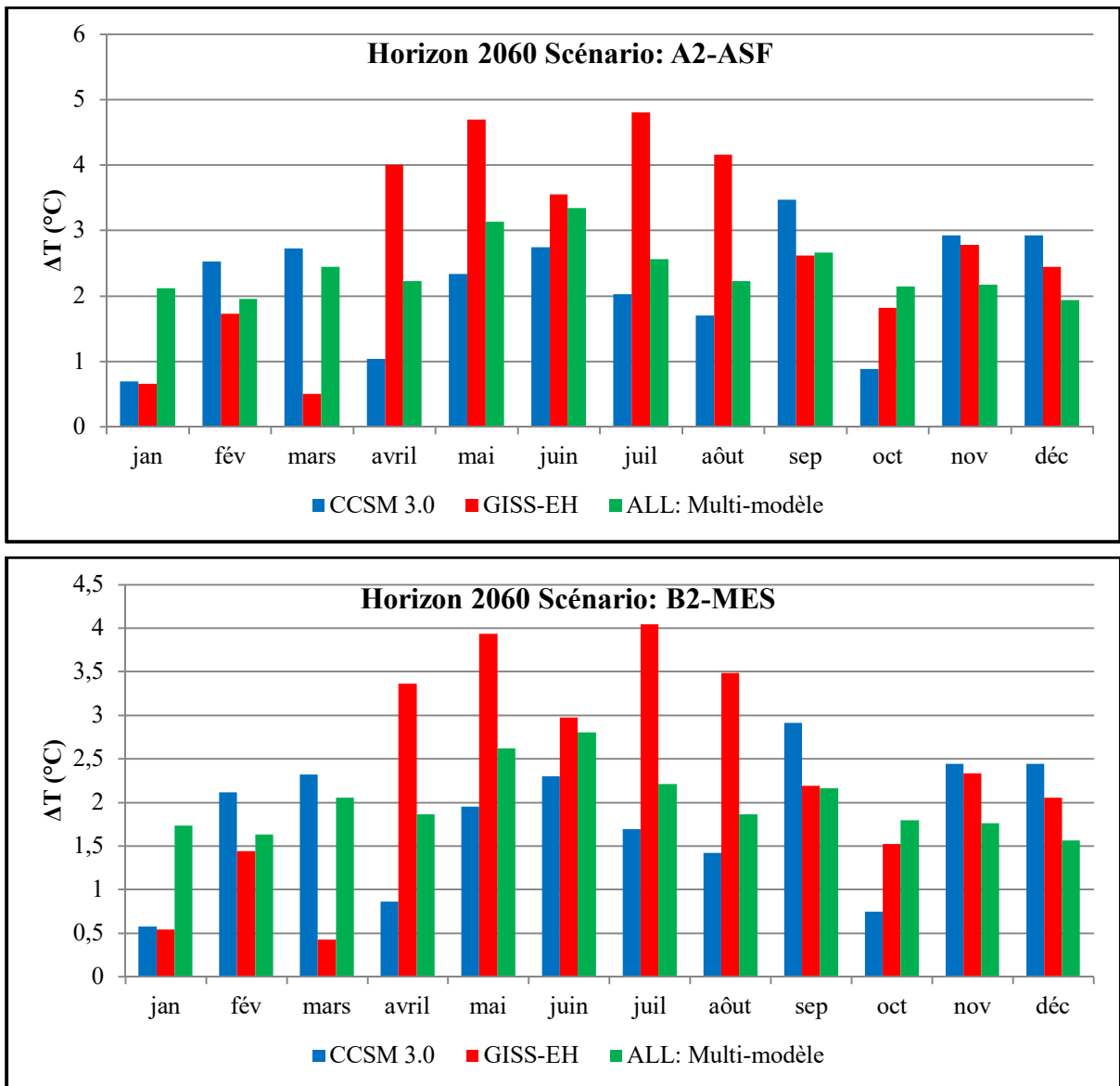
Cette étude a pour objectif d'évaluer les impacts du changement climatique sur les températures et les précipitations à l'horizon 2060 dans la région de Biskra. On a choisi deux scénarios : A2-ASF et B2-MES, appartiennent respectivement aux familles A2 et B2. Il est à noter que A2 met l'accent sur un développement économique axé sur le schéma actuel et B2 sur un développement soucieux de l'environnement et du développement durable. Nous avons aussi choisi trois modèles climatiques globaux : CCSM 3.0 (Community Climate System

Model), GISS-EH (Goddard Institute for Space Studies) et Multi- modèle (ALL : ensemble des 20 modèles existents). Notons bien que ces projections ont été effectuées à partir de l'année référence 1990.

**5-1- Projections des températures à l'horizon 2060 :**

Une augmentation de la température moyenne du globe terrestre à l'horizon 2060 pour les deux scénarios A2-ASF et B2-MES, cette augmentation est plus marquée dans le scénario A2-ASF (plus optimiste) avec 1,91°C, tandis qu'elle augmentera avec 1,6°C dans le scénario B2-MES.

**5-1-1- Evolution des températures mensuelles à l'horizon 2060 :**



**Figure n° 3-33 :** Variations des températures ( $\Delta T$ ) moyennes mensuelles de Biskra à l'horizon 2060 pour les deux scénarios d'émission

La **figure n° 3-33**, présente les variations des températures moyennes mensuelles à l'horizon 2060 pour les deux scénarios d'émission (A2-ASF et B2-MES). Selon les simulations des deux scénarios, la zone d'étude va connaître une augmentation des températures à l'échelle mensuelle.

Selon le scénario A2-ASF : une augmentation de la température moyenne annuelle ( $\Delta T$  annuelle) de Biskra à l'horizon 2060, elle est de 2,17°C pour le modèle CCSM 3.0, de 2,80°C pour le modèle GISS-EH et enfin de 2,38°C pour le multi-modèle (ALL : ensemble des 20 modèles). L'augmentation des températures mensuelles varie selon les modèles :

- Modèle CCSM 3.0 : montre une augmentation des températures moyennes pour l'ensemble des mois. Elle est plus faible en mois de janvier et octobre et avec 0,69°C, 0,88°C respectivement. Elle est variée de 1,03°C à 2,92°C pour les autres mois. La température la plus élevée est enregistrée pendant le mois de septembre avec 3,47°C.
- Modèle GISS-EH : indique une augmentation des températures moyennes pour l'ensemble des mois. Elle est plus faible en mois de mars et janvier avec 0,50°C et 0,65°C respectivement. Une augmentation importante pour les autres mois, elle est variée entre 1,72°C et 3,55°C. Les mois de juillet, mai, août et avril enregistrées une augmentation plus de 4°C.
- Multi-modèle (ALL) : une augmentation des températures moyennes est marquée pour l'ensemble des mois. Elle est plus faible en mois de décembre et février avec 1,93°C et 1,95°C respectivement. Une augmentation importante pour les autres mois, elle est variée de 2,11°C en janvier à 3,34°C en juin.

Selon le scénario B2-MES : une augmentation de la température moyenne annuelle ( $\Delta T$  annuelle) de Biskra à l'horizon 2060, elle est de 1,82°C pour le modèle CCSM 3.0, de 2,35°C pour le modèle GISS-EH et enfin de 2°C pour le multi-modèle (ALL : ensemble des 20 modèles). L'augmentation des températures mensuelles varie selon les modèles :

- Modèle CCSM 3.0 : montre une augmentation des températures moyennes pour l'ensemble des mois. Elle est plus faible en mois de janvier, octobre et avril avec 0,57°C, 0,74°C et 0,86°C respectivement. Pour les autres mois, elle est variée de 1,42°C en août à 2,44°C en novembre et décembre. La température la plus élevée est enregistrée pendant le mois de septembre avec 2,91°C.
- Modèle GISS-EH : indique une augmentation des températures moyennes pour l'ensemble des mois. Elle est plus faible en mois de mars et janvier avec 0,42°C et

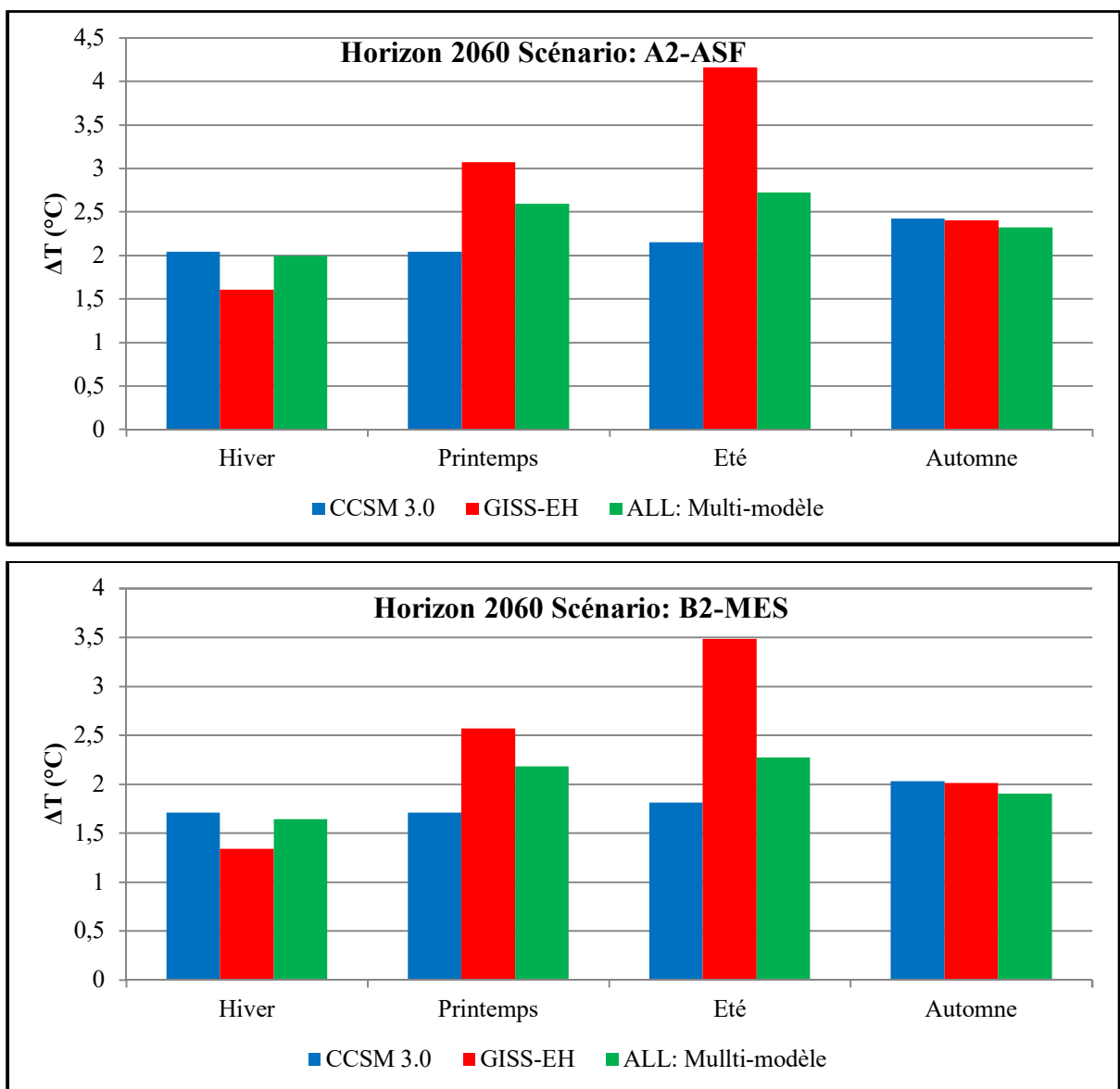


0,54°C respectivement. Une augmentation importante pour les autres mois, elle est variée de 1,44°C à 3,93°C. La plus élevée est enregistrée en mois de juillet avec 4,03°C.

- Multi-modèle (ALL) : une augmentation des températures moyennes est marquée pour l'ensemble des mois. Elle est plus faible en mois de décembre avec 1,56°C. Une augmentation importante pour les autres mois, elle est variée de 1,63°C à 2,80°C.

### 5-1-2- Evolution des températures saisonnières à l'horizon 2060 :

La **figure n° 3-34**, présente les variations des températures moyennes saisonnières de Biskra à l'horizon 2060 pour les deux scénarios d'émission (A2-ASF et B2-MES).



**Figure n° 3-34** : Variations des températures ( $\Delta T$ ) moyennes saisonnières de Biskra à l'horizon 2060 pour les deux scénarios d'émission

Les projections des températures moyennes saisonnières de Biskra concernant le scénario A2-ASF indiquent que :

- Pour l'hiver : le modèle climatique global CCSM 3.0 montre une augmentation de 2,04°C pour la région d'étude, le modèle GISS-EH indique une augmentation de 1,6°C et enfin le multi-modèle (ALL : les 20 modèles ensembles) quant à lui, une augmentation de 1,99°C.
- Pour le printemps : une augmentation des températures moyennes saisonnières pour l'ensemble des modèles : CCSM 3.0, GISS-EH et multi-modèle, avec 2,04°C, 3,07°C et 2,59°C respectivement.
- Pour l'été : il y a une augmentation des températures de 2,15°C pour le modèle CCSM 3.0, de 4,16°C pour le modèle GISS-EH qui se montre un changement important et enfin de 2,72°C pour le multi-modèle (ALL).
- Pour l'automne : concernant le modèle CCSM 3.0 montre une augmentation de 2,42°C, concernant le modèle GISS-EH, il y'a une augmentation de 2,4°C, enfin le multi-modèle (ALL) indique une augmentation de 2,32°C.

Les projections des températures moyennes saisonnières de Biskra concernant le scénario B2-MES indiquent que :

- Pour l'hiver : le modèle climatique global CCSM 3.0 montre une augmentation de 1,71°C pour la région d'étude, le modèle GISS-EH indique une augmentation de 1,34°C et enfin le multi-modèle (ALL : les 20 modèles ensembles) quant à lui, une augmentation de 1,64°C.
- Pour le printemps : une augmentation des températures moyennes saisonnières pour l'ensemble des modèles : CCSM 3.0, GISS-EH et multi-modèle, avec 1,71°C, 2,57°C et 2,18°C respectivement.
- Pour l'été : il y a une augmentation des températures de 1,81°C pour le modèle CCSM 3.0, de 3,48°C pour le modèle GISS-EH qui se montre un changement important et enfin de 2,27°C pour le multi-modèle (ALL).
- Pour l'automne : concernant le modèle CCSM 3.0 montre une augmentation de 2,03°C, concernant le modèle GISS-EH, il y'a une augmentation de 2,01°C, enfin le multi-modèle (ALL) indique une augmentation de 1,9°C.

## 5-2- Projections des précipitations à l'horizon 2060 :

A l'échelle annuelle, tous les modèles climatiques s'accordent sur une forte diminution des précipitations dans la région de Biskra à l'horizon 2060. Sous le scénario A2-ASF, les précipitations vont diminuer : de -18,9% pour le modèle CCSM 3.0, de -0,2% pour le modèle GISS-EH et de -17,8% pour le multi-modèle (ALL). Sous le scénario B2-MES, les précipitations vont diminuer : de -15,8% pour le modèle CCSM 3.0, de -0,2% pour le modèle GISS-EH et de -14,9% pour le multi-modèle (ALL). Dans l'ensemble et à l'échelle annuelle, le scénario B2 est plus pluvieux que le scénario A2.

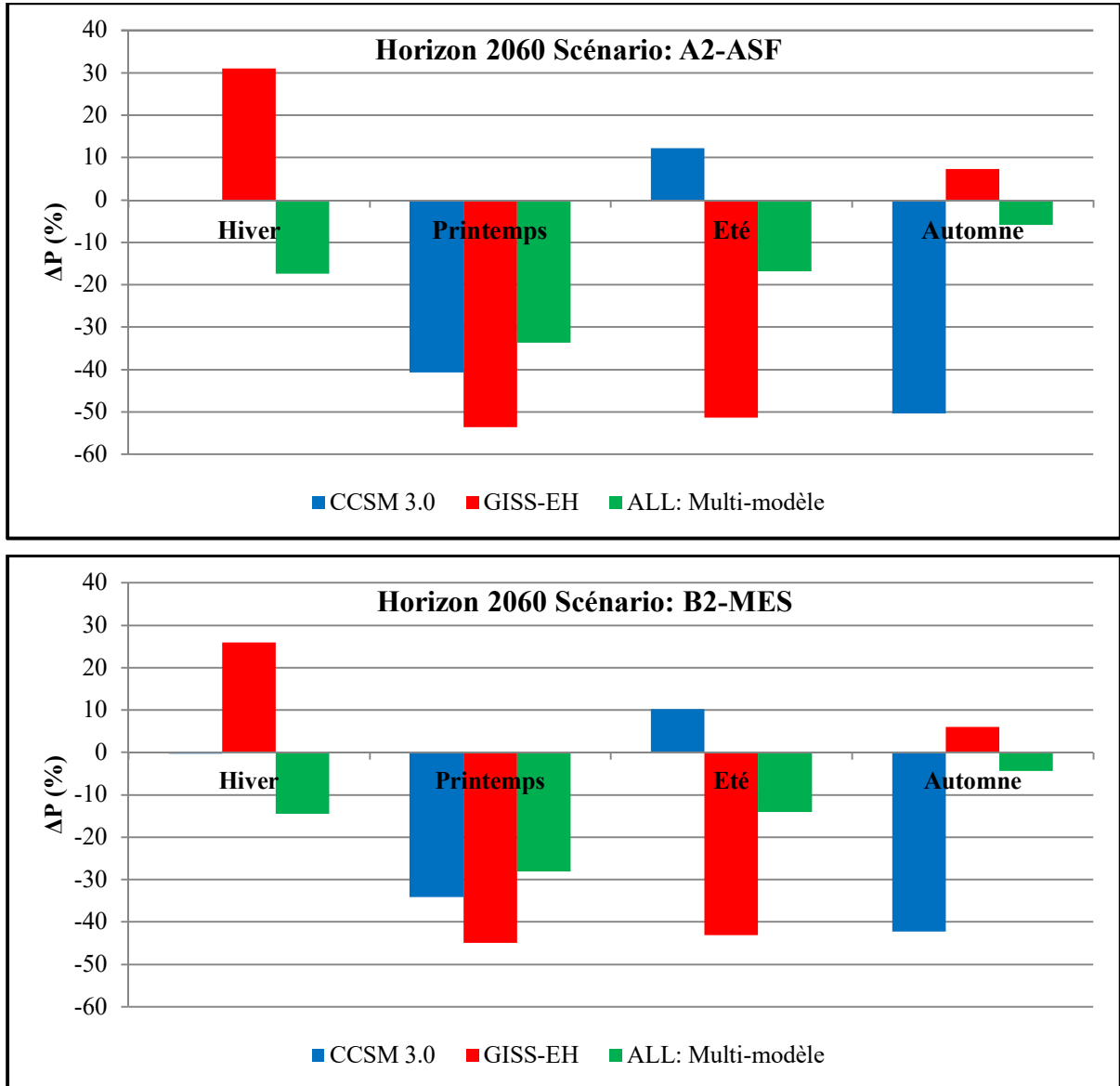
A l'échelle saisonnière (**figure n° 3-35**), le scénario A2-ASF indique que :

- Pour l'hiver : le modèle CCSM 3.0 montre une diminution de la précipitation avec -0,3%, par contre le modèle GISS-EH indique une augmentation de 39,9% et enfin le multi-modèle (ALL) indique une baisse des précipitations de -17,4%.
- Pour le printemps : une forte diminution des précipitations saisonnières pour l'ensemble des modèles : CCSM 3.0, GISS-EH et multi-modèle, avec -40,8%, -53,7% et -33,9% respectivement.
- Pour l'été : il y a une augmentation des précipitations de 12% pour le modèle CCSM 3.0, une baisse des précipitations de -51,4% pour le modèle GISS-EH et enfin une diminution avec -16,9% pour le multi-modèle (ALL).
- Pour l'automne : concernant le modèle CCSM 3.0 montre une forte diminution de -50,4%, en revanche pour le modèle GISS-EH, il y a une augmentation de 7,2%, enfin le multi-modèle (ALL) indique un abaissement des précipitations de -5,4%.

Les précipitations saisonnières d'après le scénario B2-MES indiquent que :

- Pour l'hiver : le modèle CCSM 3.0 montre une diminution de la précipitation avec -0,3%, par contre le modèle GISS-EH indique une augmentation de 25,9% et enfin le multi-modèle (ALL) indique une baisse des précipitations de -14,6%.
- Pour le printemps : une forte diminution des précipitations saisonnières pour l'ensemble des modèles : CCSM 3.0, GISS-EH et multi-modèle, avec -34,2%, -45% et -28,2% respectivement.
- Pour l'été : il y a une augmentation des précipitations de 10,2% pour le modèle CCSM 3.0, une baisse des précipitations de -43,1% pour le modèle GISS-EH et enfin une diminution avec -14,1% pour le multi-modèle (ALL).

- Pour l'automne : concernant le modèle CCSM 3.0 montre une forte diminution de -42,3%, en revanche pour le modèle GISS-EH, il y a une augmentation de 6%, enfin le multi-modèle (ALL) indique un abaissement des précipitations de -4,5%.



**Figure n° 3-35 :** Variations des précipitations ( $\Delta P$ ) moyennes saisonnières de Biskra à l'horizon 2060 pour les deux scénarios d'émission

L'analyse des impacts potentiels des changements climatiques sur les températures et les précipitations révèle que toutes les projections climatiques à l'horizon 2060 (**figures n° 3-36** et **n° 3-37**), indiquent une augmentation de la température dans la région de Biskra et une diminution des précipitations.

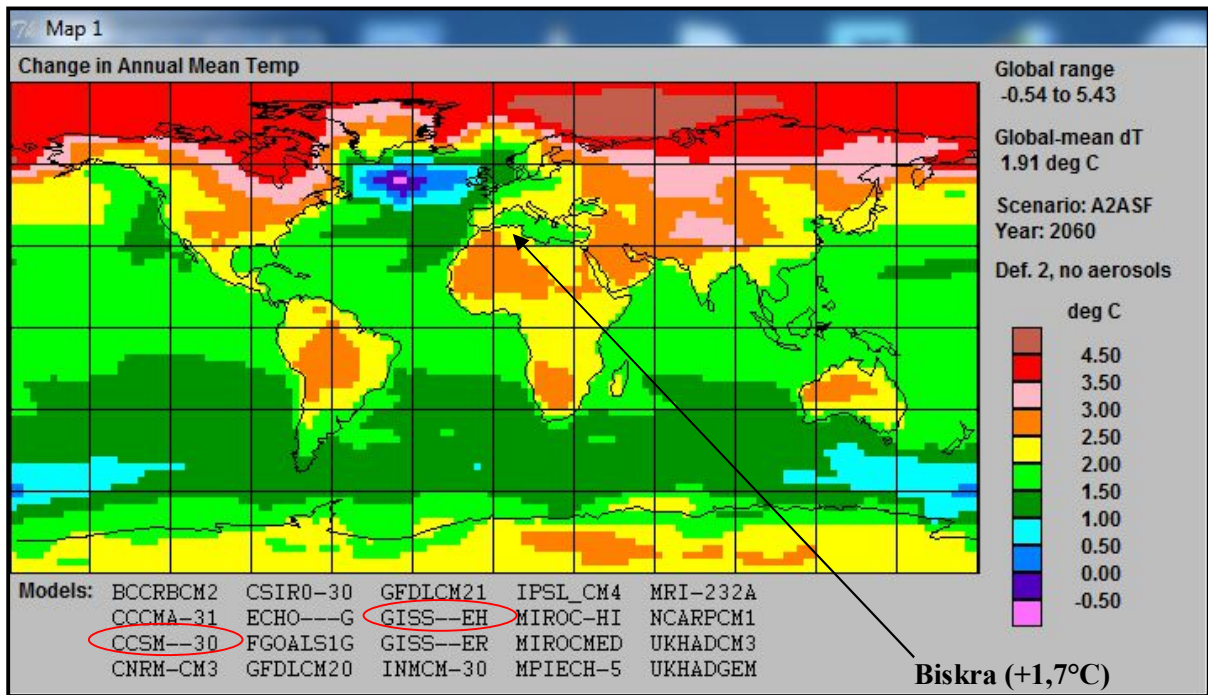


Figure n° 3-36 : Projection des températures à l'horizon 2060 de la région de Biskra  
2017 : année de référence « Réalisée avec MAGICC/SCENGEN »

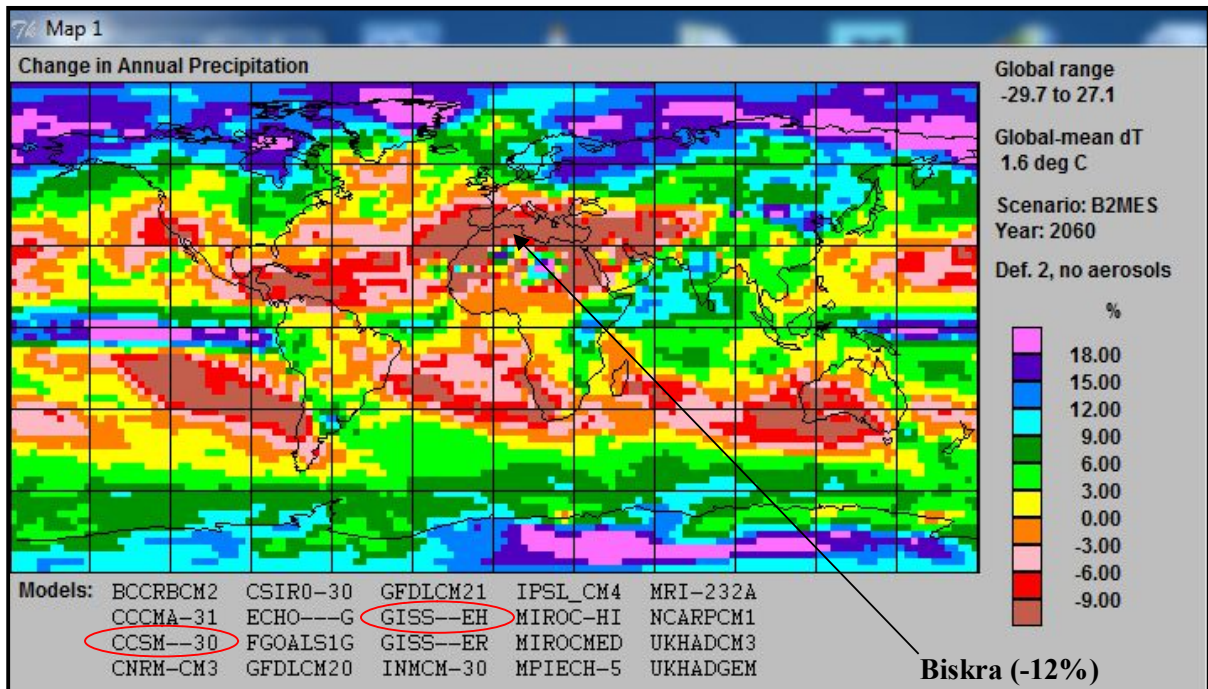


Figure n° 3-37 : Projection des précipitations à l'horizon 2060 de la région de Biskra  
2017 : année de référence « Réalisée avec MAGICC/SCENGEN »

**Conclusion :**

Au cours de ce chapitre, l'étude de la variabilité climatique de la région de Biskra pour plusieurs facteurs et différentes échelles caractérise par :

**Pour l'évolution des facteurs climatique :**

- **l'évolution mensuelle :** la comparaison entre la période de Seltzer (1913-1938) et la période actuelle (1990-2015) montre une variabilité climatique à travers les différents facteurs climatiques : Une augmentation de la température pour l'ensemble des mois, l'écart de la moyenne annuelle entre les deux périodes est de 0,84°C. Une diminution de la précipitation pour la majorité des mois, la différence de la moyenne annuelle entre les deux périodes est de 13%. Une diminution de l'humidité relative pour la majorité des mois, la période actuelle est moins humide de 1%. Une accentuation de l'évaporation pour l'ensemble des mois, l'écart des moyennes journalières annuelles de l'évaporation entre les deux périodes est de 0,9 mm. Une diminution de nombre moyen de jours pour la grêle et une augmentation importante de ce nombre pour les orages et le sirocco durant la période actuelle (1990-2012) par rapport à la période de Seltzer.
- **l'évolution annuelle :** durant la période (1990-2015), on remarque un changement climatique sur 25 ans se traduit par une variabilité interannuelle des éléments du climat : Une accélération des températures annuelles est remarquable, l'amplitude thermique interannuelle est de 1,9°C. Une répartition irrégulière des précipitations annuelles, elle est plus déficitaire pour ces dernières années. Une augmentation de l'humidité relative. Un abaissement de l'évaporation, de vent et d'insolation annuelle au cours de ces dernières années.
- **l'évolution décennale :** durant la période (1967-2015), le changement des facteurs climatique est remarquable entre les 5 décennies, il est caractérisé par : Une accentuation de réchauffement par l'augmentation brutale de la température, l'amplitude thermique décennale est de 1,6°C. Une diminution des précipitations avec une répartition irrégulière. Un accroissement de l'humidité relative à partir de la seconde décennie. Enfin, la vitesse du vent est plus faible pour la dernière décennie.

**Pour le régime des températures et des précipitations :** durant les deux périodes (1919-1961) et (1973-2015), un changement important de régime de la température et de la précipitation est observée entre les deux périodes :

Concernant la température, la pour première période (1919-1961), la tendance des températures est presque nulle, une alternance entre le réchauffement et le refroidissement est caractérisée cette période. En revanche, la seconde période est caractérisée par une tendance hautement significative à la hausse qui s'exprime par une augmentation successive de réchauffement. La différence de la température moyenne entre les deux périodes est de 0,5°C.

Concernant la précipitation, une diminution de 11,8% est remarquée durant la seconde période par rapport à la première. Malgré que la tendance à l'assèchement n'est pas significative mais les précipitations de la période récente sont caractérisées par une irrégularité sur toute l'année où elles deviennent plus faible mais plus intense. L'analyse de la précipitation par ISP montre une accentuation de la sécheresse au cours de ces dernières années.

**Pour la synthèse climatique :** sur les deux périodes (1919-1961) et (1973-2015), l'aridité dans la région de Biskra est augmentée pendant les années actuelles. Le diagramme ombrothermique de Gaussen montre un allongement de la période sèche durant la période récente. Le climagramme d'Emberger indique une migration de la localisation de Biskra dans l'étage bioclimatique entre les deux périodes. Enfin l'indice de De Martonne, affirme cette augmentation d'aridité et le glissement de la localisation de Biskra vers un étage plus aride.

**Pour les projections climatiques à l'horizon 2060 :** les projections des variables climatiques (températures et précipitations) ont été examinées à l'horizon 2060 à l'aide du logiciel MAGICC/SCENGEN. L'ensemble des projections (l'année 2017 est comme référence) montrent une augmentation de la température (environ +1,7°C) et une diminution de la précipitation (environ -12%) dans région de Biskra où déjà ces variables climatiques sont sévères.

L'étude historique des données climatiques de la région de Biskra montre une augmentation des températures, une diminution des précipitations et même une variation des autres éléments comme une conséquence de l'interaction existe entre ces facteurs climatiques. Les causes de ces changements climatiques restent incertaines ; ils sont résultent soit d'une variabilité naturelle soit d'un changement anthropique. Ces changements climatiques de la région vont aggraver la situation actuelle dont le climat est déjà caractérisé par une hyperaridité avec des phénomènes extrêmes tels que : sécheresse, canicule et désertification.

L'analyse climatique de Biskra reste encore besoin des études approfondies surtout lorsqu'on compare entre deux époques avant et après 1962.

---

## **Chapitre 4**

# **EVALUATION DES EFFETS DE LA VARIABILITÉ CLIMATIQUE SUR LES CULTURES PRATIQUÉES ET LES RESSOURCES EN EAU DANS LA REGION DE BISKRA**

---

**1- Matériels et Méthodes**

**2- Évaluation de la corrélation entre les changements climatiques actuels et les paramètres agricoles**

**3- Évaluation de la corrélation entre les changements climatiques actuels et les paramètres hydriques**

**4- Évaluation de la perception des changements climatiques actuels par les agriculteurs de la wilaya de Biskra et d'identifier leurs effets**



## Chapitre 4

# EVALUATION DES EFFETS DE LA VARIABILITÉ CLIMATIQUE SUR LES CULTURES PRATIQUÉES ET LES RESSOURCES EN EAU DANS LA REGION DE BISKRA

### Introduction :

Selon **Reilly (1997)**, les impacts potentiels du changement de climat sur l'agriculture sont très incertains et les changements potentiels futurs du climat sont aussi plus incertains.

Le concept de changement climatique est maintenant bien compris et accepté dans une large mesure par les scientifiques, les organisations et le public informé. On s'accord à dire que les impacts potentiels des trois facteurs (un changement dans la composition atmosphérique, le changement du climat qui en déroule et le changement de l'usage des terres) sont énormes et pourraient bien être catastrophiques dans certains cas mais bénéfiques dans d'autres (**Tinker et al., 1997**).

L'agriculture est extrêmement sensible au changement climatique. Des températures plus élevées diminuent les rendements des cultures utiles tout en entraînant une prolifération des mauvaises herbes et des parasites. La modification des régimes de précipitations augmente la probabilité de mauvaises récoltes à court terme et d'une baisse de la production à long terme (**Gerald et al., 2009**).

Selon **FAO (2003)**, avec le changement climatique, les systèmes de production des régions marginales sont confrontés à une augmentation de la vulnérabilité climatique et des risques, en ce qui concerne l'eau à cause de facteurs dont la dégradation des ressources en sols via l'érosion des sols, une extraction excessive des eaux souterraines et la salinisation correspondante, ainsi que le surpâturage des terres arides.

Quatre sous-chapitres sont présentés dans ce chapitre. Le premier c'est matériels et méthodes qui présente les démarches d'analyse. Le deuxième concerne l'étude de la corrélation entre les changements climatiques actuels et les paramètres agricoles. Le troisième consiste à étudier la corrélation entre les changements climatiques actuels et les paramètres hydriques. Enfin, le quatrième qui est une évaluation du changement climatique et leur effet sur les cultures pratiquées et les ressources en eau chez les agriculteurs.

## 1- Matériels et Méthodes :

### 1-1- Outils de traitement et d'analyse :

- **XLSTAT 2009**, pour effectuer les analyses statistiques.
- **SPSS** (Statistical Package for Social Sciences) **version 20.0** a été utilisé pour le traitement des données d'enquête. C'est un logiciel spécialisé dans le traitement des données en vue d'analyses statistiques. Il lit les données, les traduit en format SPSS et exécute les opérations mathématiques et statistiques. Ce logiciel permet de présenter à la suite de l'analyse les résultats sous forme de tableaux et de graphiques.

### 1-2- Sources des données :

- **1990-2015, ONM**, Centre Climatologique National. Bulletins décadaires mensuelles existent au niveau de **CRSTRA** Biskra, pour les données climatiques.
- **1990-2015, SERIE B**, de Biskra. Sont fournies par **MADRP** (Ministère de l'Agriculture et de Développement Rural et de la Pêche) pour les données agricoles.
- Concernant les ressources en eau, les données sont fournies par **ANRH** et **ABHS** de Biskra.
- Questionnaire réalisé au niveau de 12 communes de la wilaya de Biskra sont : M'ziraa, Zeribet el Oued, El Feidh, Ain Naga, Sidi Okba, Chetma, M'chouneche, Tolga, Aourlal Leghrouss, Ouled Djellel et Doucen.

### 1-3- Méthodes d'évaluer les effets du changement climatique :

Dans cette étude, **Figure (4-1)**, l'évaluation des effets de la variabilité climatique est basée sur : l'étude de la corrélation entre les paramètres agricoles (superficie, production et rendement) d'une part et les données climatiques (précipitation et température) d'autre part sur une période de 25 ans (1990-2015). Ainsi d'évaluer la corrélation entre les paramètres hydriques (superficie irriguée, nombre de forages, prélèvements d'eau et rabattement des nappes) d'un coté et les données climatiques (précipitations) d'autre coté. Enfin, une enquête est réalisée au niveau des agriculteurs de la wilaya de Biskra porte sur les changements climatiques actuels et de leurs effets.

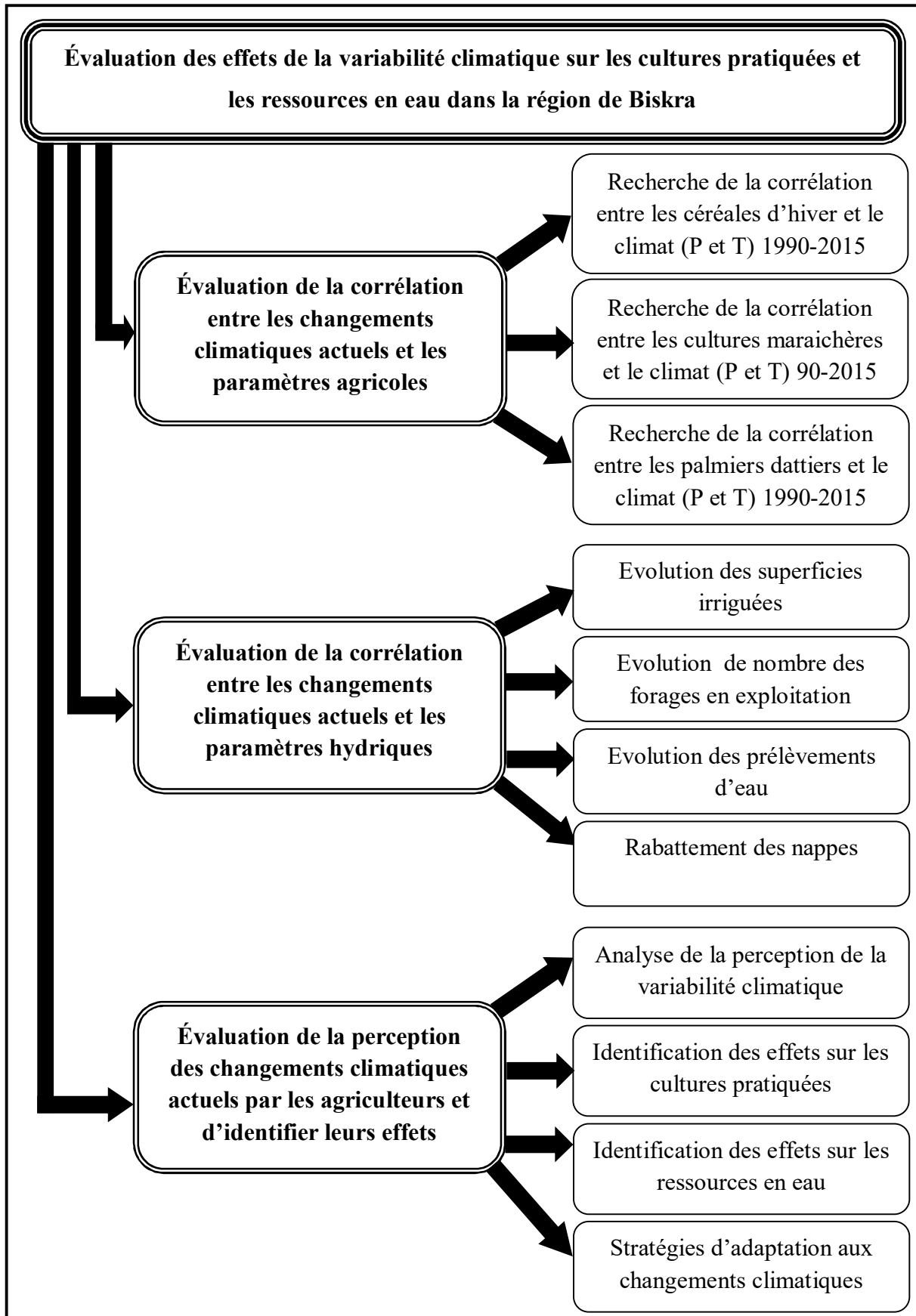


Figure n° 4-1 : Méthodologie pour l'analyse des effets des variabilités climatiques sur les cultures pratiquées et les ressources en eau dans la région de Biskra

## 2- Évaluation de la corrélation entre les changements climatiques actuels et les paramètres agricoles:

En Algérie quel que soit la zone cultivée, la pluviométrie est un facteur prédominant qui conditionne fortement les récoltes (**Feliachi, 2000**).

Les hautes températures sont aussi parmi les facteurs intervenant dans la limitation du rendement. En effet, si une hausse de température survient au stade remplissage du grain, elle peut faire chuter le rendement de 50 % par l'échaudage (**Chaker et Brinis, 2004**).

L'objectif est de rechercher la corrélation entre les paramètres agricoles (superficie, production et rendement) d'une part et les données climatiques (précipitation et température) d'autre part, de la région de Biskra sur une période de 25 ans (1990-2015).

Nous avons choisi trois types de cultures : les céréales d'hiver (blé dur, blé tendre et orge), les cultures maraichères (oignon, pomme de terre et carotte) et les palmiers dattiers.

### 2-1- Céréales d'hiver :

D'après les figures de multi-graphe ci-dessous (**figures n° 4-2 et n° 4-3**), nous pouvons dire que la production céréalière a connu des fluctuations au cours de cette période. Ces fluctuations sont présentes sur les superficies emblavées en hectare (Ha), sur la production en quintaux (Qx) et sur les rendements en quintaux par hectare (Qx/Ha). Cependant la région de Biskra a connu aussi des modifications sur les régimes des précipitations et des températures.

#### 2-1-1- Evolution du blé dur :

En général, durant les années 1990 à 1995, la culture de blé dur est caractérisée par une diminution de la superficie et une augmentation de la production et du rendement.

Les années 1995/1996 et 2008/2009 sont marquées par une augmentation de la précipitation à 206 mm et 200 mm et une diminution de la température à 21,9 °C et 22,1°C respectivement, ces modifications climatiques ont des impacts positifs sur le blé dur, cela traduit par une augmentation de la superficie à 13493 Ha et 14198 Ha et de la production à 297896 Qx et 349813 Qx respectivement malgré la diminution du rendement à 22,1 Qx/Ha et 24,6 Qx/Ha.

Le meilleur rendement a été enregistré en 1998-1999 avec 44,2 Qx/Ha pour une précipitation de 124 mm et une température de 22,9 °C. Malgré en 2003/2004 pour presque la

même superficie (5750 Ha) avec une meilleure précipitation (275 mm) et une faible température (22,4°C), le rendement a été 36 Qx/Ha. Par contre, l'année 2001/2002 est marquée par une baisse de la pluviométrie avec une moyenne de 55 mm, pour presque la même superficie (5850 Ha), le rendement a été 32,5 Qx/Ha.

A partir de l'année 2009/2010, les niveaux de la culture du blé dur situent autour d'une moyenne de 12000 Ha pour la superficie, de 350000 Qx pour la production et de 29,1 Qx/Ha pour le rendement.

### **2-1-2- Evolution du blé tendre:**

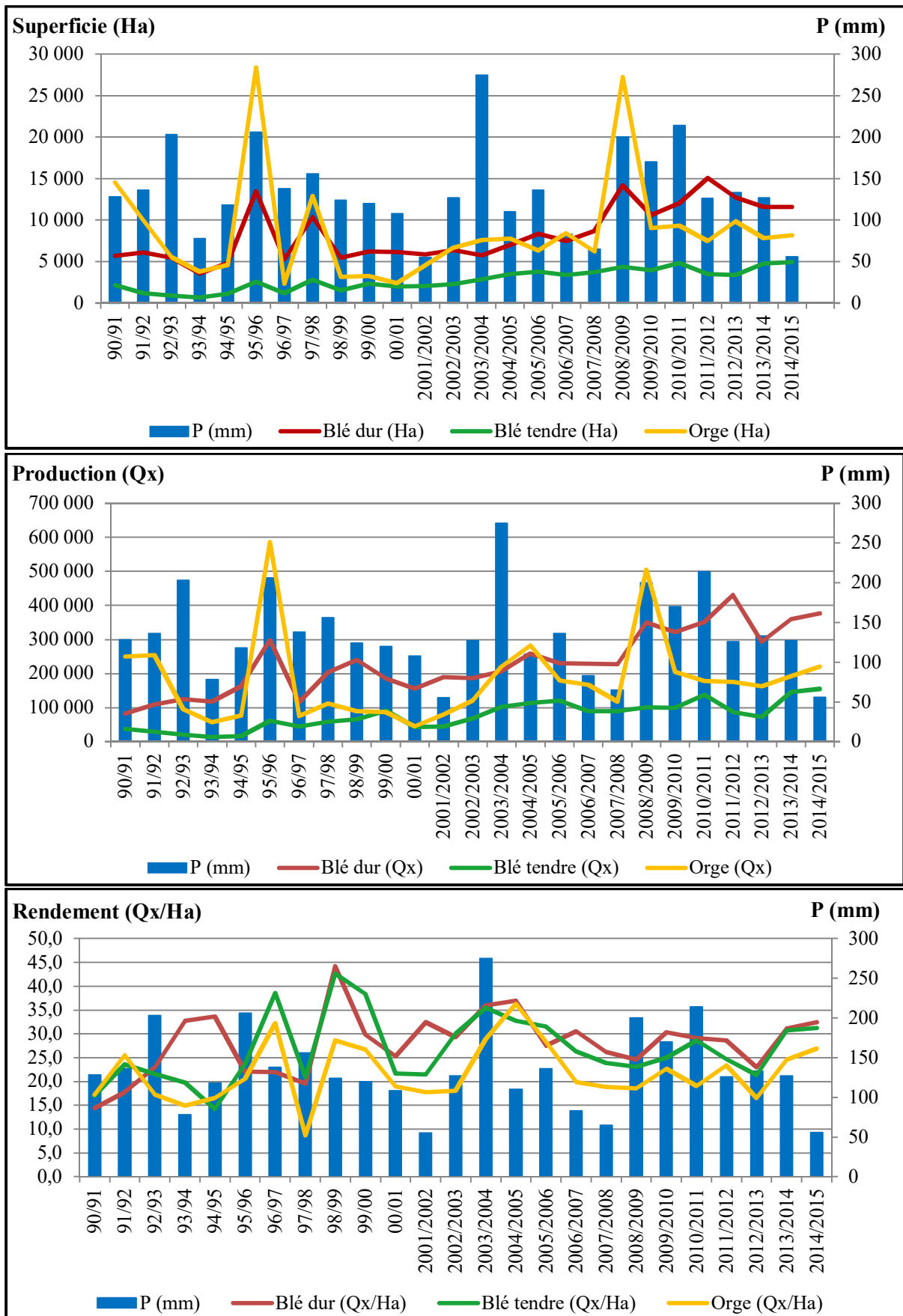
Au début des années quatre vingt dix jusqu'au 1994/1995, une diminution de la superficie et de la production caractérise cette période malgré les variations des précipitations et des températures.

On remarque que : L'année 2001-2002, est marquée par une superficie de 2048 Ha, une production de 44000 Qx et un rendement de 21,5 Qx/Ha, avec une précipitation de 55 mm et une température de 23 °C. L'année 2003/2004 est marquée par une superficie de 2876 Ha, une production de 102000 Qx et un rendement de 35,5 Qx/Ha, avec une précipitation de 275 mm et une température de 22,4°C. Cette variation climatique (augmentation de la précipitation et diminution de la température) a eu un impact positif sur la culture de blé tendre.

Le plus faible rendement est enregistré en 1994/1995 avec 14,2 Qx/Ha pour une précipitation de 118 mm et une température de 22,5 °C, tandis que le meilleur des rendements est atteint 42,6 Qx/Ha en 1998/1999 avec une précipitation de 124 mm et une température de 22,9°C

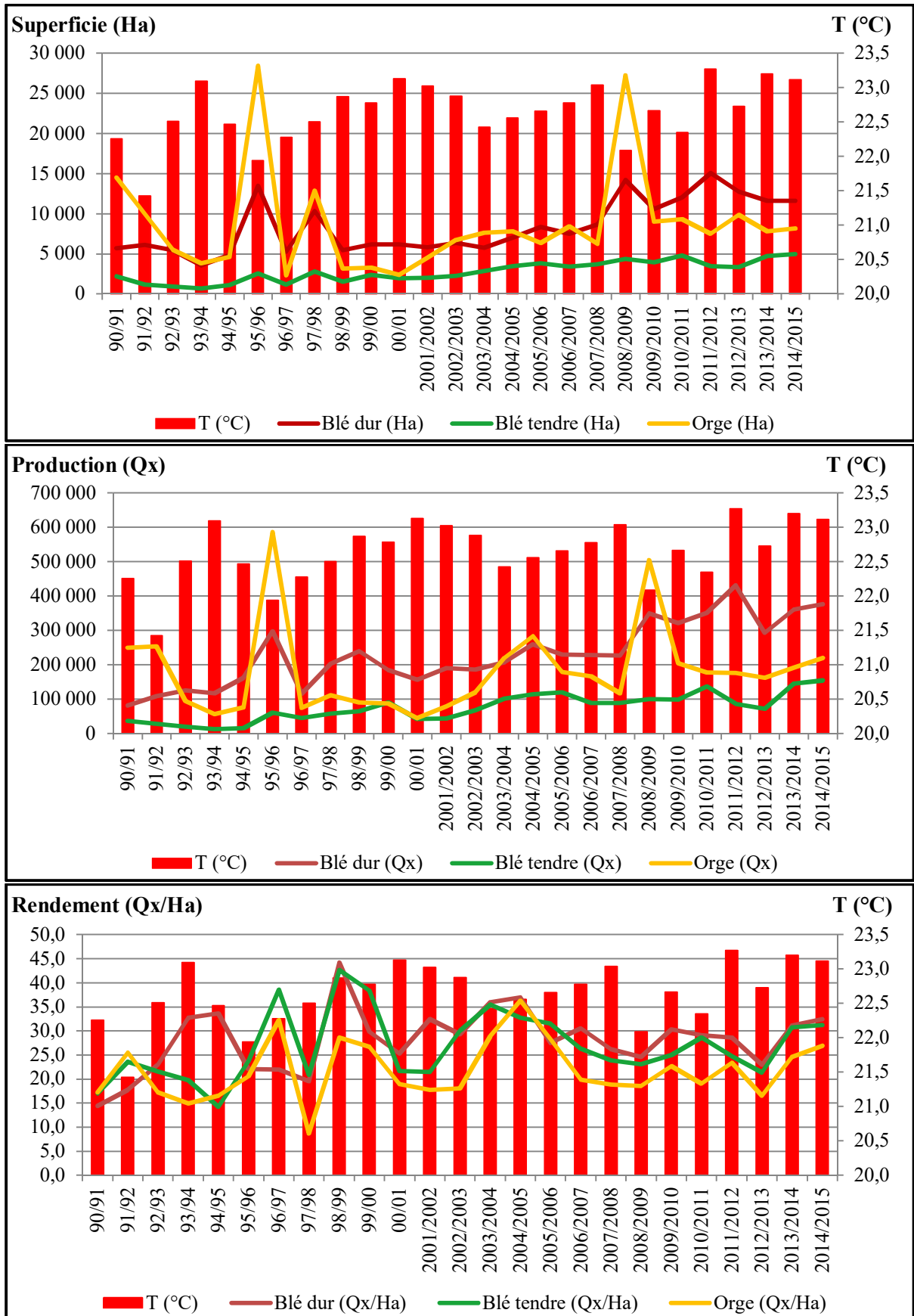
A partir de l'année 2004/2005, les niveaux de la culture du blé tendre situent autour d'une moyenne de 3900 Ha pour la superficie, de 105000 Qx pour la production et de 27 Qx/Ha pour le rendement.

**Chapitre 4 : Evaluation des effets de la variabilité climatique sur les cultures pratiquées  
et les ressources en eau dans la région de Biskra**



**Figure n° 4-2 : Evolution des céréales d'hiver et des précipitations de Biskra 1990-2015**

**Chapitre 4 : Evaluation des effets de la variabilité climatique sur les cultures pratiquées  
et les ressources en eau dans la région de Biskra**



**Figure n° 4-3 : Evolution des céréales d’hiver et des températures de Biskra 1990-2015**

### **2-1-3- Evolution d'orge :**

Durant les années 1990 à 1995, la culture d'orge est caractérisée par une diminution de la superficie, de la production et même du rendement.

Les années 1995/1996 et 2008/2009 sont deux années exceptionnelles pour la culture d'orge, ils sont marquées par une augmentation de la précipitation à 206 mm et 200 mm et une diminution de la température à 21,9°C et 22,1°C respectivement, ces modifications climatiques ont des impacts très positifs sur l'orge, cela traduit par une augmentation de la superficie à 28416 Ha et 27228 Ha et de la production à 585646 Qx et 505049 Qx respectivement, malgré la diminution du rendement à 20,6 Qx/Ha et 18,5 Qx/Ha.

Le plus faible rendement est enregistré en 1997/1998 avec 8,7 Qx/Ha pour une précipitation de 156 mm et une température de 22,5°C, alors que le meilleur des rendements est atteint 36,3 Qx/Ha en 2004/2005 avec une précipitation de 110 mm et une température de 22,6°C.

A partir de l'année 2009/2010, les niveaux de la culture d'orge situent autour d'une moyenne de 8600 Ha pour la superficie, de 189000 Qx pour la production et de 22 Qx/Ha pour le rendement.

### **2-1-4- Discussion des résultats :**

Nous avons observé une corrélation entre les paramètres agricoles (superficies et productions) d'un côté et les données climatiques (précipitations et températures) d'autre côté, pour les différentes spéculations céréalières. Cette corrélation est plus faible pour les blés et importante pour l'orge. Cependant la corrélation avec le rendement reste nulle ou très faible parfois, ceci peut s'expliquer par la pauvreté des sols de la région de Biskra et l'augmentation de la salinité. L'analyse des rendements montre que ces derniers sont aussi influencés par la superficie ; ils sont très faibles lorsque la superficie est importante.

Le blé dur et le blé tendre sont deux aliments très importants pour les familles algériennes comme graines et graines concassées (FRIK). Dans la région de Biskra, ces céréales sont irriguées dans les oasis en culture sous-étage, ou bien en céréaliculture intensive sous différents types d'irrigations (pivots, aspersion et surtout submersions).

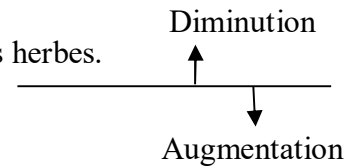
L'orge est la culture céréalière la plus rustique et la moins exigeante. Elle présente une germination rapide et un système racinaire plus important que celui des blés. Elle a une



tolérance à la sécheresse et à la salinité. L'orge est utilisée principalement dans l'alimentation animale en tant que fourrage, grain et paille. Toutes ces caractéristiques d'orge encouragent les agriculteurs de travailler les terres irriguées à partir des crues des oueds (EL WATN : terres de statut collectif -arch-), surtout lorsque la période septembre-octobre est pluvieuse, ce qui augmente les superficies et les productions.

Malgré une bonne pluviométrie avec une baisse de la température pour quelques années, la superficie et la production ont connu une baisse, (parfois le contraire). Cela prouve, qu'il ne suffit pas seulement d'avoir de bonnes pluviométrie et température pour avoir de bons résultats agricoles. Cependant plusieurs facteurs peuvent entrer en ligne de compte comme :

- Mauvaise répartition des conditions climatiques durant les stades critiques des céréales.
- Le mauvais choix des semences.
- Un manque des itinéraires techniques.
- L'envahissement des maladies, des ravageurs et des mauvaises herbes.
- La mécanisation et le développement du système d'irrigation.
- L'utilisation des engrais et les produits phytosanitaires.
- L'amélioration des infrastructures telles que les pistes et l'électrification agricoles.



## **2-2- Cultures maraichères :**

D'après les figures de multi-graphe ci-dessous (**figures n° 4-4 et n° 4-5**), nous remarquons que la production des cultures maraichères a connu des fluctuations au cours de cette période. Ces fluctuations sont présentes sur les superficies, sur la production et sur les rendements. Au même temps où Biskra a connu aussi des fluctuations sur les régimes des précipitations et des températures.

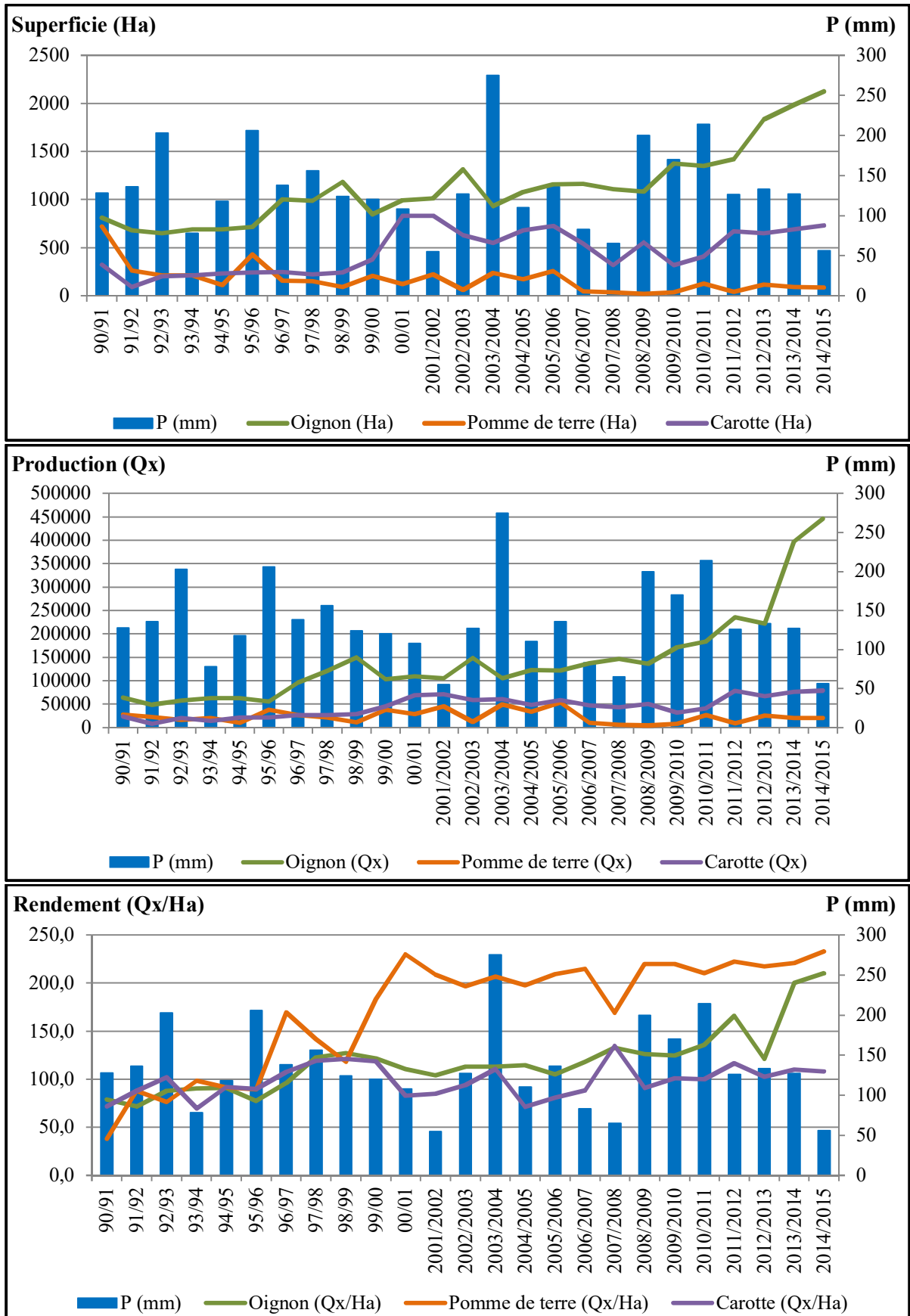
### **2-2-1- Evolution d'oignon :**

Jusqu'à l'année 1995/1996, la culture d'oignon est caractérisée par une superficie de 700 Ha, une production de 58000 Qx et un rendement de 80 Qx/Ha.

Depuis l'année 1996/1997 jusqu'à 2008/2009, la moyenne de la culture d'oignon est d'environ de 1000 Ha pour la superficie, de 120000 Qx pour la production et de 115 Qx/Ha pour le rendement.

A partir de l'année 2009/2010, une nette amélioration de la culture d'oignon est remarquée jusqu'à 2014/2015 où cette culture augmentée à : 2100 Ha, 446000 Qx et 210 Qx/Ha, malgré que cette année a connu une précipitation très faible et une température élevée.

**Chapitre 4 : Evaluation des effets de la variabilité climatique sur les cultures pratiquées  
et les ressources en eau dans la région de Biskra**



**Figure n° 4-4 : Evolution des cultures maraichères et des précipitations de Biskra 1990-2015**

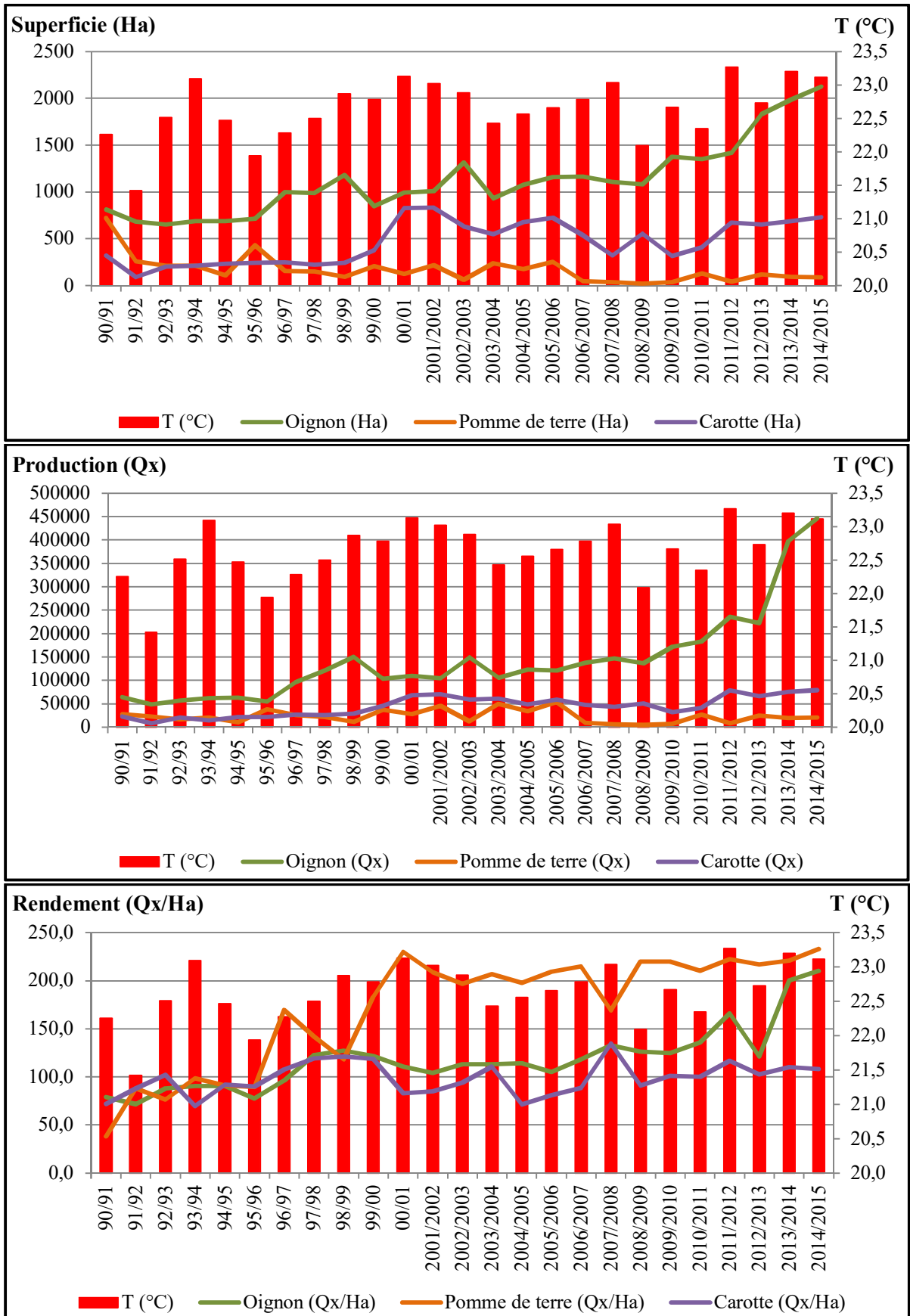


Figure n° 4-5 : Evolution des cultures maraichères et des températures de Biskra 1990-2015

### **2-2-2- Evolution de la pomme de terre :**

En général, durant les années 1990 à 2006, la culture de la pomme de terre est caractérisée par une perturbation de la superficie, une augmentation de la production et du rendement. Elle est en moyenne de 225 Ha, de 28000 Qx et de 146 Qx/Ha.

En 1995/1996, la culture de la pomme de terre est augmentée à 428 Ha pour la superficie et à 38260 Qx pour la production, cependant durant cette année, la précipitation est de 206 mm et la température est de 21,9°C.

A partir de 2007 à 2015, une nette diminution de la culture de la pomme de terre est remarquée avec une moyenne de : 66 Ha, 14200 Qx et 214 Qx/Ha, alors que cette période a connu des modifications climatiques. En 2008/2009, cette culture a chuté à 20 Ha pour la superficie et à 4400 Qx pour la production, malgré la précipitation est de 200 mm et la température est de 22,1°C.

### **2-2-3- Evolution de carotte :**

Durant les années 90, la culture de la carotte est marquée par une superficie moyenne de 238 Ha, une production moyenne de 23659 Qx et un rendement moyenne de 98 Qx/Ha. La superficie et la production les plus faibles ont été enregistrées en 1991/1992 (90 Ha et 7930 Qx) avec une précipitation de 136 mm et une température de 21,4°C, tandis que les plus élevées ont été enregistrées en 1999/2000 (379 Ha et 45000 Qx) avec une précipitation de 120 mm et une température de 22,8°C.

Pendant les années 2000/2001 et 2001/2002, la culture de la carotte est augmentée en superficie à plus de 800 Ha et en production à plus de 68000 Qx. Ensuite, une diminution progressive de la superficie et de la production jusqu'à l'année 2010/2011 où elles sont notée de 410 Ha et 41000 Qx.

A partir de l'année 2011/2012, la culture de la carotte est remarquée par une moyenne de : 680 Ha, 74900 Qx et 109 Qx/Ha, malgré que cette période a connu des modifications climatiques.

### **2-2-4- Discussion des résultats :**

On remarque pour les deux cultures maraichères (oignon et carotte), qu'il n'y a pas d'effet de la pluviométrie et de la température sur les superficies, les productions et les rendements de ces cultures pour la plupart des années.

Concernant la pomme de terre, nous avons observé une faible corrélation entre les données agricoles (superficies et productions) d'un côté et les données climatiques (précipitations et températures) d'autre côté. Cependant la corrélation avec le rendement est nulle. La diminution de la pomme de terre surtout à partir de l'année 2006/2007 peut s'expliquer par les conditions hydro-pédologiques d'une part et la réussite de cette culture dans la région de Oued Souf d'autre part.

Bien vrai que le climat (pluviométrie et température) constitue un facteur déterminant pour avoir de bons résultats agricoles, cependant il n'en est pas le seul. D'autres facteurs peuvent entrer en ligne de compte comme :

- Augmentation des fréquences d'irrigation.
- Apport des fertilisants.
- Entretien des champs.
- Utilisation des produits phytosanitaires.
- Développement du matériel agricole.

Il apparaît que les cultures maraichères (pour l'ensemble des cultures maraichères, notamment protégées) sont doublées à partir de l'année 2000, cela résulterait du Programme National du Développement Agricole (PNDA).

## **2-3- Palmiers dattiers :**

### **2-3-1- Evolution des palmiers dattiers :**

D'après les figures de multi-graphe ci-dessous (**figures n°4-6 et n°4-7**), nous pouvons dire que la production de l'ensemble des dattes a connu des fluctuations au cours de cette période. Ces fluctuations sont présentes sur les superficies en hectare (Ha), sur la production en quintaux (Qx) et sur les rendements en quintaux par hectare (Qx/Ha). Cependant la région de Biskra a connu aussi des modifications sur les régimes des précipitations et des températures.

Durant les années 90, la phoéniculture est marquée par une superficie moyenne de 22200 Ha, une production moyenne de 835500 Qx et un rendement moyenne de 37 Qx/Ha.

A partir de l'année 2000/2001, et malgré que cette période a connu des modifications climatiques, la production des dattes n'ont cessé d'augmenter pour atteindre en 2014/1015 : 43040 Ha, 4077881 Qx et 94,7 Qx/Ha.

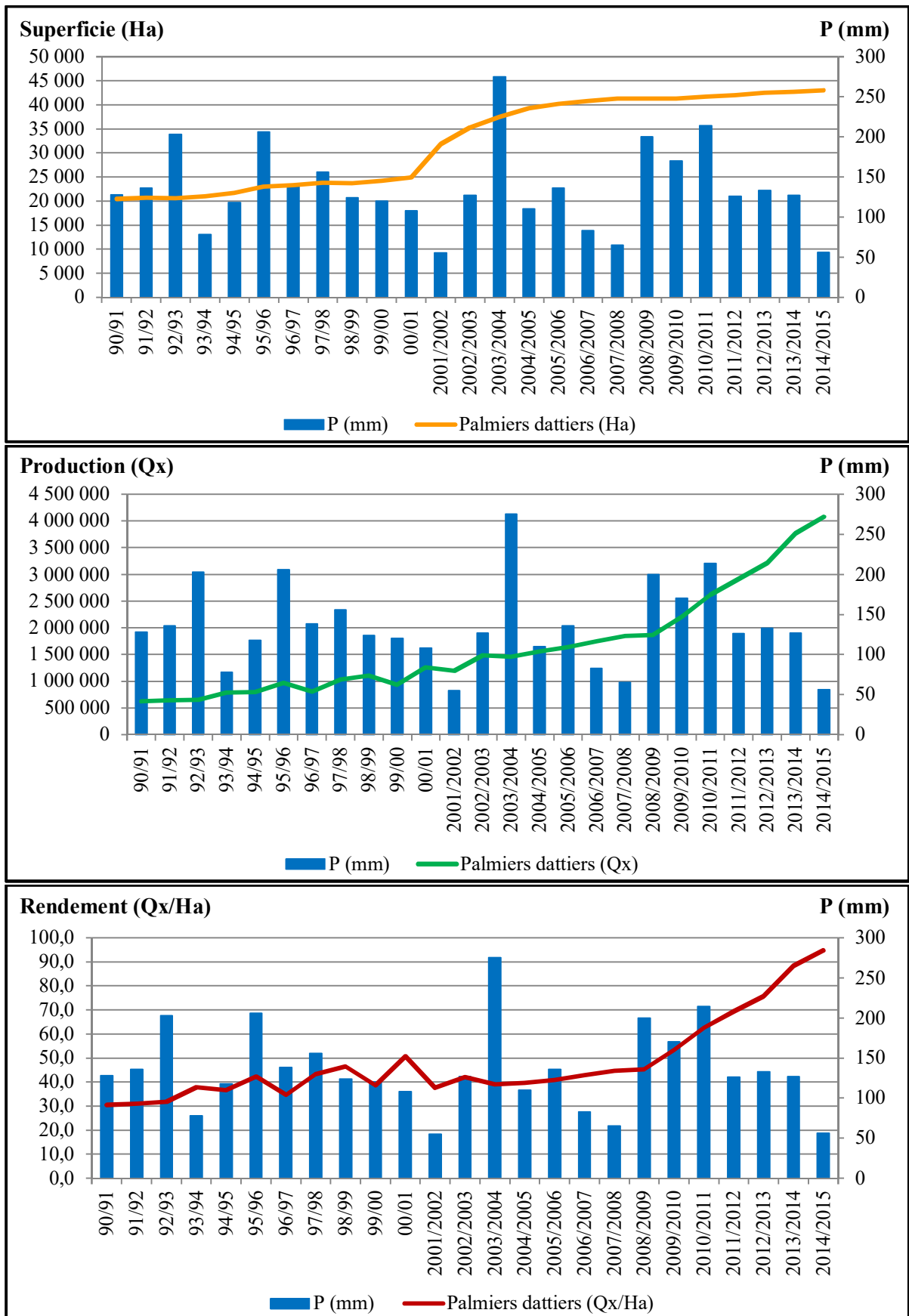


Figure n° 4-6 : Evolution des palmiers dattiers et des précipitations de Biskra 1990-2015

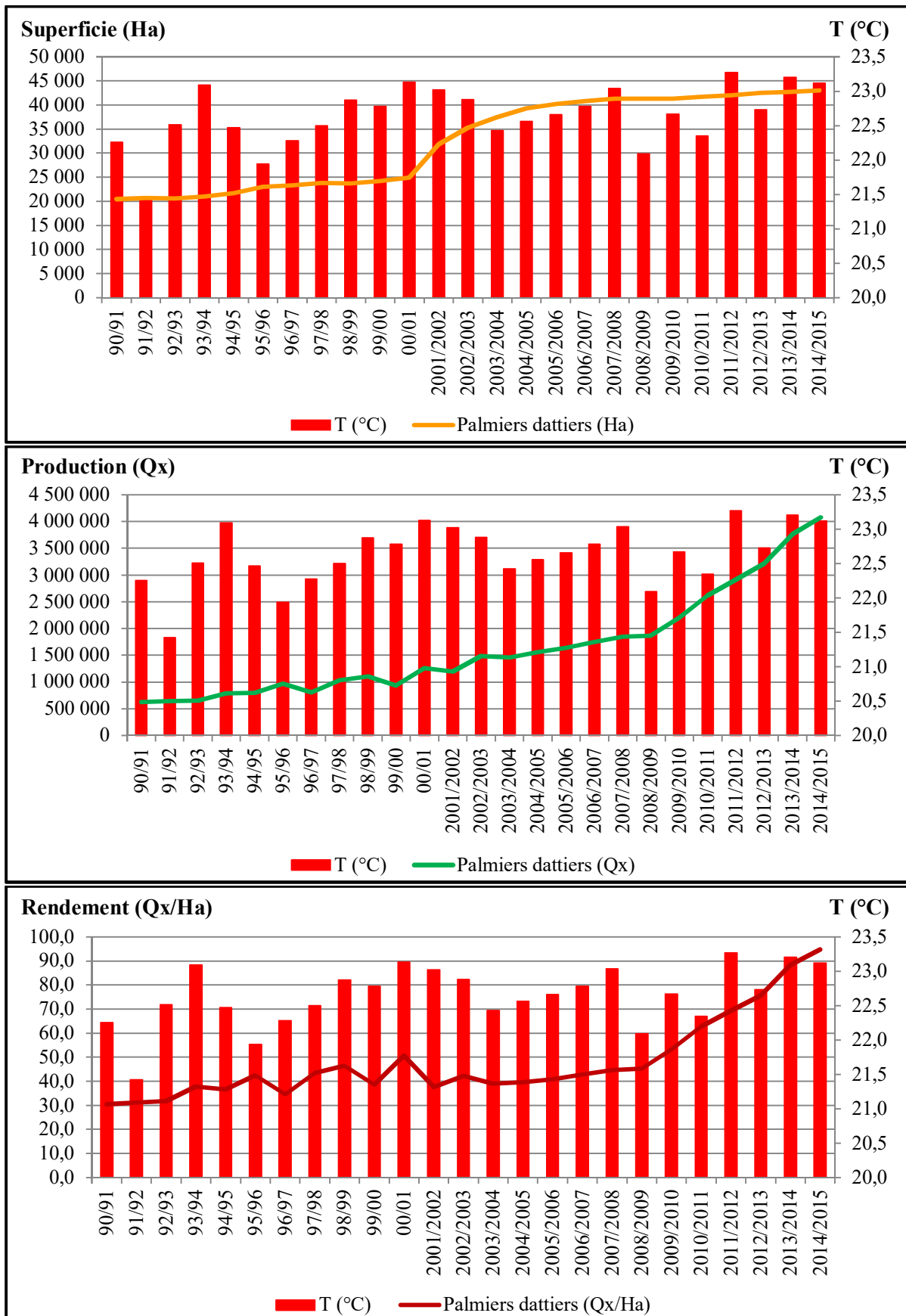


Figure n° 4-7 : Evolution des palmiers dattiers et des températures de Biskra 1990-2015

### 2-3-2- Discussion des résultats :

On remarque pour les palmiers dattiers qu'il n'y a pas d'effet de la pluviométrie et de la température sur les superficies, les productions et les rendements de cette culture pour la plupart des années.

Le palmier dattier est cultivé dans les régions arides et semi-arides chaudes du globe. Ces régions sont caractérisées par des été chauds et longs, une pluviosité faible ou nulle et un degré hygrométrique faible (Djerbi, 1994).

La phoeniciculture est considérée comme le pivot central autour duquel s'articule la vie dans les régions sahariennes. Elle revêt une grande importance socioéconomique et environnementale dans de nombreux pays. En Algérie, cette culture occupe une place de premier rang dans l'agriculture saharienne (emploi, sédentarisation des populations, produits) (Benzouche et al., 2012).

Malgré les changements des températures et des précipitations pour quelques années, la phoeniciculture a connu une augmentation nette à partir de l'année 2000 à cause de plusieurs facteurs comme :

- Modernisation des techniques culturales telles que la pollinisation mécanique.
- Création des unités de conditionnement et de transformation.
- Développement des savoirs faire chez les agriculteurs.
- Utilisation des pesticides et des engrais.
- Réhabilitation du système oasien traditionnel et création des nouvelles exploitations.

Tous ces facteurs et autres sont des résultats du PNDA.



### 3- Évaluation de la corrélation entre les changements climatiques actuels et les paramètres hydriques:

L'objectif est d'évaluer les paramètres hydriques (superficie irriguée, nombre de forages, prélèvements d'eau et rabattement des nappes) d'une part et les données climatiques (précipitations) d'autre part de la région de Biskra.

#### 3-1- Evolution des superficies irriguées :

Nous présentons dans la figure ci-dessous (**figure n° 4-8**), l'évolution des superficies irriguées et des précipitations moyennes de la région de Biskra durant la période 1990-2015.

La superficie irriguée la plus faible est enregistrée en 1999/2000 avec 56380 Ha pour une précipitation de 120 mm, alors que la plus élevée est enregistrée en 2008/2009 avec 120699 Ha pour une précipitation de 200 mm.

Les années 90 sont caractérisées par une fluctuation des superficies irriguées, au début elles sont en moyenne de 63000 Ha, ensuite les superficies augmentées pour atteindre 95195 Ha durant 1997/1998, puis elles sont chutées à moins de 60000 Ha.

A partir de l'année 2002, une augmentation progressive de la superficie irriguée est remarquée jusqu'à ces dernières années (à partir de l'année 2010/2011) où elle est plus de 100000 Ha cependant les précipitations ont connu une forte diminution.

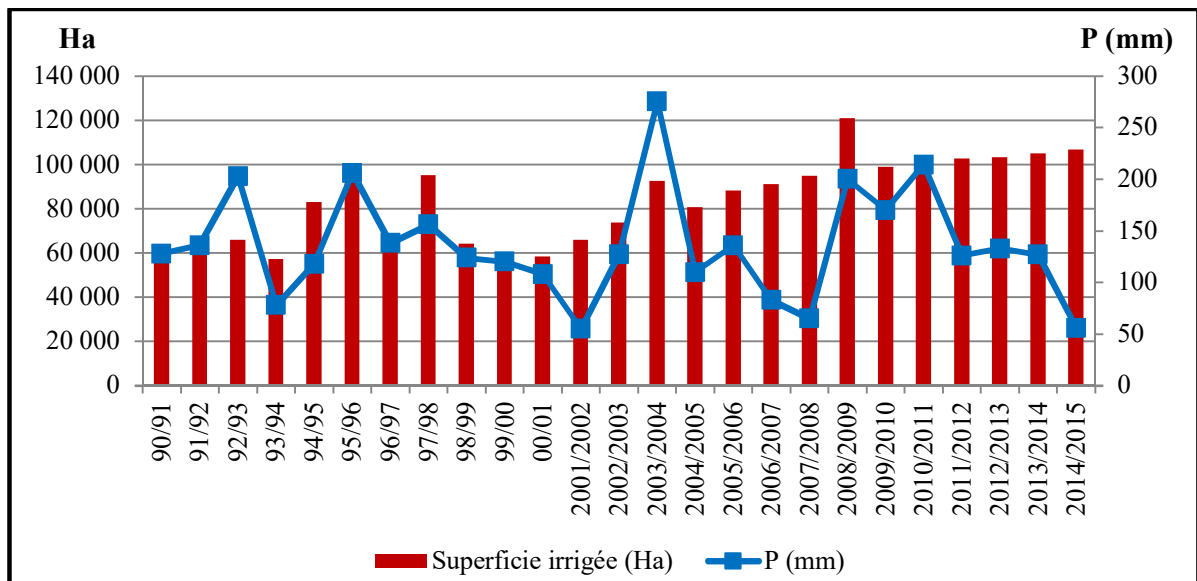


Figure n° 4-8 : Evolution des superficies irriguées et des précipitations de Biskra 1990-2015

### 3-2- Evolution de nombre des forages en exploitation :

La figure ci-dessous (**figure n° 4-9**) montre que pour l'ensemble des aquifères, le nombre des forages en exploitations a été 1141 en 1950. Une augmentation successive des forages est remarquée surtout à partir de l'année 2000 où le nombre des forages est de 6637, puis de 9908 en 2008 et de 11739 en 2015.

On observe une tendance à la hausse est très hautement significative de nombre des forages, cependant une tendance à la baisse caractérise les précipitations.

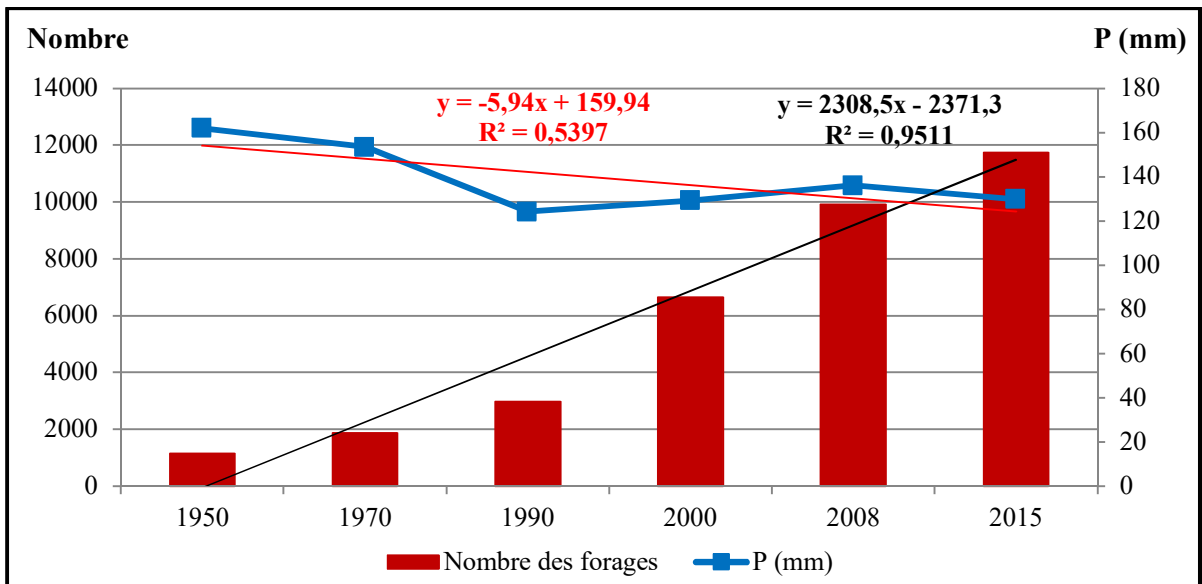


Figure n° 4-9 : Evolution de nombre des forages et des précipitations de Biskra

### 3-3- Evolution des prélèvements d'eau :

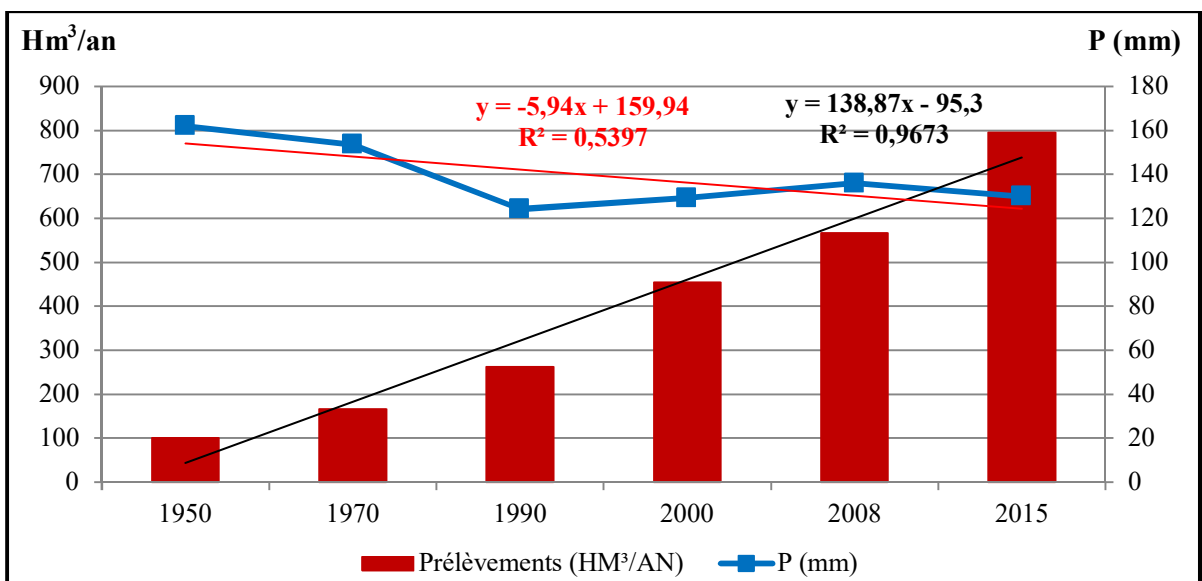


Figure n° 4-10 : Evolution des prélèvements d'eau et des précipitations de Biskra

En 2015, les volumes d'eau extraits des nappes est estimé à 25200 l/s, soit un volume total annuel de 794,5 Hm<sup>3</sup>/an, ce débit se réparti en : 22528,8 l/s pour l'irrigation (IRR), 2638,4 l/s pour l'alimentation en eau potable (AEP) et 32,8 l/s pour l'alimentation en eau industrielle (AEI). Comparativement aux autres périodes anciennes, ces volumes montrent un accroissement très considérable.

En 1950, les prélèvements d'eau sont estimés de 101 Hm<sup>3</sup>/an, ces volumes sont augmentés à 262 Hm<sup>3</sup>/an en 1990 et à 566 Hm<sup>3</sup>/an en 2008 (**figure n° 4-10**).

On observe une tendance à la hausse est très hautement significative des prélèvements d'eau, cependant une tendance à la baisse caractérise les précipitations.

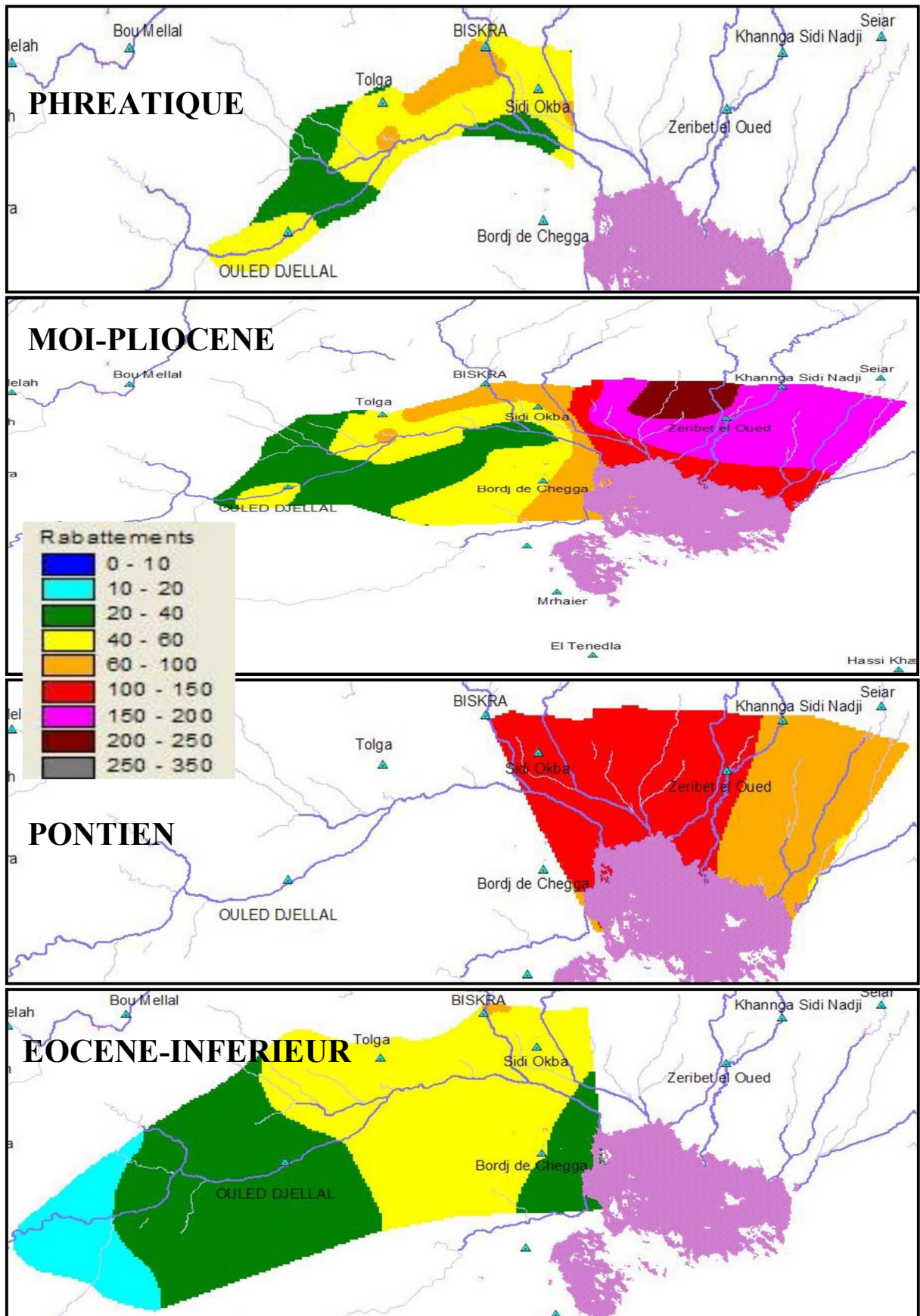
### **3-4- Rabattement des nappes :**

Plusieurs études techniques ont été réalisées dans la région et notamment celles de l'ERESS (Etude des Ressources en Eau du Sahara Septentrional) et du SASS (Systèmes Aquifères du Sahara Septentrional) qui ont permis d'élaborer des modèles mathématiques de gestion et d'exploitation de ce nappes. Ces modèles font ressortir les résultats suivants : les possibilités de prélèvements dans les différentes régions du Sahara Septentrional jusqu'à l'horizon 2040, à savoir : un débit fictif continu total de 156 m<sup>3</sup> /s soit 4,9 milliards de m<sup>3</sup> par an pour une réserve en eau évaluée à 60 000 milliards de m<sup>3</sup>. (Algérie) et généralement, l'utilisation d'environ 5 à 6 milliards de m<sup>3</sup> d'eau par an va créer fatalement une perturbation importante dans les deux nappes du Continental Intercalaire et du Complexe Terminal, notamment dans les zones sensibles du nord du Sahara (**Khadraoui, 2011**).

Selon **Sedrati et al., (2011)**, la nappe de sable montre un abaissement du niveau piézométrique entre 2000 et 2008 dans deux sites, cet abaissement est observé dans la région de Biskra (48 m) et dans la région d'El Outaya (34 m), ce battement de la nappe de sable dû à la forte exploitation de la nappe, il est justifié par le nombre important des forages recensés dans ces régions. La nappe de calcaire montre une diminution des niveaux statiques dans les ouvrages entre 2000 et 2008, ce comportement est consécutive à l'évolution des prélèvements annuels, un abaissement du plan d'eau remarquable au niveau de la région de Tolga et Doucen, cet abaissement du niveau piézométrique est justifié par les débits pompés qui sont sans cesse croissants.

**La figure n° 4-11**, montre Un modèle mathématique élaboré spécialement pour la région de Biskra (**scénario Bedrani 2000 - 2050**).

**Chapitre 4 : Evaluation des effets de la variabilité climatique sur les cultures pratiquées  
et les ressources en eau dans la région de Biskra**



**Figure n° 4-11 : Simulations previsionnelles des nappes à l'horizon 2050 (sénario Bedrani)**

Source : ANRH., 2000

On remarque un rabattement excessif de différentes nappes dans les différentes régions de Biskra :

- De 20 à 100 m pour la nappe phréatique.
- De 20 à 250 m pour la nappe du miopliocène.
- De 60 à 150 m pour la nappe du pontien.
- De 10 à 100 m pour la nappe d'écène inférieur.

### **3-5- Discussion des résultats :**

L'aridité du milieu dans la région de Biskra, caractérisée par un climat désertique avec des températures élevées, des précipitations faibles, une forte évaporation et une grande intensité des vents accompagnés le plus souvent de sable et par une très faible pluviométrie. Toutes ces conditions négatives rendent impossible toute pratique de cultures sans irrigation.

Dans la région de Biskra, l'agriculture est une activité traditionnelle et fondamentalement vitale, elle s'était développée là où les conditions hydro-pédologiques étaient naturellement aptes à la culture, généralement s'était l'oasis.

Une politique de mise en valeur agricole est encouragée par l'état à partir de l'année 2000. L'agriculture dans la région de Biskra s'est intensifiée de manière très significative, ce qui demande une mobilisation plus importante de la ressource en eau. De nombreuses exploitations connaissent un déficit important. Aujourd'hui, ces déficits hydriques s'accroissent du fait de : l'augmentation des surfaces irriguées, l'extension des cultures à haut rendement surtout maraichages, l'accroissement démographie et les besoins industriels toujours croissants. Il en résulte un déséquilibre entre les ressources et les besoins.

Les équipements d'exploitation d'eau souterraine sont plus développés pour mieux pallier aux incidences de la sécheresse. Il faudrait craindre, à l'inverse des risques de surexploitation de nappe souterraine.

Cependant, le taux de salinité élevé de ces eaux souterraines est l'autre problème qui se pose à l'agriculture dans la région de Biskra.

#### **4- Évaluation de la perception des changements climatiques actuels par les agriculteurs de la wilaya de Biskra et d'identifier leurs effets:**

Les changements climatiques prévus auront des effets bénéfiques et néfastes sur les systèmes environnementaux et socio-économiques, mais plus l'ampleur et le rythme de ces changements seront importants, plus les effets néfastes prédomineront (GIEC., 2001).

En conséquence, dans la perspective théorique proposée, le changement climatique s'accompagnera d'effets sans précédent. On assistera par exemple à une baisse des rendements agricoles, des saisons de végétation brèves et les modifications du régime des précipitations rendront l'accès à l'eau difficile.

Nous nous sommes intéressés à la manière dont le concept scientifique de «changement climatique» est entendu dans le sens commun, autrement dit, auprès de populations non scientifiquement averties. Notre objectif premier est donc d'identifier la représentation sociale de cet objet. L'étude de la dynamique du climat de Biskra a montré que ce dernier est changé. Les questions principales aux agriculteurs ayant des relations directes avec le sujet de recherche et de savoir : Y a-t-il ou non perception de modifications du climat ? Si oui, quels sont leurs effets et conséquences sur les cultures pratiquées et les ressources en eau ?

#### **4-1- Méthodologie :**

##### **4-1-1- Présentation de l'enquête et de l'échantillon :**

- L'enquête s'est déroulée fin 2015 - fin 2016 au niveau de 12 communes de la wilaya de Biskra sont : M'ziraa, Zeribet el Oued, El Feidh, Ain Naga, Sidi Okba, Chetma, M'chouneche, Tolga, Aourlal, Leghrouss, Ouled Djellel et Doucen.
- L'enquête par questionnaire a été notre principale méthode d'observation et de recueil des informations, elle nous a permis de bâtir une base de données sur le phénomène étudié. Elle s'est réalisée auprès d'un échantillon de 90 agriculteurs de la wilaya. Un minimum de 40 ans d'âge est requis pour être sélectionné afin que la personne enquêtée puisse parler sur le changement climatique. L'échantillon est composé de 90% d'hommes et 10% de femmes.
- Les données collectées par questionnaire ont été traitées à l'aide du logiciel SPSS et Excel, afin d'extraire et de capitaliser les informations sous forme numérique facilement utilisables.

- Le questionnaire a été structuré, en fonction de l'objectif général de l'étude, Les questions centrales abordées sur trois fiches reportées en annexes portent sur :
  - La perception du changement climatique par les agriculteurs sur l'évolution des facteurs climatiques.
  - Les impacts du changement climatique actuel sur les cultures pratiquées.
  - Les impacts du changement climatique actuel sur les ressources en eau.
  - Les stratégies et les suggestions d'adaptation face au changement climatique actuel.

#### **4-1-2- Echelle d'étude et Analyse de fiabilité :**

Nous avons utilisé l'échelle de Likert puisqu'elle est considérée comme une des échelles les plus utilisées pour mesurer les attitudes et aussi, à cause de la facilité avec laquelle on peut développer les énoncés devant faire parti du questionnaire.

Cette échelle a l'avantage de catégoriser, d'ordonner les items et permet d'évaluer les écarts entre les différents niveaux de l'échelle. Ces niveaux de l'échelle étant séparés les uns des autres par la même distance, permet le calcul de la moyenne et de l'écart type et rend possible des analyses statistiques relativement sophistiquées. L'échelle d'intervalle, autrement dit échelle de Likert à trois points est représentée dans le **tableau n° 4-1**.

**Tableau n° 4-1 : Echelle de Likert à trois points**

<b>Modalités</b>	<b>Pas d'accord</b>	<b>Sans opinion</b>	<b>D'accord</b>
<b>Code</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Intervalle de moyenne</b>	<b>1 - 1,66</b>	<b>1,67 – 2,33</b>	<b>2,34 - 3</b>

L'analyse de fiabilité permet d'étudier les propriétés des échelles de mesure et des éléments qui le constituent. Elle permet de déterminer dans quelle mesure les éléments d'un questionnaire sont liés les uns aux autres et de procurer un indice général de la consistance ou de la cohérence interne de l'échelle dans son ensemble. La procédure d'analyse de fiabilité sur SPSS calcule plusieurs mesures fréquemment utilisées de la fiabilité de l'échelle. La consultation des tests de fiabilité a montré que le coefficient Alpha de Cronbach est le plus couramment utilisé. Il s'agit d'un modèle de cohérence interne, fondé sur la corrélation moyenne entre des éléments (Evrard et al., 2003).

Avant d'interpréter ce résultat, il s'avère nécessaire de préciser que la valeur du coefficient Alpha est comprise entre 0 et 1. Plus élevée est la valeur de Alpha de Cronbach,

plus les items représentent le même phénomène. **Nunnally (1978)**, recommande un Alpha de Cronbach supérieur à 0,6 pour se prononcer sur la fiabilité des mesures. Pour l'échelle de mesure de la perception de modifications du climat et de leurs effets, dans cette étude, Alpha de Cronbach est égale à 0,631. Cette valeur est supérieure à 0,6 indiquant que notre échelle est fiable.

**Statistiques de fiabilité**

Alpha de Cronbach	Nombre d'éléments
,631	31

#### 4-2- Analyse de la perception du changement climatique par les agriculteurs :

Les perceptions paysannes du changement climatique actuel dans la région de Biskra à partir d'enquête (**tableau n° 4-2**), montrent que les paysans perçoivent clairement les changements du climat (la moyenne X du chapitre 1 est de 2,41 avec un écart type de 0,21).

La perception sur l'évolution de la longueur de la saison indique que 95,6% des agriculteurs enquêtés trouvent que l'été est prolongé alors que l'hiver est raccourci.

La perception des agriculteurs enquêtés sur l'évolution de la température montre que la quasi-totalité (97,8%) a affirmé que les températures sont de plus en plus augmentées. Un réchauffement de saison d'été est remarqué par 82 des agriculteurs soit 91,1%. La proportion des enquêtés qui trouvent que les hivernages sont actuellement plus chauds qu'avant est plus élevé (94,4%). Cela conduit à un décalage des saisons avec une accentuation de la sécheresse selon 96,7% soit 87 des agriculteurs enquêtés.

94,4% des agriculteurs ne sont pas d'accord à une augmentation des précipitations ces dernières années, ces agriculteurs affirment que les saisons de pluie dans passé ont été plus fréquentes. La perception sur l'évolution du vent et d'humidité, indique que les agriculteurs restent sans opinion.

Le changement du climat fait l'unanimité au niveau des agriculteurs enquêtés. Cependant la totalité des enquêtés (100%) a affirmé le changement du climat.



**Tableau n° 4-2 : Fréquence de perception sur la variabilité climatique**

<b>Numéro</b>	<b>Pas d'accord</b>	<b>Sans opinion</b>	<b>D'accord</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Ecart type</b>	<b>Intervalle de Sens</b>
<b>1</b>	4	0	86	2,91	0,414	d'accord
	4,4%	0%	95,6%			
<b>2</b>	82	0	8	1,18	0,572	pas d'accord
	91,1%	0%	8,9%			
<b>3</b>	2	0	88	2,96	0,296	d'accord
	2,2%	0%	97,8%			
<b>4</b>	8	0	82	2,82	0,572	d'accord
	8,9%	0%	91,1%			
<b>5</b>	5	0	85	2,89	0,461	d'accord
	5,6%	0%	94,4%			
<b>6</b>	3	0	87	2,93	0,361	d'accord
	3,3%	0%	96,7%			
<b>7</b>	85	0	5	1,11	0,461	pas d'accord
	94,4%	0%	5,6%			
<b>8</b>	41	6	43	2,02	0,971	sans opinion
	45,6%	6,7%	47,8%			
<b>9</b>	19	23	48	2,32	0,805	sans opinion
	21,1%	25,6%	53,3%			
<b>10</b>	0	0	90	3	0,000	d'accord
	0%	0%	100%			
<b>Moy X Chapitre 1</b>	--	--	--	<b>2,41</b>	<b>0,210</b>	<b>d'accord</b>

Source : Enquête de terrain, 2015-2016

#### **4-3- Identification des effets sur les cultures pratiquées :**

Les impacts identifiés sur les cultures pratiquées dans la zone d'étude sont illustrés dans le **tableau n° 4-3** suivant.

Nous pouvons retenir que les agriculteurs de la région de Biskra ont une très bonne perception des effets du changement climatique sur les cultures pratiquées (la moyenne Y du chapitre 2 est de 2,85 avec un faible écart type de 0,14).

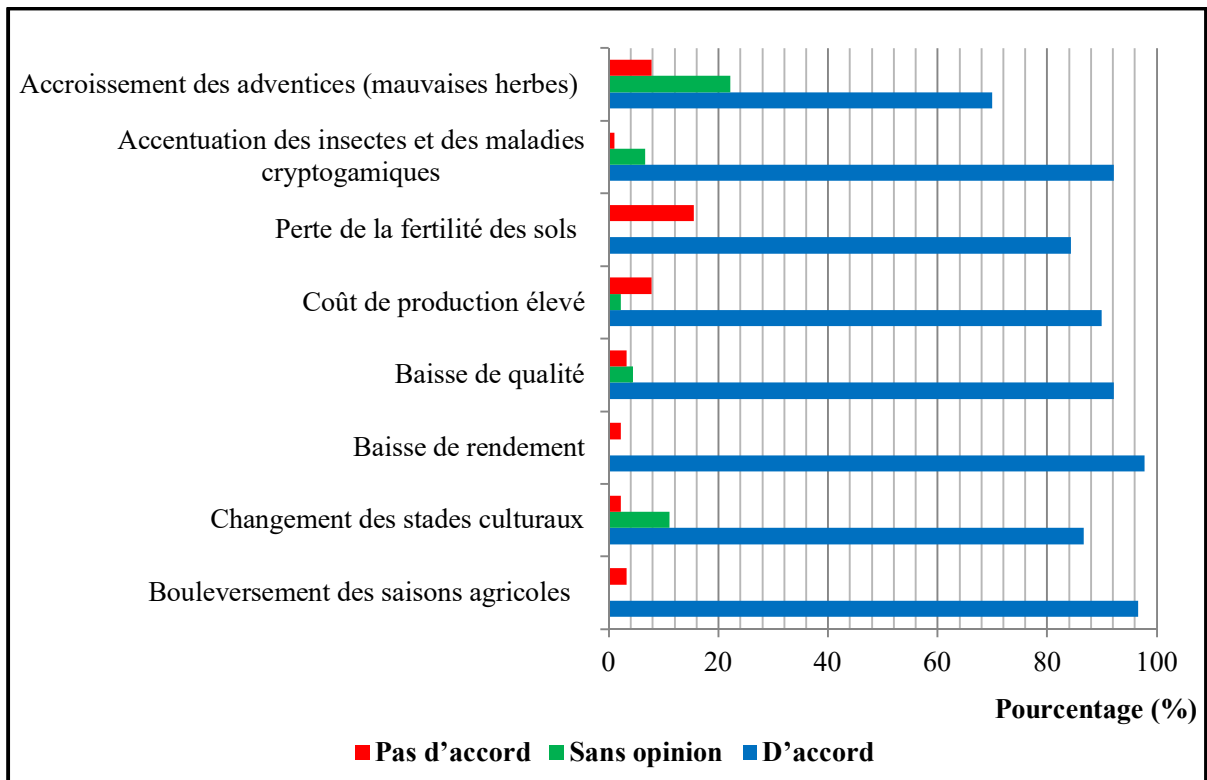
**Tableau n° 4-3 : Fréquence de perception des impacts identifiés sur les cultures pratiquées**

<b>Numéro</b>	<b>Pas d'accord</b>	<b>Sans opinion</b>	<b>D'accord</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Ecart type</b>	<b>Intervalle de Sens</b>
<b>1</b>	3	0	87	2,93	0,361	d'accord
	3,3%	0%	96,7%			
<b>2</b>	2	10	78	2,84	0,422	d'accord
	2,2%	11,1%	86,7%			
<b>3</b>	2	0	88	2,96	0,296	d'accord
	2,2%	0%	97,8%			
<b>4</b>	3	4	83	2,89	0,409	d'accord
	3,3%	4,4%	92,2%			
<b>5</b>	7	2	81	2,82	0,522	d'accord
	7,8%	2,2%	90%			
<b>6</b>	14	0	76	2,69	0,729	d'accord
	15,6%	0%	84,4%			
<b>7</b>	1	6	83	2,91	0,323	d'accord
	1,1%	6,7%	92,2%			
<b>8</b>	7	20	63	2,62	0,628	d'accord
	7,8%	22,2%	70%			
<b>9</b>	0	4	86	2,96	0,207	d'accord
	0%	4,4%	95,6%			
<b>10</b>	0	30	60	2,67	0,474	d'accord
	0%	33,3%	66,7%			
<b>11</b>	2	0	88	2,96	0,296	d'accord
	2,2%	0%	97,8%			
<b>12</b>	0	2	88	2,98	0,148	d'accord
	0%	2,2%	97,8%			
<b>Moy Y Chapitre 2</b>	--	--	--	<b>2,85</b>	<b>0,145</b>	<b>d'accord</b>

Source : Enquête de terrain, 2015-2016

Les données d'enquête ont permis d'identifier dans la zone d'étude les impacts sur les cultures pratiquées qui sont représentés par la **figure n° 4-12** suivante.

Selon 96,7% soit 87 des agriculteurs ont affirmé que les saisons agricoles sont de plus en plus bouleversées pendant ces dernières années et 78 d'entre eux soit 86,7% indique que les stades culturaux sont changés.



**Figure n° 4-12 : Perception paysanne des impacts identifiés sur les cultures pratiquées**

Pour ce qui concerne les rendements et les qualités, la majorité (97,8% et 92,2% respectivement) a affirmé qu'ils deviennent de plus en plus faibles.

Les impacts les plus fréquents perçus par les agriculteurs de Biskra sont : une perte de la fertilité des sols, une accentuation des insectes et des maladies cryptogamiques, enfin, un accroissement des adventices (mauvaises herbes) avec 84,4%, 92,2% et 70% respectivement. Tous ces effets augmentent les coûts de production selon 90% soit 81 des agriculteurs enquêtés.

#### **4-3-1- Les principaux effets sur les grandes cultures (céréales et de plein champ) :**

D'après les agriculteurs de Biskra, les changements climatiques actuels notamment l'augmentation des températures, des sécheresses et des vagues de chaleur, avec la diminution des pluies, provoquent des stress thermiques et hydriques et des forts risques d'échaudages ainsi que des perturbations des périodes semi, floraison, pollinisation, fructification et récolte. Les besoins en chaleur des plantes atteints plus rapidement ce qui donne une accélération du rythme des phases de végétation (rythmes phénologiques).

Les changements climatiques actuels favorisent l'augmentation du nombre de générations d'insectes et la remontée de certaines espèces nouvelles ainsi que le développement de certaines maladies cryptogamiques et des mauvaises herbes. Toutes ces modifications ont des effets négatifs sur le rendement.

#### **4-3-2- Les principaux effets sur les palmiers dattiers :**

Le palmier dattier est la structure de base de l'agronomie dans la région de Biskra par la création d'un microclimat essentiel au bon développement des cultures sous-jacentes. Par ailleurs, outre leur pouvoir de désalinisation des sols, les palmiers dattiers sont peu exigeants en ressources hydriques et en terre fertile et ils savent s'adapter aux aléas climatiques et environnementaux. Les zones oasiennes subissent inévitablement les conséquences du changement climatique. Un déséquilibre dans le nombre de jours chauds impacte sur la maturation des dattes et sur la période de floraison. La pollinisation a lieu à un moment précis de l'année, où coïncide la floraison mâle et femelle. Il faut savoir que le palmier dattier est une plante dioïque : les fleurs mâles et fleurs femelle poussent sur des plants différents.

Selon les agriculteurs de Biskra, les changements climatiques actuels provoquent un décalage de floraison entre mâles et femelles, la floraison des spaths mâles (Dokkar) est intervenue au moins 15 jours d'avance de sa période normale pendant ces dernières années. De plus, le réchauffement climatique a contribué au dessèchement des dattes et à l'accentuation des parasites et des maladies tel que Boufaroua et Beyoud, ce qui a entraîné une chute des rendements.

#### **4-4- Identification des effets sur les ressources en eau :**

Les impacts identifiés sur les ressources en eau dans la zone d'étude sont illustrés dans le **tableau n° 4-4** suivant.

Nous remarquons que les agriculteurs enquêtés de la région de Biskra ont une bonne perception des effets du changement climatique sur les ressources en eau (la moyenne Z du chapitre 3 est de 2,54 avec un écart type de 0,46).

**Tableau n° 4-4 : Fréquence de perception des impacts identifiés sur les ressources en eau**

<b>Numéro</b>	<b>Pas d'accord</b>	<b>Sans opinion</b>	<b>D'accord</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Ecart type</b>	<b>Intervalle de Sens</b>
<b>1</b>	3	0	87	2,93	0,361	d'accord
	3,3%	0%	96,7%			
<b>2</b>	1	5	84	2,92	0,308	d'accord
	1,1%	5,6%	93,3%			
<b>3</b>	82	0	8	1,18	0,572	pas d'accord
	91,1%	0%	8,9%			
<b>4</b>	0	22	68	2,76	0,432	d'accord
	0%	24,4%	75,6%			
<b>5</b>	2	0	88	2,96	0,296	d'accord
	2,2%	0%	97,8%			
<b>6</b>	2	20	68	2,73	0,493	d'accord
	2,2%	22,2%	75,6%			
<b>7</b>	66	0	24	1,53	0,889	pas d'accord
	73,3%	0%	26,7%			
<b>8</b>	5	0	85	2,89	0,461	d'accord
	5,6%	0%	94,4%			
<b>9</b>	2	1	87	2,94	0,313	d'accord
	2,2%	1,1%	96,7%			
<b>Moy Z Chapitre 3</b>	--	--	--	<b>2,537</b>	<b>0,458</b>	<b>d'accord</b>

Source : Enquête de terrain, 2015-2016

Les données d'enquête ont permis d'identifier dans la région de Biskra les plus importants impacts sur les ressources en eau qui sont représentés par la **figure n° 4-13**.

Les changements climatiques actuels notamment la sécheresse, se traduit par une augmentation des fréquences d'irrigations selon 96,7% soit 87 des agriculteurs enquêtés.

Les proportions des personnes enquêtées qui pensent que l'augmentation des températures et l'abaissement des pluies provoquent un tarissement des puits, un rabattement de niveau des forages, une disparition de l'artésianisme et enfin, une augmentation de la salinité des eaux. En effet, elles sont de 93,3%, 97,8%, 75,6% et 75,6% respectivement. Les coûts d'irrigation deviennent plus élevés selon 94,4% soit 85 des agriculteurs enquêtés.

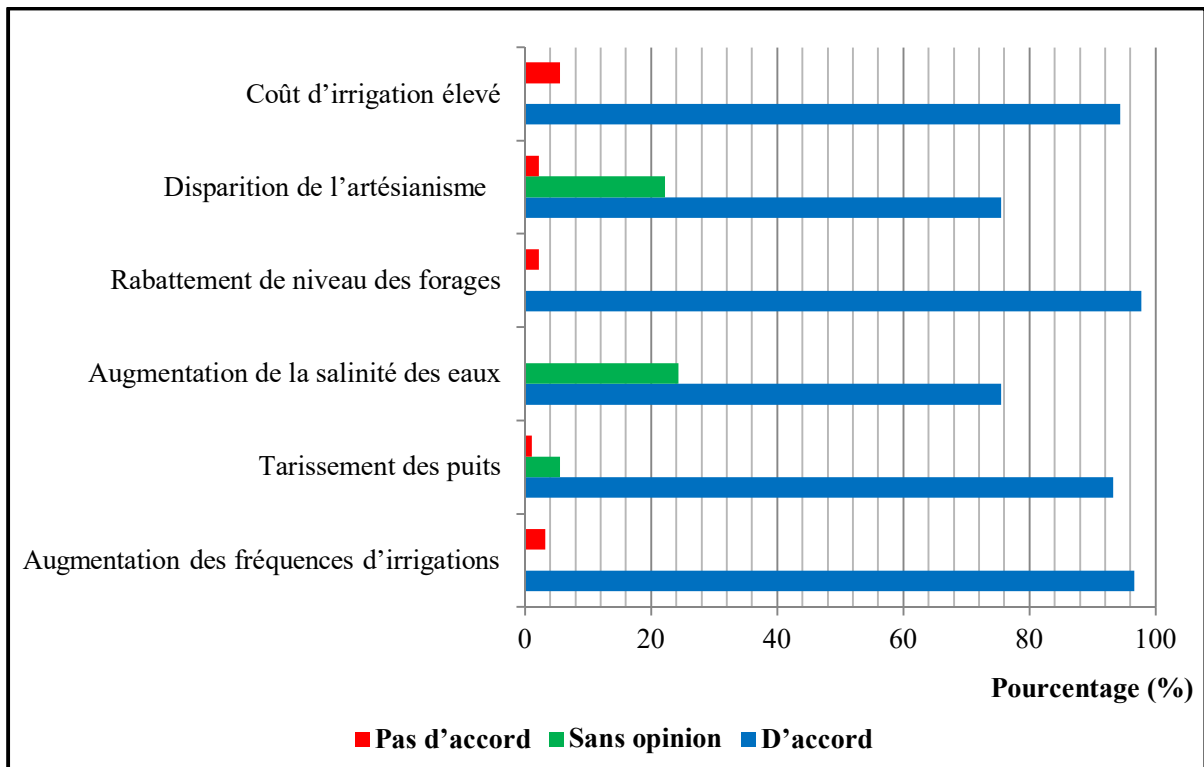


Figure n° 4-13 : Perception paysanne des impacts identifiés sur les ressources en eau

#### 4-5- Stratégies d'adaptation aux changements climatiques :

Face aux changements climatiques, les agriculteurs sont dans une recherche constante de solutions pour juguler les effets négatifs ou se prémunir contre les menaces futures. Les stratégies locales d'adaptation sont des pratiques et des mesures mises en place par les agriculteurs de Biskra pour augmenter la résilience de leurs systèmes de production agricole face aux menaces climatiques et non climatiques.

Les agriculteurs ont mis en place des stratégies d'adaptation au changement climatique dont les plus répandues sont :

- Utilisation des variétés précoces et résistante à la sécheresse et à la chaleur.
- Caler le calendrier cultural sur les conditions climatiques de l'année.
- Le développement des cultures protégées et l'abandon de certaines cultures notamment en plein champ.
- Modification et amélioration des techniques culturales et de conservation de l'humidité du sol (mulch, brise vent et cultures intercalaires).
- Augmenter leurs superficies totales emblavées.
- L'application de fortes doses d'engrais et des produits phytosanitaires.

- Développement des techniques d'irrigation surtout localisée.
- Creuser profondément leurs forages et puits.
- Le développement d'autres activités parallèles à la production agricole.
- Une demande continue aux pouvoirs publics pour l'amélioration des techniques de conservation de l'eau (construction de digues et barrages).

#### **4-6- Discussion des résultats :**

Nous avons pu recueillir à travers cette simple enquête (31 questionnaires) des informations relatives aux changements climatiques et d'identifier les principaux effets aussi bien pour les cultures pratiquées que pour les ressources en eau, d'après les agriculteurs de la wilaya de Biskra.

Il ressort des questionnaires de la perception que les agriculteurs locaux perçoivent clairement le changement par rapport à l'évolution des facteurs climatiques surtout des températures, des séquences sèches et des événements extrêmes tels que les sécheresses et canicules.

Selon **Kazi-Tani (2011)**, le décalage de saisons observées en Algérie depuis quelques années se manifeste par un allongement de l'été, un étirement de l'automne, un hiver tardif, plus court, moins pluvieux et plutôt doux, autrement dit un recule et un raccourcissement de la saison froide.

Le changement du climat (spécialement le réchauffement et la sécheresse), provoquent un décalage des saisons ce qui affectent directement et/ou indirectement les cultures pratiquées et les ressources en eau.

Les principaux effets du bouleversement saisonniers sont surtout le décalage de la date de semis et la perturbation du cycle des cultures. Pour s'adapter, les agriculteurs augmentent le nombre de semis par an, utilisent des variétés précoces et résistent à la sécheresse, ajustent les densités de populations des plantes et abandonnent certaines cultures notamment en plein champ.

Les parcelles s'assèchent très rapidement durant les périodes de sécheresse, réduisant ainsi la disponibilité en eau des plantes, les soumettant à un stress hydrique et aboutissant à une baisse drastique des rendements. Les agriculteurs sont obligés d'augmenter les fréquences d'irrigation et de maintenir l'humidité des sols. D'après **Ben-Khaled et al., (2003)**, dans les

zones arides et semi arides, la contrainte saline s'associe souvent au déficit hydrique pour imiter la production des espèces végétales.

Les sols de la région de Biskra sont pauvres et fragiles. Les changements climatiques actuels entraînent des processus de dégradation et d'érosion des sols occasionnant des pertes substantielles de récoltes. Pour assurer leurs productions, la stratégie d'adaptation par les agriculteurs est basée sur une amélioration des techniques culturales, une augmentation des superficies totales emblavées et une application de fortes doses d'engrais.

D'autres effets non moins importants sont l'envahissement des adventices, l'augmentation des parasites et l'accentuation des maladies des cultures favorisées par les changements climatiques actuels. L'utilisation des pesticides reste la meilleure solution et la plus efficace d'après les agriculteurs enquêtés.

Les effets du changement climatique sur les ressources en eau sont aussi multiples. Les plus importants sont la baisse de la nappe, le tarissement des puits, l'augmentation de salinité des eaux et la disparition de l'artésianisme. Avec la raréfaction de l'eau, la concurrence entre les divers usages s'accroît d'autant plus que les besoins pour l'irrigation augmentent.

Les agriculteurs de la région de Biskra ont affirmé que les précipitations deviennent de plus en plus faibles et irrégulières par rapport au passé.

Pour pallier aux incidences de la sécheresse, diverses stratégies sont développées par les agriculteurs telle que : le développement des techniques d'économie d'eau, la modernisation des équipements de forages et puits, l'augmentation des fréquences d'irrigation.

Les changements climatiques imposeront un réexamen de la question du stockage de l'eau pour faire face aux effets de régimes de précipitations de plus en plus extrêmes, des variations intra et inter-saisonnières grandissantes et de l'accroissement des taux d'évapotranspiration dans tous les types d'écosystèmes.



**Conclusion :**

Au cours de ce chapitre, l'évaluation des effets de la variabilité climatique sur les cultures pratiquées et les ressources en eau dans la région de Biskra montre que :

**Pour la corrélation entre les changements climatiques actuels et les paramètres agricoles :** Dans cette partie de l'étude on s'est attelé à rechercher les conséquences de la variation du climat (précipitation et température) sur les niveaux des paramètres agricoles (superficies, productions et rendements) de quelques céréales d'hiver (blé dur, blé tendre et orge), des cultures maraîchères (oignon, pomme de terre et carotte) et des palmiers dattiers.

A la lumière des résultats, Nous avons observé une corrélation entre les paramètres agricoles (superficies et productions) d'un côté et les données climatiques (précipitations et températures) d'autre côté, pour les différentes spéculations céréalières. Cette corrélation est plus faible pour les blés et importante pour l'orge, cependant la corrélation avec le rendement reste nulle ou très faible parfois. On a remarqué pour les deux cultures maraîchères (oignon et carotte), qu'il n'y a pas d'effet de la pluviométrie et de la température sur les superficies, les productions et les rendements de ces cultures pour la plupart des années, pour la pomme de terre, nous avons observé une faible corrélation. Concernant les palmiers dattiers, nous avons observé qu'il n'y a pas de corrélation entre les paramètres agricoles et les données climatiques.

Toute plante a des exigences vis-à-vis du climat au sein duquel elle pousse. Celles-ci se traduisent par un certain nombre de besoins climatiques : besoins en rayonnement solaire intercepté par le feuillage, besoins thermiques pour l'accomplissement de son développement, besoins en eau pour sa croissance essentiellement. C'est pourquoi tel ou tel élément du climat peut constituer un facteur limitant pour la production agricole soit par excès, soit par défaut.

La relation entre les données météorologiques et le couvert végétal dans les zones arides sont complexe, elles sont fortement influencées par l'impact anthropique et la nature du sol (Lehouérou, 1987).

S'il y a lieu d'évoquer un secteur ayant enregistré des résultats probants sur le terrain durant ces dernières années, c'est bien celui de l'agriculture. Depuis le lancement en l'an 2000 du Plan National pour le Développement Agricole (PNDA), la production agricole dans la région de Biskra ne cesse d'augmenter, notamment dans certaines filières comme les palmiers dattiers, les cultures maraichères et les céréales.

**Pour la corrélation entre les changements climatiques actuels et les paramètres hydriques :** Biskra a un climat désertique. Tout au long de l'année, la pluie y est techniquement inexistante. Selon la classification de Köppen-Geiger, le climat est de type BWh. Biskra affiche une température annuelle moyenne de 22,4°C, une précipitation moyenne de 127,2 mm et une évaporation moyenne plus de 2900 mm. Toutes ces conditions négatives rendent impossible toute pratique de cultures sans irrigation.

D'autant plus que depuis les années 1950, les prélèvements n'ont cessé d'augmenter, afin de satisfaire la demande croissante de la part des différents secteurs socio-économiques : agriculture, industrie, tourisme, usage domestique. Ainsi, les puits et forages se sont multipliés avec l'augmentation des superficies irriguées (surtout à partir de l'année 2000), entraînant un abaissement généralisé du niveau piézométrique, atteignant 20 à 250 m selon les endroits et les nappes. De nombreux puits artésiens et sources naturelles, autour desquels se sont développées les oasis, se sont déjà taris.

**Pour la perception des changements climatiques actuels par les agriculteurs et d'identifier leurs effets :** Cette étude a permis de montrer que les agriculteurs ont une bonne perception du changement climatique. Le décalage des saisons, l'augmentation des températures, le raccourcissement des saisons de pluie et la sécheresse sont, entre autres, des changements bien perçus par les agriculteurs. D'après eux, ces changements climatiques ont des effets sur la disponibilité en eau, le sol et les cultures, plus globalement sur l'agriculture.

Pour y faire face, plusieurs stratégies sont développées allant de l'adaptation des techniques culturales, l'augmentation des fréquences d'irrigation, l'utilisation des variétés précoces et résistante à la sécheresse, l'application forte des intrants au développement d'autres activités parallèles à la production agricole.

La perception paysanne du changement climatique dans la wilaya de Biskra est dans l'ensemble proche des résultats de l'analyse des données météorologiques et de plusieurs autres études scientifiques. Il est par conséquent souhaitable d'associer cette communauté aux projets de développement.

La minimisation des effets des changements climatiques sur les cultures pratiquées et les ressources en eau nécessite donc l'amélioration de la gestion des ressources naturelles par l'adaptation via l'évolution des techniques, des traditions, des comportements et des usages.

---

## **CONCLUSION GENERALE**

---

## CONCLUSION GENERALE

D'après l'ensemble des scientifiques internationaux, l'humanité connaîtrait un changement climatique dont les conséquences sont nombreuses et difficiles à identifier. Ces conséquences varieraient d'une région à une autre. L'une des activités les plus menacées serait l'agriculture. L'objectif général de ce travail est de contribuer à l'étude des changements climatiques et de leurs effets sur les cultures pratiquées et les ressources eau dans la région de Biskra.

Le but de l'étude de la dynamique du climat de Biskra dans le temps est de suivre les variabilités du climat et de savoir si ce dernier a connu des modifications. Pour cela, l'étude des facteurs et des indices climatiques est nécessaire pour schématiser les changements qui caractérisent le climat de la région de Biskra. Les principaux résultats sont :

❖ Concernant l'évolution historique des facteurs climatiques :

- La température : la comparaison de la température moyenne mensuelle entre la période de Seltzer (1913-1938) et la période actuelle (1990-2015) sur 25 ans, montre une forte augmentation pour l'ensemble du mois (elle est variée de 0,3°C en mois de septembre jusqu'à 1,5°C en mois de mai). La température moyenne annuelle (1990-2015) et la température moyenne décennale (1967-2015), indiquent une accentuation de la température (elle est augmentée de 1,6°C durant la dernière décennie). Les températures moyennes annuelles pour les deux périodes (1919-1961) et (1973-2015), montrent que la seconde période est caractérisée par une tendance hautement significative à la hausse qui s'exprime par une augmentation successive de réchauffement, cette augmentation de la température moyenne est de 0,5°C entre les deux périodes. Les températures moyennes maximales ont augmenté plus que les minimales.
- La précipitation : la comparaison de la précipitation mensuelle entre la période de Seltzer (1913-1938) et la période actuelle (1990-2015) sur 25 ans, montre une diminution de la précipitation pour la majorité des mois (la moyenne de l'ensemble des mois est démunie de 13%). Les précipitations annuelles (1990-2015) et décennales (1967-2015), indiquent une diminution des précipitations avec une répartition irrégulière. Les précipitations des deux périodes (1919-1961) et (1973-2015), montrent un changement important des régimes mensuel et saisonnier, la précipitation moyenne est diminuée de 11,8% durant la seconde période par rapport à la première, malgré que la tendance à l'assèchement n'est pas significative.

- L'humidité relative : la comparaison de l'humidité relative mensuelle entre la période de Seltzer (1913-1938) et la période actuelle (1990-2015) sur 25 ans, montre une diminution de l'humidité relative pour la majorité des mois (la moyenne de l'ensemble des mois est diminuée de 1%). L'humidité relative annuelle (1990-2015) et décennales (1967-2015), indiquent une légère augmentation pendant ces dernières années.
  - L'évaporation : la comparaison de l'humidité relative mensuelle entre la période de Seltzer (1913-1938) et la période actuelle (1990-2015) sur 25 ans, montre une évolution de l'évaporation pour l'ensemble des mois. l'évaporation annuelle (1990-2015) indique une diminution, on remarque sur les dernières années, une augmentation de l'évaporation au niveau de 2900 mm.
  - Le vent : la vitesse moyenne du vent annuelle (1990-2015) et décennale (1967-2015), montre une diminution pendant ces dernières années.
  - Les autres facteurs : la comparaison mensuelle entre la période de Seltzer (1913-1938) et la période de (1990-2012), montre une diminution de nombre moyen de jours pour la grêle et une augmentation importante de ce nombre pour les orages et le sirocco durant la période actuelle (1990-2012).
- ❖ Concernant l'évolution des indices climatiques : sur les deux périodes (1919-1961) et (1973-2015), le diagramme ombrothermique de Gaussen, le climagramme d'Emberger et l'indice de De Martonne, montrent un accroissement de la période sèche, une augmentation de l'aridité et un glissement de la localisation de Biskra vers un étage plus aride. l'ISP des deux périodes montre une accentuation de la sécheresse au cours de ces dernières années.

Les résultats obtenus montrent une modification importante de l'ensemble des facteurs climatiques (notamment les températures), dans les différentes échelles temporelles (mensuelles, annuelles, décennales et plus de 30 ans), pour des périodes anciennes et récentes. Les indices climatiques indiquent que la région d'étude a une tendance à s'aridifier. Tous ces indicateurs affirment l'hypothèse de l'existence d'un changement du climat de Biskra.

Les projections climatiques à l'horizon 2060, pour l'ensemble des scénarios (A2-ASF et B2-MES) et des modèles (CCSM 3.0, GISS-EH et ALL) du logiciel MAGICC/SCENGEN (l'année 2017 est comme référence), indiquent une augmentation de la température (environ +1,7°C) et une diminution de la précipitation (environ -12%) dans région de Biskra. Ces évolutions affirment l'hypothèse d'une hausse des températures et une baisse des pluviométries de Biskra au cours des prochaines décennies.

Les changements climatiques menacent en grande partie l'agriculture notamment avec l'augmentation des températures, les sécheresses et la disponibilité en eau qui devienne de plus en plus rare. Ces modifications auront des impacts sur la quantité et la qualité des productions agricoles et sur l'environnement (sols, eau, biodiversité, etc.). Les effets sur l'agriculture sont encore incertains mais à long terme, la productivité des cultures, les sols et les ressources en eau seront inévitablement touchés.

De ce fait, notre but est d'évaluer les effets du changement climatique sur les cultures pratiquées et les ressources en eau dans la région de Biskra. Les principaux résultats sont :

- ❖ Concernant les cultures pratiquées : dans cette partie de l'étude on a recherché les influences de la variation du climat (précipitation et température) sur les paramètres agricoles (superficie, production et rendement) des céréales d'hiver, des cultures maraîchères et des palmiers dattiers sur une période de 25 ans (1990-2015) :
  - Les céréales d'hiver : nous avons observé une corrélation entre les paramètres agricoles (superficiés et productions) d'un coté et les données climatiques d'autre coté, pour les différentes spéculations céréalières. Cette corrélation est plus faible pour les blés et importante pour l'orge. Cependant la corrélation avec le rendement reste nulle où très faible parfois.
  - Les cultures maraîchères : on a remarqué pour les deux cultures maraîchères (oignon et carotte), qu'il n'y a pas d'effet de la pluviométrie et de la température sur paramètres agricoles de ces cultures pour la plupart des années. Concernant la pomme de terre, nous avons observé une très faible corrélation.
  - Les palmiers dattiers : nous avons observé qu'il n'y a pas de corrélation entre les données agricoles et les données climatiques.
- ❖ Concernant les ressources en eau : nous avons remarqué que les paramètres hydriques (superficie irriguée, nombre de forages, prélèvements d'eau et rabattement des nappes) n'ont cessé d'augmenter entraînant une surexploitation qui provoque un abaissement généralisé du niveau piézométrique et un tarissement de plusieurs puits et forages où les pluies deviennent de plus en plus faibles.
- ❖ Concernant l'enquête avec les agriculteurs : cette étude a permis de montrer que les agriculteurs de la wilaya de Biskra perçoivent clairement le changement par rapport à la hausse des températures, la sécheresse, le démarrage tardif de la saison des pluies et le raccourcissement des saisons agricoles. Les principaux effets du changement climatique sur les cultures pratiquées sont surtout la perturbation du cycle des cultures, la baisse des

rendements, la perte de la fertilité des sols et l'accentuation des ennemies des cultures. Les principaux effets sur les ressources en eau sont surtout un tarissement des puits, un rabattement de niveau des forages, une disparition de l'artésianisme et une augmentation de la salinité des eaux. Les agriculteurs ont mis en place des stratégies d'adaptation au changement climatique dont les plus répandues sont surtout l'amélioration des techniques culturales, l'augmentation des fréquences d'irrigation, l'utilisation des variétés précoces et résistante à la sécheresse, l'application forte des intrants et le développement d'autres activités parallèles à la production agricole.

Les résultats obtenus montrent qu'il existe des influences du climat sur les céréales d'hiver notamment sur l'orge pour certaines années, alors qu'on enregistre d'autres cas inverses où il n'existe aucune corrélation. Cependant il n'y a aucune corrélation entre le climat et les cultures maraîchères. Bien vrai que le climat constitue un facteur déterminant dans le but d'avoir de bonnes productions agricoles ; cependant il n'en est pas le seul. D'autres facteurs peuvent entrer en ligne de compte comme l'apport des intrants, l'entretien des champs, les programmes de développement lancés par l'Etat, etc. Ces résultats affirment l'hypothèse de l'existence des influences du changement climatique actuel sur les paramètres agricoles mais ces influences restent faibles.

La région de Biskra est caractérisée par un climat désertique avec une hausse des températures, une forte évaporation et une très faible pluviométrie. Le développement de l'agriculture dans cette région est principalement confronté au problème de l'eau. L'exploitation excessive des nappes souterraines au cours de ces dernières années a d'ailleurs entraîné une augmentation de nombres des forages, un accroissement des prélèvements et un rabattement des nappes. Ces résultats affirment l'hypothèse de l'existence des influences du changement climatique actuel sur les paramètres hydriques.

Les agriculteurs de la région de Biskra ont subi ces quinze dernières années un bouleversement des facteurs climatiques qui ont eu une incidence fâcheuse sur leurs exploitations. Ces effets font développer aux agriculteurs des techniques d'adaptation qui ne sont que des réponses aux conséquences des changements climatiques afin d'assurer une production suffisante qui garantisse leurs propres gain. Les résultats de l'enquête affirment l'hypothèse d'une bonne perception des agriculteurs de la région de Biskra où ces changements climatiques ont de différents effets sur les cultures pratiquées et les ressources en eau mais les stratégies d'adaptation restent limitées et personnelles.

Adam Smith montre, à la fin du 18<sup>ème</sup> siècle qu'un pays devait se spécialiser dans la production de biens pour lesquels il possède cet avantage absolu et acheter tous les autres biens. Au début de 19<sup>ème</sup> siècle, David Ricardo a démontré que même si un pays était moins bien placé que tous les autres pour tous les biens, il devait se spécialiser dans la production laquelle son désavantage était le moindre.

Depuis longtemps, le palmier dattier est l'espèce cultivée par excellence dans la région de Biskra, il constitue, incontestablement, la richesse la plus importante grâce à son adaptation aux conditions agro-climatiques du milieu et aussi à son intérêt stratégique dans l'ensemble des domaines écologiques, économiques et sociologiques. Cependant d'autres régions notamment Ain Naga et M'ziraa (région Est), Leghrouss (région Ouest), ont connu un développement remarquable des cultures maraîchères surtout protégées, certains agriculteurs en possèdent maintenant, jusqu'à plus de 200 serres, la tendance ces dernières années est à l'acquisition des serres canariennes. La céréaliculture et l'oléiculture sont entrain de devenir le maillon fort de l'agriculture des Zibans, une option qui progresse et qui commence à apporter ses fruits labélisés tels que le frik (graines de blé concassées) et les huiles d'olives locales.

À partir de l'année 2000, l'agriculture dans région de Biskra a connue des mutations importantes et remarquables par : une multiplication des superficies, une intensification des cultures, une installation des projets géants et enfin, une modernisation des itinéraires, des matériels et des intrants agricoles. Tous ça conduit à une surexploitation des eaux souterraines et une dégradation des sols. Il faut impérativement définir les règles d'une gestion raisonnée de l'eau et des cultures à installer, contrôler les débits de pompage et mettre en place un outil de suivi environnemental et d'évaluation de l'état des ressources.

Avec les changements actuels, non seulement climatiques mais aussi sociologiques et économiques au niveau national ainsi que mondial, l'agriculture de la région de Biskra, doit s'adapter à ces nouvelles conditions afin d'assurer une vraie durabilité et de préserver sa richesse naturelle et traditionnelle aux générations prochaines.

Un chemin directeur intersectoriels à long terme doit être installé dont le but principale est de protéger les ressources naturels, les systèmes écologiques et les patrimoines socio-économiques dans un contexte de changement climatique, sachant que tous les rapports et recherches notent que ce changement climatique va exacerber à l'avenir les facteurs de



dégradation à l'origine de la baisse de productivité des sols et de la disponibilité en eau. Il pose l'exigence d'un changement de paradigme technique accordant à l'agro-écologie, aux savoirs-faire éprouvés des agriculteurs et à la recherche agronomique une place privilégiée.

Ce travail vise de répondre à la problématique suivante : « **Y a t-il des changements climatiques qui ont des influences sur les cultures pratiquées et les ressources en eau dans la région de Biskra ?** »

Autrement dit l'objectif général est de répondre à deux questions au même temps : est ce qu'il y a des changements climatiques dans la région de Biskra ? Si oui, est ce que ces changements ont des effets sur les cultures pratiquées et les ressources en eau ?

Les résultats montrent que le changement climatique est une réalité à Biskra. Ces changements ont des effets directe et/ou indirecte sur les cultures pratiquées et notamment sur les ressources en eau ; ceci affirme notre hypothèse principale. À ce moment, l'émergence de ces effets est faible à cause du développement d'autres facteurs qui ont des effets positifs sur le secteur agricole de Biskra.

Ce modeste mémoire ne représente qu'une initiation à la recherche, aussi lors de sa réalisation, il se peut que nous ayons commis des erreurs.

Les difficultés que nous avons rencontrées lors de la réalisation de notre étude sont de différents ordres dont les plus importants sont l'accessibilité aux données à travers l'ensemble des services concernés, la rareté de documentation concernant le sujet d'étude dans la région de Biskra (à part quelques études du CRSTRA) et le manque de bonne maîtrise de certains logiciels.

Ce travail reste encore à accomplir par des études scientifiques plus approfondies avec la collaboration de l'ensemble des secteurs (agronomique, climatologique, hydraulique, économique, sociologique, écologique, géologique, politique, etc.) afin de définir les effets et les meilleures stratégies d'adaptation et de tacler les défis pressants et complexes auxquels nous faisons face.

---

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

---

## Références bibliographiques

- **A.N.A.T de Biskra., 2003.** (Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire) Monographie de wilaya de Biskra. Algérie, 256 p.
- **A.N.R.H., 2000.** Etude sur modèle mathématique de système aquifère de Biskra. [www.riob.org/IMG/pdf/ANRH-ALGER\\_biskra.pdf](http://www.riob.org/IMG/pdf/ANRH-ALGER_biskra.pdf).
- **AGOUMI A., 2003.** Vulnérabilité des pays du Maghreb face aux changements climatiques. Besoin réel et urgent d'une stratégie d'adaptation et de moyens pour sa mise en œuvre. Maroc, Institut international du développement durable. 14 p.
- **AKERKAR A., 2015.** Etude de la mise en œuvre du plan national de développement agricole et rural (PNDAR) : cas de la wilaya de Bejaia. Revue nouvelle économie n° 12-vol 01-2015.
- **ANONYME., 2005.** La wilaya de Biskra en quelques chiffres. Direction de la planification et de l'aménagement du territoire, 145 p.
- **ANONYME., 2009.** Problématique du secteur de l'eau et impacts liés au climat en Algérie. PNUD. Algérie, 19 p.
- **B.N.E.D.R., 2016.** Etude de faisabilité technico-économique du projet de mise en valeur des terres par le biais de la concession du périmètre (El Feidh Nord 1), wilaya de Biskra. Rapport Définitif, juin 2016, 90 p.
- **BAZZAZ F., SOMBROEK W., 1997.** Changement climatique et production agricole : une évaluation des connaissances actuelles et des lacunes critiques. Collections FAO. Edition POLYTECHNICA, Paris, pp 375-389.
- **BEDRANI S., 2015.** Professeur à l'école nationale supérieure d'agronomie d'Alger - in interview d'El Watan du 22 septembre 2015.
- **BELDJENA R., 2008.** Changement climatiques en Algérie : des spécialistes tirent la sonnette d'alarme. El watan du 26/07/2008.
- **BEN-KHALED L., GÓMEZ A., HONRUBIA M., Abdallah OIHABI A., 2003.** Effet de stresse salin en milieu hydroponique sur le trèfle inoculé par le Rhizobium. Agronomie, EDP Sciences, 2003, 23 (7), pp 553-560.
- **BENYOUCEF B., 2016.** Le rôle de l'agriculture dans le développement économique et social. Qu'en est-il de l'Algérie. Revue Agriculture. Numéro spécial 1 (2016), Université Ferhat Abbas Sétif 1, pp 9-31.
- **BENZIOUCHE S., CHERIET F., 2012.** Structure et contraintes de la filière dattes en Algérie. NEW MEDIT N° 4/2012, pp 49-57.

- **BENZIOUCHE S., 2007.** Les Impacts Socioéconomiques du PNDA dans la vallée de Oued Righ. Revue El Bahith N° 5/2007. Université Kasdi Merbah Ouargla pp 1-9.
- **BESSAOUD O., 2017.** Algérie-Agriculture : Omar Bessaoud met en garde contre la surexploitation des sols et des ressources en eau (Audio-Vidéo). Maghreb Emergent, Radio M du lundi 13février 2017 à 18:57. <http://www.maghrebemergent.com>
- **BESSEMOULIN P., CERON J.P., MOISSELIN J.M., 2003.** Nouvelles connaissances sur l'évolution du climat. Publication de l'Association Internationale de Climatologie, Vol. 15, 2003, Toulouse Cedex, pp 31-38.
- **BIZEC RF., 2006.** Gaz à effet de serre & changement climatique. Edition AFNOR. La Plaine Saint-Denis Cedex, 171 p.
- **BOLIN B., 1980.** Climate change and their effects on the biosphere. Genève, OMM : 1-15.
- **BOUAMMAR B., 2009.** Le développement agricole dans les régions sahariennes : étude de cas de la région de Ouargla et de la région de Biskra. Thèse de doctorat en sciences, 296 p.
- **BOUAMMAR B., BEKHTI B., 2008.** Le développement de l'économie agricole oasienne : entre la réhabilitation des anciennes oasis et l'aménagement des nouvelles palmeraies. Revue El Bahith N° 6/2008. Université Kasdi Merbah Ouargla, pp19-24.
- **BURKETT VR., DOUGLAS A., WILCOX B., STOTTLEMYER R., et al., 2005.** Nonlinear dynamics in ecosystem response to climatic change: Case studies and policy implications. ELSEVIER. Ecological Complexity 2, pp 357-394.
- **CHABANE M., 2012.** Comment concilier changement climatique et développement agricole en Algérie ? , Territoire en mouvement Revue de géographie et aménagement [En ligne], 14-15 | 2012, mis en ligne le 01 juillet 2014, consulté le 24 avril 2017. URL : <http://tem.revues.org/1754> ; DOI : 10.4000/tem.1754
- **CHAKER A., BRINIS L., 2004.** Effet d'un stress thermique à la chaleur sur quelques traits biochimiques de quelques génotypes de blé dur (*Triticum drums* Desf.). Céréaliculture, N° 42, pp 21-28.
- **DEMNATI F., 2013.** Biodiversité et enjeux socio-économiques des lacs salés (Chotts et Sebkhass) d'Algérie. Cas du Chott Merouane et Melghir. Thèse de doctorat. Université de Biskra. 143 p.
- **DJELLOULI Y., 1981.** Etude climatique et bioclimatique des hauts plateaux du Sud oranien wilaya de Saida. Thèse doctorat de troisième cycle en sciences biologiques, Univ. Sci. Tech, Alger, 190 p.
- **DJERBI M., 1994.** Précis de phoéniculture. F.A.O., Rome, 192 p.

- **DSA., 2002.** Rapport de situation du secteur agricole. APW Biskra du janvier 2002.
- **DSA., 2016.** Rapport de situation du secteur agricole. APW Biskra du 9 novembre 2016.
- **DURAND F., 2007.** Le changement climatique en débat : Incertitudes, acquis et enjeux. Edition Ellipses, Paris, 178 p.
- **EVRARD Y., PRAS B., ROUX E., 2003.** Market : études et recherches en marketing, 3ème édition, Dunod, Paris, 700 p.
- **FAO., 2015.** Des sols sains sont le fondement d'une production alimentaire saine. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. 5 P. Courriel: soils-2015@fao.org
- **FARAH A., 2014.** Changement climatique ou variabilité climatique dans l'Est algérien. Thèse de magistère en écologie et environnement. Université de Constantine1, 109 p.
- **FAURIE C., FERRA C., MEDORI P., DEVRAUX J., HEMPTINNE JL., 2011.** Ecologie : approche scientifique et pratique. 6e édition. Ed Tec & Doc, Paris, 488 p.
- **FELIACHI K., 2000.** Programme de développement de la céréaliculture en Algérie. Dans: Actes du premier symposium international sur la filière blé 2000 - Enjeux et stratégies, Alger (Algérie), 7-9 février 2000, pp 21-27.
- **FENNI M., MACHANE Y., 2010.** Changement climatique et agriculture de conservation. Agronomie numéro 0-2010, Université Ferhat Abbas, Sétif, pp 16-22.
- **FOUQUART Y., 2002.** Le climat de la terre : Fonctionnement de la machine climatique, influence humaine et évolution probable. Presses universitaire du Septentrion, Paris, 169 p.
- **GERALD CN., ROSEGRANT MW., KOO J., et al., 2009.** Changement climatique : Impact sur 'agriculture et coûts de l'adaptation. Institut international de recherche sur les politiques alimentaires IFPRI (Institut international de recherche sur les politiques alimentaires). Washington, D.C., 30 p.
- **GIEC., 2001.** Climate change 2001: Impacts, Adaptation & Vulnerability. Contribution of Working Group 2 to the Third Assessment Report, 100 p.
- **GIEC., 2007.** Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Équipe de rédaction principale, Pachauri, R.K. et Reisinger, A. (publié sous la direction de~)]. GIEC, Genève, Suisse, 103 p.
- **GIEC., 2007.** Résumé à l'intention des décideurs. In : Bilan 2007 des changements climatiques : Impacts, adaptation et vulnérabilité. Contribution du Groupe de travail II au

quatrième Rapport d'évaluation. Rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E.

- **GIEC., 2007.** Résumé à l'intention des décideurs. In : Changements climatiques 2007 : Les éléments scientifiques. Contribution du Groupe de travail I au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. [Solomon, S., D. Qin, M.
- **GIEC., 2013.** Résumé à l'intention des décideurs, Changements climatiques 2013 : Les éléments scientifiques. Contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [sous la direction de Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex et P.M. Midgley]. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York (État de New York), États-Unis d'Amérique
- **GUYOT G., 1999.** Climatologie de l'environnement – Cours et Exercices corrigés. Dumond, Paris, 525 p.
- **HALITIM A., 1988.** Sol des régions arides d'Algérie. O.P.U., Alger, 141 p.
- **HENIN S., 1967.** Economie rural, Persee.fr. Volume 74. Numéro 1, pp 37-44.
- **HIRCHE A., BOUGHANI A., SALAMANI M., 2007.** Évolution de la pluviosité annuelle dans quelques stations arides algériennes. Sécheresse vol. 18, n° 4, octobre-novembre-décembre 2007, pp 314-320.
- **HOUVENAGHEL D., 2005.** Le cigare : de la culture à l'art, collection Gerfaut-divers, Ed Gerfaut, Paris, 165 p.
- **JOUSSAUME S., 1999.** Climat d'hier à demain. Edition CNRS, Paris. 143 p.
- **KAZI-TANI C., 2011.** Contribution à l'étude des communautés d'adventices des cultures du secteur phytogéographique oranais. Thèse de doctorat en biologie. Univ. Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, 226 p
- **KHACHAI S., 2001.** Contribution à l'étude du comportement hydro physiques des soles des périmètres d'I.T.D.A.S, plaine de l'Outaya. Thèse Magister. Université de Batna.
- **KHADRAOUI A., 2011.** Eau et Impact Environnemental dans le Sahara Algérien. Office des publications universitaires, 303 p.
- **LAIN M.M., 2005.** Agricultural vulnerability to drought : A comparative study in Morocco and Spain, Thesis, IAMZ-CIHEAM Zaragoza, Spain.
- **LAKHDARI F., 2010.** La sécheresse : analyse et stratégie d'adaptation, Atelier international sur le Risque Sécheresse, Biskra 21-22 novembre 2010, 173 p.

- **LAKHDARI H., 2009.** Les conséquences du changement climatique sur le développement de l'agriculture en Algérie : Quelles stratégies d'adaptation face à la rareté de l'eau ? Cinquième colloque international : Energie, Changement Climatique et Développement durable, Hammamet (Tunisie), 15-17 juin 2009, 15 p.
- **LAVIGNE A., 2013.** Changement climatique : des impacts aux mesures d'adaptation. Thèse professionnelle EHESP/Mines Paris Tech-2013, 64 p.
- **LE HOUEROU H., 1987.** Aspects météorologiques de la croissance et du développement végétal dans les déserts et les zones menacées de désertification. Org. Météo mondiale, Genève, 35 p.
- **LEBOURGEOIS F., 2010.** Cours de bioclimatologie à l'usage des forestiers. Départ. SIAFEE – UFR FAM, AgroParisTech -ENGREF- Nancy, 245 p.
- **MADR., 2012.** Le Renouveau Agricole et Rural en marche : Revue et Perspectives. Ministre de l'Agriculture et du Développement Rural, mai 2012, 95 p.
- Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor et H.L. Miller (éds.]. Cambridge
- **MARGAT J., 1985.** Hydrologie et ressources en eau des zones arides. Bull. Soc. Géol. France, (8), t.1, n°7, pp 1009-1020.
- **MASMOUDI A., 2012.** Problèmes de la salinité liés à l'irrigation dans la région saharienne : cas des Oasis des Ziban. Thèse de doctorat en sciences. Université de Biskra, 137 p.
- **MATARI A., LATROUS H., EI MAHI A., 2007.** Analyse de longues séries en vue du changement climatique. Actes des journées internationales sur l'impact des changement climatiques sur les régions arides et semis arides. CRSTRA, Biskra, 448 p.
- **MCKEE TB., DOESKEN NJ., KLEIST J., 1993.** The relationship of drought frequency and duration to time scale. Actes de la 8<sup>th</sup> Conférence on Applied Climatology (Anaheim, Californie), pp 179-184.
- **MOSTEFA-KARA K., 2008.** La menace climatique en Algérie et en Afrique. Edition DAHLAB. Alger, 384 p.
- **NORRANT C., 2007.** Variabilité climatique passée, changement climatique future : que peut-on réellement observer. Air Pur N° 72 - Deuxième semestre 2007, 12 p.
- **NUNNALLY J. C., 1978.** Psychometric theory. New York: McGraw Hill.
- **OSS., 2009.** Vers un système d'alerte précoce à la sécheresse au Maghreb\ OSS. Collection Synthèse n° 4 - Tunis, 2008, 84 p.
- **RAMADE F., 2003.** Eléments d'écologie, écologie fondamentale. DUNOD, Paris. 690 P.

- **REILLY J., 1997.** Changement de climat, agriculture globale et vulnérabilité régionale. Collections FAO. Edition POLYTECHNICA, Paris, pp 277-311.
- **ROBERT M., ARROUAYS D., BALESSENT J., BOTTNER P., MONROZIER L., KING D., LE BISSONNAIS Y., SCHERER J-C., TESSIER D., 1999.** Effets potentiels des changements climatiques sur les sols. Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement/DGAD/SRAE <http://www.v1.agora21.org/mies/chan-clim10.html>. 10/08/2016 à 14h.
- **ROCHE M., 1986.** Dictionnaire français d'hydrologie de surface avec équivalents anglais, espagnol, allemand. Ed Masson, Paris, 288 p.
- **SAPIN P., 1977.** L'arboriculture fruitière en Algérie (pommier et poirier). INA, Alger, 215 p.
- **SARI A., 2002.** Initiation a l'hydrologie de surface. Edition Distribution HOUMA, Alger, 223 p.
- **SEDRATI N., 2011.** Origines et caractéristiques physico-chimiques des eaux de la wilaya de biskra-sud est algerie. Thèse de doctorat science. Université d'Annaba, 252 p.
- **SEDRATI N., CHAIB W., BOUCHAHM N., DJABRI L., 2011.** Les fluctuations piézométriques affectées la nappe du complexe terminal de la région de Biskra –Sud Est algérien- . 1er Séminaire International sur la Ressource en eau au Sahara : Evaluation, Economie et Protection, le 19 et 20 janvier 2011, Ouargla.
- **SELTZER P., 1946.** Le climat de l'Algérie. Alger. Carbonel, 1946, 219 p.
- **SOLTNER D., 1999.** Les bases de la production végétale. Tome 2 : Le climat. 8<sup>e</sup> Edition, 320 p.
- **TABET-AOUL M., 2008.** Impacts du changement climatique sur les agricultures et les ressources en eau au Maghreb. Note d'alerte du CIHEAM, n°48, Montpellier, France, pp 1-5.
- **TINKER B., COUDRIAAN J., TENG P., SWIFT M., et al., 1997.** Les impacts du changement global sur l'agriculture, la foresterie et les sols : le programme du projet centra de l'IGBP sur le changement global et les écosystèmes terrestres. Collections FAO. Edition POLYTECHNICA, Paris, pp 345-373.
- **UNGER PW., 1989.** Conservation des sols et des eaux : façon culturales appropriées. Bulletin Pédologique de la FAO n° 57, 272 p.  
University Press, Cambridge, UK et New York, NY, USA., 18 p.
- **WIGLEY T., 2008.** MAGICC/SCENGEN 5.3: user manual (version 2), National Center for Atmospheric Research, Colorado, 81 p.



- **YEHIAOUI D., 2015.** Impact des variations climatiques sur l'agriculture en Oranie. Thèse de Magistère en Biologie. Université d'Oran 1, 121 p.

### **Site d'internet :**

- <http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at>
- [http://www.wilayabiskra.dz/Service\\_Agricoles.aspx](http://www.wilayabiskra.dz/Service_Agricoles.aspx).
- <http://fibladi.dz/actualité/l-info/item/693505-l'agriculture-saharienne-par-hassanhaddouche>
- <http://la.climatologie.free.fr>
- <http://planbleu.org>
- <http://www.agrhymet.ne>
- <http://www.alterrebourgognefranchecomte.org>
- <http://www.bernard-deschamps.net/2016/08/quelle-agriculture-pour-l-algerie.html>
- <http://www.climat.be>
- <http://www.climatechallenge.be>
- <http://www.clubdesargonautes.org>
- <http://www.co2solidaire.org>
- <http://www.coalition-eau.org>
- <http://www.developpement-durable.gouv.fr/giec>
- <http://www.fao.org>
- <http://www.ladocumentationfrancaise.fr>
- <http://www.leconews.com/dyn/imprimer.php?link=http://www.leconews.com/fr/actualites/nationale/agriculture/biskra-terre-de-predilection-du-maraichage-02-09-2011-Mourad-Allal>
- <http://www.meteo.dz>
- <http://www.noaa.gov>
- <http://www.rac-f.org>
- <https://ec.europa.eu>
- <https://fr.wikipedia.org>
- <https://unfccc.int>
- <https://www.eike-klima-energie.eu>
- <https://www.intellego.fr>
- <https://www.ipcc.ch>
- <https://www.notre-planete.info>

---

## **ANNEXES**

---

## ANNEXES

Number= 605250  
Name= BISKRA  
Country= ALGERIA  
Lat= 34.8  
Long= -5.7  
Height= 87  
Start year= 1932  
End year= 2015  
First Good year= 1932  
Source ID= 10  
Source file= Jones  
Jones data to= 2012  
Normals source= WMO  
Normals source start year= 1961  
Normals source end year= 1990  
Normals= 11.8 13.7 16.4 19.9 24.8 29.9 33.2 32.8 28.2 22.3  
16.3 12.5  
Standard deviations source= Data  
Standard deviations source start year= 1941  
Standard deviations source end year= 1990  
Standard deviations= 1.3 1.5 1.6 1.6 1.6 1.2 1.3 1.3  
1.3 1.6 1.1 1.3  
Obs:  
1932 -99.0 -99.0 -99.0 -99.0 25.4 29.7 31.9 30.8 29.5 23.5 16.0  
12.9 -99 -99 -99 -99 504 504 504 504 504 504 504  
504  
1933 11.2 13.6 15.8 20.2 25.2 27.6 33.4 32.2 28.9 25.1 14.3  
10.6 504 504 504 504 504 504 504 504 504 504 504  
504  
1934 10.8 11.7 13.7 20.8 23.9 30.5 33.3 32.8 27.6 21.5 -99.0  
-99.0 504 504 504 504 504 504 504 504 504 504 -99  
-99  
1935 8.7 12.8 15.6 20.1 23.6 -99.0 33.5 -99.0 29.2 21.3 17.4  
13.5 504 504 504 504 504 -99 504 -99 504 504 504  
504  
1936 13.2 15.7 17.5 21.4 22.9 29.0 33.9 32.1 29.5 20.3 14.3  
10.7 504 504 504 504 504 504 504 504 504 504 504  
504  
1937 10.9 14.8 15.5 19.8 24.6 32.1 33.3 33.4 28.2 23.6 17.9  
9.9 504 504 504 504 504 504 504 504 504 504 504  
504  
1938 11.2 10.9 14.7 17.1 22.8 29.8 33.1 33.0 29.2 -99.0 16.8  
11.4 504 504 504 504 504 504 504 504 504 -99 504  
504  
1939 11.4 13.6 13.4 17.9 21.0 -99.0 33.6 32.7 27.4 23.4 16.4  
12.6 504 504 504 504 504 -99 504 504 504 504 504  
504  
1940 11.5 14.5 18.3 19.4 24.9 26.3 31.4 31.5 27.9 22.4 15.9  
-99.0 504 504 504 504 504 504 504 504 504 504 504  
-99  
1941 -99.0 14.8 16.7 -99.0 -99.0 29.2 -99.0 34.3 27.1 21.6 15.6  
11.4 -99 504 504 -99 -99 504 -99 504 504 504 504  
504

Biskra Tmin 34.9 5.7 124m BISKRA ALGERIA 18781961

1910 63 74 93 140 164 217 267 256 203 183 113 92  
1911 69 76 103 135 171 238 262 266 218 187 114 104  
1912 77 99 -999 126 190 210 269 266 205 156 92 62  
1913 80 90 112 137 187 236 258 263 241 178 124 85  
1914 70 94 126 162 190 232 265 250 225 170 114 59  
1915 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999  
1916 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999  
1917 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999  
1918 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999  
1919 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999  
1920 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999  
1921 67 83 102 125 177 217 264 263 244 170 106 70  
1922 -999 87 122 151 183 234 266 268 219 175 111 57  
1923 57 82 103 132 187 210 259 257 214 176 114 65  
1924 61 70 113 146 209 240 265 264 250 177 119 80  
1925 47 72 91 141 180 240 256 266 227 154 113 71  
1926 77 97 119 148 180 231 258 254 236 194 134 63  
1927 -999 79 114 147 202 254 279 243 244 166 119 88  
1928 78 89 112 151 179 236 263 275 235 183 106 68  
1929 46 73 106 147 180 232 261 -999 225 155 103 82  
1930 -999 -999 124 141 190 -999 269 264 225 185 114 98  
1931 75 68 132 147 193 270 283 290 228 174 127 62  
1932 58 62 104 138 201 234 252 250 238 178 106 83  
1933 60 75 111 139 193 218 263 256 232 193 103 61  
1934 58 71 83 142 177 246 263 268 225 161 116 87  
1935 48 66 106 144 -999 -999 263 272 230 169 127 69  
1936 62 -999 -999 154 -999 230 272 254 234 -999 -999 59  
1937 59 73 -999 -999 -999 256 264 253 222 -999 132 -999

Biskra Tmax 34.9 5.7 124m BISKRA ALGERIA 18781961

1910 170 188 222 263 287 347 412 384 314 295 211 170  
1911 143 174 211 247 289 369 398 393 340 284 210 194  
1912 170 208 253 253 342 359 419 395 304 250 187 154  
1913 170 184 -999 250 312 366 399 392 358 278 216 169  
1914 144 177 240 274 306 349 397 364 328 266 204 158  
1915 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999  
1916 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999  
1917 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999  
1918 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999  
1919 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999  
1920 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999 -999  
1921 180 192 207 231 292 343 399 385 363 280 212 169  
1922 -999 188 235 277 312 362 393 395 327 282 200 190  
1923 144 188 206 243 307 329 392 389 326 294 209 161  
1924 164 172 213 274 339 361 439 399 373 273 213 171  
1925 167 185 184 261 292 362 381 395 339 263 199 180  
1926 180 215 241 262 298 359 391 380 356 303 225 163  
1927 -999 186 220 277 316 383 415 401 392 271 212 172  
1928 159 189 208 275 299 378 392 403 350 281 205 180  
1929 147 169 208 262 303 355 388 -999 329 264 203 190  
1930 -999 -999 235 250 312 -999 401 392 342 295 236 180  
1931 162 162 252 265 320 405 423 422 338 285 227 157  
1932 157 164 216 265 320 364 386 376 356 288 204 170  
1933 138 183 203 266 319 338 401 396 349 300 188 140  
1934 152 167 185 274 300 372 402 384 330 269 194 184  
1935 139 176 205 262 -999 -999 405 397 353 268 232 170  
1936 184 -999 -999 268 289 350 405 380 348 -999 -999 155  
1937 170 213 -999 -999 -999 384 402 398 333 -999 244 -999

PRECIPITATION 34.9 5.7 124m BISKRA ALGERIA 18781961

1900-9999-9999-9999-9999-9999-9999-9999-9999-9999-9999-9999

1901-9999-9999-9999-9999-9999-9999-9999-9999-9999-9999-9999

1902 160 110 180 30 240 90 20 20 170 170 380 240

1903 140 0 0 40 0 0 0 0 270 10 10 290

1904 240 460 180 50 0 220 0 0 40 200 0 0

1905 100 0 100 60 40 0 0 0 0 910 130 280

1906 460 0 240 180 30 0 0 0 0 0 180 90

1907 0 90 30 0 0 0 0 0 0 20 230 20

1908 60 270 300 20 10 0 0 0 0 570 110 80

1909 130 110 140 90 0 0 120 0 80 240 70 0

1910 0 340 50 120 810 60 10 0 70 0 0 450

1911 310 30 540 160 240 10 20 0 110 210 90 340

1912 390 130 10 20 0 30 0 0 290 380 0 260

1913 460 380 0 90 20 10 0 0 0 260 0 180

1914 290 200 0 260 210 0 0 0 260 0 80 10

1915 210 20 250 290 330 230 30 0 60 70 80 20

1916 200 200 130 10 0 0 0 0 110 120 610 300

1917 400 70 100 10 20 470 0 0 0 0 140 240

1918 70 180 230 90 60 20 20 0 0 40-9999 0

1919 270 30 50 10 140 280 30 0 500 260 0 0

1920 20 20 10 0 60 420 40 30 10 20 60 60

1921 0 80 310 300 530 0 20 0 190 0 80 90

1922 120 70 60 0 0 20 0 10 10 60 180 340

1923 80 90 10 300 10 10 0 0 100 160 60 10

1924 0 180 140 0 0 10 0 20 0 70 330 20

1925 0 50 300 0 270 0 180 0 340 160 120 100

1926 0 0 0 100 70 0 0 0 70 0 110 140

1927 190 20 340 0 260 70 0 0 130 500 140 790

1928 780 0 170 20 0 0 60 110 50 290 20 190

POUR PLUS DES DONNEES CLIMATIQUES VOIR LE MEMOIRE OU LES SITES DE NOAA.

جامعة محمد خيذر بسكرة  
كلية العلوم الدقيقة وعلوم الطبيعة والحياة  
قسم العلوم الزراعية

استبيان مقدم ضمن متطلبات نيل شهادة الماجستير في العلوم الزراعية  
تخصص: الزراعة والبيئة في المناطق الجافة  
- دراسة ميدانية -

الإشراف: علي مصمودي

الطالب: جمال بوستة

في إطار إنجاز دراسة حول: " آثار التغيرات المناخية على المحاصيل الزراعية والموارد المائية في منطقة بسكرة"، ولغرض جمع البيانات لإعداد هذه الدراسة، نضع بين أيديكم هذا الاستبيان - الإستمارة- آملمين الإجابة على بنوده بدقة وبكل موضوعية، وهذا كل من أجل خدمة العلم وإثراء الإطار المعرفي. ولهذا يشرفنا أن تقوموا بمساعدتنا في إنجاز هذا العمل، ونحيطكم علما أن معلومات هذا الاستبيان سرية ولا تستعمل إلا لغرض علمي بحت. ولذا نرجو من سيادتكم أن تضعوا الجواب المناسب مكان الفراغ المخصص للإجابة على الأسئلة، مع وضع إشارة X في المربع الذي يناسبك.

شاكرين لكم حسن تعاونكم  
وتفضلوا بقبول فائق التقدير والاحترام

السنة الجامعية: 2015 - 2016

القسم الأول: المعلومات الشخصية

1- الجنس :  ذكر  أنثى

2- العمر:  من 40 إلى 50 سنة  من 50 إلى 60 سنة  
 من 60 سنة فأكثر

3- سنوات الخبرة:  أقل من 10 سنوات  من 10 إلى 20 سنة  
 من 20 على 30 سنة  من 30 سنة فأكثر

القسم الثاني: محاور الاستبيان

المحور الأول (X): تغير المناخ

الرقم	الفقرة	معارض	محايد	موافق
1	هناك امتداد في فصل الصيف			
2	هناك امتداد في فصل الشتاء			
3	تغيرت درجة الحرارة في السنوات الأخيرة			
4	زادت درجة الحرارة في الصيف			
5	زادت درجة الحرارة في الشتاء			
6	زادت فترة لجفاف في السنوات الأخيرة			
7	زادت الأمطار في السنوات الأخيرة			
8	زادت الرياح في السنوات الأخيرة			
9	زادت الرطوبة الجوية في السنوات الأخيرة			
10	هناك تغير مناخي بين الماضي والحاضر			



المحور الثاني (٧): آثار تغير المناخ على الزراعة

الرقم	الفقرة	معارض	محايد	موافق
1	هناك تغير في المواسم الزراعية في السنوات الأخيرة			
2	تغيرت مراحل نمو النباتات خلال السنة			
3	أثر تغير المناخ على انخفاض الغلة (المنتج)			
4	أثر تغير المناخ على نوعية المنتج			
5	أدى تغير المناخ إلى زيادة التكاليف			
6	أدى تغير المناخ إلى نقص خصوبة التربة			
7	أدت التغيرات المناخية إلى تنوع الحشرات و أمراض النباتات			
8	أدت التغيرات المناخية إلى زيادة ظهور الأعشاب الضارة			
9	أثر تغير الحرارة على الزراعة			

إذا كان هناك تأثير للحرارة على الزراعة، أذكر المحاصيل المتأثرة وكيف تأثرت؟

.....  
.....

10	أثر تغير الرطوبة الجوية على الزراعة			
----	-------------------------------------	--	--	--

إذا كان هناك تأثير للرطوبة على الزراعة، أذكر المحاصيل المتأثرة وكيف تأثرت؟

.....  
.....

11	أثر تغير الرياح على الزراعة			
----	-----------------------------	--	--	--

إذا كان هناك تأثير للرياح على الزراعة، أذكر المحاصيل المتأثرة وكيف تأثرت؟

.....  
.....

12	أثر تغير الأمطار على الزراعة			
----	------------------------------	--	--	--

إذا كان هناك تأثير للأمطار على الزراعة، أذكر المحاصيل المتأثرة وكيف تأثرت؟

.....  
.....

الزراعة التي تأثرت بصورة واضحة بالتغيرات المناخية هي:	13
<input type="checkbox"/> الحبوب <input type="checkbox"/> النخيل <input type="checkbox"/> المشاتل <input type="checkbox"/> الزراعات المحمية (البيوت البلاستيكية) <input type="checkbox"/> الزراعات الحقلية (خارج البيوت البلاستيكية)	

### المحور الثالث (Z): آثار تغير المناخ على الموارد المائية

الرقم	الفقرة	معارض	محايد	موافق
1	أثرت زيادة الحرارة على عدد مرات السقي			
2	حدث جفاف للآبار في السنوات الأخيرة			
3	زاد مستوى المياه في الآبار			
4	زادت ملوحة المياه			
5	زاد عمق مياه المنقب (فوراج)			
6	أدى تغير المناخ إلى نقص الإرتوازية			
7	أدى تغير المناخ إلى نقص السقي بمياه الوديان			
8	زادت تكاليف السقي			
9	تأثرت الموارد المائية بالتغير المناخي			

ما هي الطرق المتبعة من أجل تأقلم الزراعة مع التغيرات المناخية الحالية، و ما هي اقتراحاتكم:

- ..... ●
- ..... ●
- ..... ●
- ..... ●
- ..... ●
- ..... ●
- ..... ●
- ..... ●

انتهى وشكرا