



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

البشير الإبراهيمي برج بوعريريج

Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الارض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

قسم العلوم البيولوجية

Département des Sciences Biologiques

Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine Des Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biodiversité et conservation des écosystèmes.

Thème

**Impact des changements climatiques sur la production
céréalière au niveau des hauts plateaux**

Bordj Bou Arreridj.

Présenté par :

M . Rebouh Nazih Yacer

M . Saoud Bilal

Devant le jury :

Présidente : M^{ème} IZEMRAN

MAA. (Université de BBA)

Encadrant : M .LATATI.M

MCB. (Université de BBA)

Examineur 1 : M.MAMERI.

KMAA. (Université de BBA)

Examineur 2 : M AOUICHE. A

MCB. (Université de BBA)

Année universitaire : 2014/2015.

Sommaire

Remerciement	
Dédicaces	
Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction.....	01
Chapitre I La céréaliculture.	
1. Généralités sur la céréaliculture en Algérie	03
1.1. Production céréalière	03
1.2. Valeurs alimentaires	03
1.3. Statut économique des importations céréalières en Algérie.....	03
1.4. Zones de production de blé en Algérie	04
2. Biologie et cycle végétatif du blé	04
2.1. Cycle biologique du blé	04
2.2. Les stades de développement phénologique du blé... ..	05
a) Germination-levée	05
b) Tallage	05
c) Montaison- Gonflement	06
d) Epiaison- Floraison	06
e) Remplissage du grain	06
2.3. Les exigences du blé	06
a) Le sol	06
b) L'eau	07
c) La Température	07
Conclusion	08
Chapitre II Les Changements Climatiques.	
1. Définition du changement climatique	09
2. Définition de l'effet de serre	09
3. Evolution du climat	09
3.1. Dans le monde.....	09
3.2. En Algérie	10

3.2.1. Evolution des températures	10
3.2.2. Evolution des précipitations	10
3.2.3. Sécheresse	10
3.2.4. Projections climatiques sur l'Algérie	11
4. Les causes de l'évolution du climat	11
5. Les émissions des gaz à effet de serre	13
6. Impacts des Changements Climatiques	13
6.1. Impact sur l'agriculture	14
6.2. Impact sur la biodiversité et les écosystèmes.....	14
6.3. Impact sur la production agricole	14
7. Evolution de la production céréalière	14
7.1. Evolution de la production céréalière sans changements climatiques à l'horizon 2020	14
7.2. Evolution de la production céréalière avec changements climatiques à l'horizon 2020.....	15
7.3. Options et stratégies d'adaptations pour palier l'effet des changements climatiques sur le rendement des céréales	16
a) Cultures céréalières et application de l'irrigation complémentaire	16
b) Cultures céréalières et irrigation totale	16

Chapitre III Matériels et méthodes et présentation de la zone d'étude.

1. Matériels et Méthodes	18
1.1. Matériels utilisés	18
1.2. Méthode et stratégie de recherche	18
2. Sources des données	19
2.1. Données climatiques	19
2.2. Données agricoles	19
3. Présentation de la zone d'étude	20
3.1. Organisation administrative	20
3.2. Cadre physique	21
3.2.1. Relief et morphologie	21
3.2.2. Hydrologie	23
3.2.3. Population	24
3.3. Présentation du secteur agricole	24
3.3.1. Les superficies	24

3.3.2. Répartition de la Surface Agricole Utile	24
3.3.3. L'occupation du sol	25

Chapitre IV Résultats et discussions.

1.Résultat.....	26
1.1.Evolution climatique de la région de BBA	26
1.1.1. Evolution des températures	26
a) Températures mensuelles	26
b) Températures annuelles	26
1.1.2. Etude des précipitations	27
a) Précipitations mensuelles	27
b) Précipitations annuelles	28
1.1.3. Diagrammes ombrothermiques de BAGNOULS et GAUSSEN	28
1.1.4. Quotient pluviométrique d'EMBERGER et étage bioclimatique	29
1.2. Etat actuelle de la filière du blé dure de la région de BBA.....	31
1.2.1. Evolution des productions de 1997-2014.....	31
1.2.2. Evolution des superficies de 1997 -2014	32
1.2.3. Evolution des rendements 1997-2014	33
1.3. Analyses spatio-temporelle de l'évolution dela production céréalière de la wilaya de BBA.....	34
1.3.1. Effet de l'évolution temporelle sur la dynamique de la production céréalière dans la willaya de BBA	34
1.3.2. Effet de l'évolution temporelle sur la dynamique climatique dans la willaya de BBA.....	36
1.3.3. Relation et tendance entre l'évolution climatique et la production céréalière dans la willaya de BBA	38
a) Cercle de corrélation	38
b) Matrice de corrélation R	39
1.3.4. Effet de la variabilité spatiotemporelle sur le potentielle de la production sous l'effet des changements climatiques	39
a) Classification des années en fonction des variables : rendement, température maximale, température minimale et précipitation.....	39
b) Classification des régions en fonction des variables : rendement, température maximale, température minimale et précipitation.....	41

2.Discussion..... 42

Conclusion..... 45

Références bibliographiques.

Résumé

Liste des abréviations

ACP: Analyse en Composant Principale.

AHC: Analyse de Classification Hiérarchique.

CC: Changement Climatique.

DSA: Direction des Service Agricole.

ES: Evaporation Sol.

ETR: Evapotranspiration Réelle.

GES: Gaz à Effet de Serre.

GIEC: Groupe d'experts Intergouvernementale sur l'Evolution de Climat.

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change.

ONM: Office Nationale de Météorologie.

SAU: Surface Agricole Utile.

VAG: Veil Atmosphérique Globale.

Liste des figures

Figure 01: Les différents stades de développement du blé	05
Figure 02: Evolution de l'émission des GES anthropique dans le temps.....	12
Figure 03: Carte administrative de la Wilaya de BBA.....	21
Figure 04: Carte des zones par rapport aux reliefs de BBA	23
Figure 05: Répartition de la SAU dans la wilaya de BBA	25
Figure 06: Occupation de la SAU de la wilaya de BBA	25
Figure 07: Variabilité des précipitations mensuelles pendant 1983-2013	26
Figure 08: Variation des températures minimales moyennes de 1983 jusqu'à 2013	26
Figure 09: Variation des températures maximales moyennes de 1983 jusqu'à 2013 ...	27
Figure 10: Variabilité des précipitations mensuelles pendant 1983-2013	27
Figure 11: L'évolution des précipitations annuelles pendant 1983-2013	28
Figure 12: Diagrammes ombrothermiques de la station de BBA.....	29
Figure 13: Climagramme d'Eemberger de la région de BBA (Période ancienne)	30
Figure 14: Climagramme d'Eemberger de la région de BBA (Période récente).....	31
Figure 15: Evolution des productions céréalières de 1997-2014	32
Figure 16: Evolution des superficies céréalières de 1997 -2014	33
Figure 17: Evolution des rendements céréaliers de 1997-2014	33
Figure 18: Relation et tendance entre l'évolution climatique et la production céréalière dans la willaya de BBA	38
Figure 19: Classification des années en fonction des variables : le rendement, la température maximale, la température minimale et les précipitations....	40
Figure 20: Classification des régions en fonction des variables : le rendement, la température maximale, la température minimale et les précipitations....	41

Liste des tableaux

Tableau I	Caractéristiques des grandes zones de production céréalière algérienne.....	04
Tableau II	Variations des températures (T), des précipitations (P), de l'évapotranspiration potentielle (E) et de l'indice hydrique ($H = E - P$) entre les périodes 1931-1960 et 1961-1990.....	10
Tableau III	Construction de scénarios de la production céréalière à l'horizon 2020.....	15
Tableau IV	Classification des options en matière de céréaliculture.....	17
Tableau V	Organisation administrative de la wilaya de BBA.....	20
Tableau VI	Les différentes superficies du secteur agricole de la wilaya de BBA.....	24
Tableau VII	Les données climatiques durant 1997-2005 (période ancienne).....	29
Tableau VIII	Les données climatiques durant 2006-2014 (période récente).....	30
Tableau IX	Résultats d'ANOVA pour les productions.....	34
Tableau X	Résultats du test de classification des groupes homogènes de la production.....	34
Tableau XI	Résultats d'ANOVA pour les superficies.....	35
Tableau XII	Résultats du test de classification des groupes homogènes de la superficie.....	35
Tableau XIII	Résultats d'ANOVA pour les rendements.....	35
Tableau XIV	Résultats du test de classification des groupes homogènes du rendement.....	35
Tableau XV	Résultats d'ANOVA pour les températures minimales.....	36
Tableau XVI	Résultats du test de classification des groupes homogènes des températures minimales.....	36
Tableau XVII	Résultats d'ANOVA pour les températures maximales.....	36
Tableau XVIII	Résultats du test de classification des groupes homogènes des températures maximales.....	37
Tableau XIX	Résultats d'ANOVA pour les précipitations.....	37
Tableau XX	Résultats du test de classification des groupes homogènes des précipitations.....	37
Tableau XXI	Relation et tendance entre l'évolution climatiques et la production céréalière dans la wilaya de BBA	39

Introduction

Les céréales constituent la première ressource en alimentation humaine, et la principale source de protéine, ils fournissent aussi une ressource privilégiée pour l'alimentation animale et de multiples applications industrielles (Bonjean et Picard, 1990). La presque totalité de la nutrition de la population mondiale est fournie par les aliments en grain dont 95% sont produites par les principales cultures céréalières, ces dernières occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans le système agricole (Slama *et al.*, 2005).

Les consommations alimentaires des pays du Maghreb dépassaient, en moyenne nationale, la couverture des besoins nutritionnels estimés des individus, laissant des franges importantes de la population en situation difficile (Allaya, 1993). L'Algérie se situe ainsi au premier rang mondial pour la consommation de blé, avec plus de 200 kg en 2003, l'Egypte se situant à 131 kg et la France à 98 Kg (FAOSTAT, 2006). En effet les céréales constituent la base du modèle de consommation alimentaire dans ce pays, comme dans la plupart des pays méditerranéens (Padilla, Oberti, 2000) : 54% des apports énergétiques et 62% des apports protéiques journaliers provenaient de ces produits en 2003 et le blé représentait 88% des céréales consommées.

L'Algérie a atteint au début du vingtième siècle un chiffre de 3,5 millions de tonnes en termes d'importation de céréale. Le rendement national de cette culture est le plus faible du bassin méditerranéen (Belaid, 2000), cependant les importations de blé ont atteint 5,334 millions de tonnes de janvier à fin octobre 2013 (CNIS, 2013), de ce fait l'Algérie achète annuellement plus de 5% de la production céréalière mondiale, cette situation risque de se prolonger durant plusieurs années, faute de rendements insuffisants et des besoins de consommation sans cesse croissants fasse à une forte évolution démographique (Chellali, 2007). Une production très insuffisante de 2.7 Mt pour couvrir les besoins du marché national et alimenter les stocks pousse à faire un recours systématique aux importations (FAO, 2007).

Cette faiblesse de la production de blé en Algérie était toujours liée aux effets du stress hydrique qui se fait ressentir de manière très importante depuis ces dernières années (Chaise *et al.*, 2005), ainsi que les basses températures hivernales et printanières (Annichiarico *et al.*, 2005) étant donné que la plus grande partie de la superficie réservée aux céréales se situe dans les zones arides et semi-arides (El Mourid *et al.*, 1996) qui se caractérisent par une forte irrégularité des précipitations et de fortes températures sur une grande partie de l'année (Boutfirass *et al.*, 1994), puisque durant les trois dernières décennies, un changement climatique (CC) a été constaté au niveau planétaire. Ce changement s'est traduit par une augmentation de la température moyenne, une plus forte variabilité de la pluviométrie et l'augmentation de l'occurrence de conditions extrêmes telles que les inondations, les

sécheresses, les cyclones, les tsunamis (GIEC, 2007). Donc l'évolution climatique notée ces dernières années (24 ans) affecte-elle significativement la production céréalière dans notre pays ? Es ce que les changements climatiques ont un impact direct ou indirect sur l'évolution du rendement céréalier en Algérie ?

Pour répondre à ses questions pertinentes et faire face à cette problématique qui est en relation non seulement avec l'économie du pays, mais aussi met en évidence l'insécurité alimentaire de notre population, nous avons essayé à travers ce travail de décortiquer cette énigme afin de contribuer à franchir ces incohérences. Pour cela nous avons scindé notre travail en deux grandes parties :

- **Partie théorique** : consacré à la synthèse bibliographique dont elle est divisée en trois chapitres, le premier chapitre évoque l'importance de la céréaliculture et sa place en Algérie, tandis que le deuxième converge sur la notion du changement climatique et ses différentes approches dans le monde, alors que le troisième chapitre traite l'impact de ces changements sur l'agriculture en générale et la céréaliculture d'une façon particulière.
- **Partie pratique** : cette partie est divisée en deux grands chapitres, le chapitre 1 consacré à la présentation de la zone d'étude ainsi que l'itinéraire emprunté (méthodologie) pour la résolution de notre problématique, alors que le chapitre 2 expose les résultats obtenus et la discussion de ces derniers.

Objet de l'étude

Notre travail consiste à étudier tous les facteurs possibles qui réagissent sur la production céréalière, pour cela nous avons réalisé le travail suivant :

- Une analyse climatique, nous avons entrepris cette analyse en comparant les conditions climatiques anciennes (1990-2004) avec les données actuelles (2004-2014). Nous avons aussi étudié la tendance des précipitations et de températures au niveau de la zone d'étude sur une période de 24 ans (1990/2014).
- Etude de l'évolution de production des céréales, quantifier et localiser les régions, A fin de voir comment réagissent-elle aux changements du climat.
- Enfin nous avons étudié statistiquement (Analyse factorielles des correspondances multiple) l'influence de certains facteurs (précipitations, température minimale, température maximale...etc.) sur la production.

Chapitre I : La céréaliculture

En botanique le blé dur est une céréale la plus employée dans l'alimentation de l'homme et des animaux (Cheftel et Cheftel, 1992). Les grains de blé dur donnent de la semoule après avoir été moulu, cette semoule est valorisée dans la fabrication des pâtes alimentaires (Jeantet *et al.*, 2006). En Algérie, les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale. Cette caractéristique est perçue d'une manière claire à travers toutes les phases de la filière ((Djermoun, 2009).

1. Généralités sur la céréaliculture en Algérie

1.1. Production céréalière

La production des céréales via le système de production végétale jachère-céréales, occupe environ 80% de la superficie agricole utile (SAU) du pays, la superficie emblavée annuellement en céréales se situe entre 3 et 3,5 million d'ha. Les superficies annuellement récoltées représentent 63% des emblavures. A cet effet, la céréaliculture demeure une spéculation dominante dans le système de sécurité alimentaire (Djermoun, 2009).

La culture céréalière est généralement pratiquée par la majorité des exploitations, associée dont elle est intégrée en rotation avec la jachère à l'échelle de territoire nationale. En outre, le système de production végétale céréales-jachère est une spéculation présente dans tous les étages bioclimatiques, y compris dans les zones sahariennes. En matière d'emploi, plus de 500 000 emplois permanents et saisonniers sont procurés par le système céréalier (RGA, 2001).

1.2. Valeurs alimentaires

La consommation des produits céréaliers se situe à un niveau d'environ 205 kg /habitat/an (Chehat, 2007). Cependant, les céréales et leurs dérivés constituent l'épine dorsale du système alimentaire en Algérie. De plus, elles fournissent plus de 60% de l'apport calorifique et 75 à 80% de l'apport protéique de la ration alimentaire. C'est ainsi, au cours de la période 2001-2003, les valeurs énergétiques moyennes du blé représentent un apport équivalent à 1505,5 Kcal/personne/jour, 45,533 gr de protéine /personne/j et 5,43 gr de lipide/personne /J (FAO 2007).

1.3. Statut économique des importations céréalières en Algérie

En relation avec le marché mondial, les produits céréaliers représentent plus de 40% de la valeur des importations des produits alimentaires. Les produits céréaliers occupent le premier rang (39,22 %), devant les produits laitiers (20,6%), le sucre et sucreries (10%) et les huiles et corps gras (10%) (Djermoun, 2009). De 1995 à 2005, le marché Algérien a absorbé, en moyenne annuelle, 244903 tonnes de blés dont 70,44% de blé dur, soit 2990265 tonnes

représentant une valeur de 858 millions de dollars dont 60,36% de blé dur, soit 518 millions de dollars (Chehat, 2007).

1.4. Zones de production de blé en Algérie :

La culture céréalière en Algérie est pratiquée sur une aire géographique très variable du point de vue climatique, allant du sub humide à l'aride, avec une forte concentration sur la tranche 300-400 mm (Feliachi, 2000; Cadi, 2005), qui marque d'une profonde empreinte la production quantitativement et qualitativement (Mekhlouf, 1998). Les principales parties de l'emblavure céréalière se trouvent sur les hautes plaines, cette région est caractérisée par des altitudes qui se varient entre 900 et 1200m, des hivers froids et un régime hydrique irrégulier et faible (Baldy, 1974). La superficie cultivable empiète sur cinq grands ensembles (voir tableau 1) qui se différencient par le cumul annuel des pluies qui déterminent dans une large mesure le potentiel de production.

Tableau 1 : Caractéristiques des grandes zones de production céréalière algérienne

Zones	Pluie (mm)	Céréale(10 ³) tonne	Jachère (10 ³) tonne	Stresse
Littoral	600	64	0	Néant
Plaine intérieure	450-600	850	400	Gel
Haut plateaux	350-450	1500	900	Gel-sec
Steppe	200-350	400	0	Sec
Montagne	350-600	300	0	–

Source : MARA, 1992

2. Biologie et cycle végétatif du blé

2.1. Cycle biologique du blé (figure 1)

- **La période végétative** : Elle commence de la levée à la fin du tallage. Elle se caractérise par l'apparition successive des premières feuilles, imbriquées les unes dans les autres au niveau du plateau de tallage. Dès que la quatrième feuille émerge, la talle primaire apparaît à l'aisselle de la feuille la plus âgée. Le tallage qui commence pendant cette phase est un simple processus de ramification. Le nombre de talles formées est fonction de l'espèce et du génotype (Soltner, 1980).
- **La période reproductrice** : Elle est caractérisée essentiellement par le passage de l'apex ou bourgeon terminal de la période végétative à une ébauche d'inflorescence (ébauche épi). Elle débute au cours du tallage et compte trois stades: la formation de l'ébauche épi, l'initiation florale (montaison-gonflement) et la méiose – fécondation (Hubert, 1998; Soltner, 2005).

- **La période de maturation** : Elle s'étend de la fécondation à la maturation complète du grain. Elle est caractérisée par l'élongation du dernier entre-nœud qui élève l'épi au-dessus de la dernière feuille et par l'élaboration des substances de réserves (amidon, protéines) grâce à leur migration vers l'albumen du grain. Au cours de cette période, le grain passe successivement par trois stades: grain laiteux, grain pâteux et grain dur (Soltner, 2005).

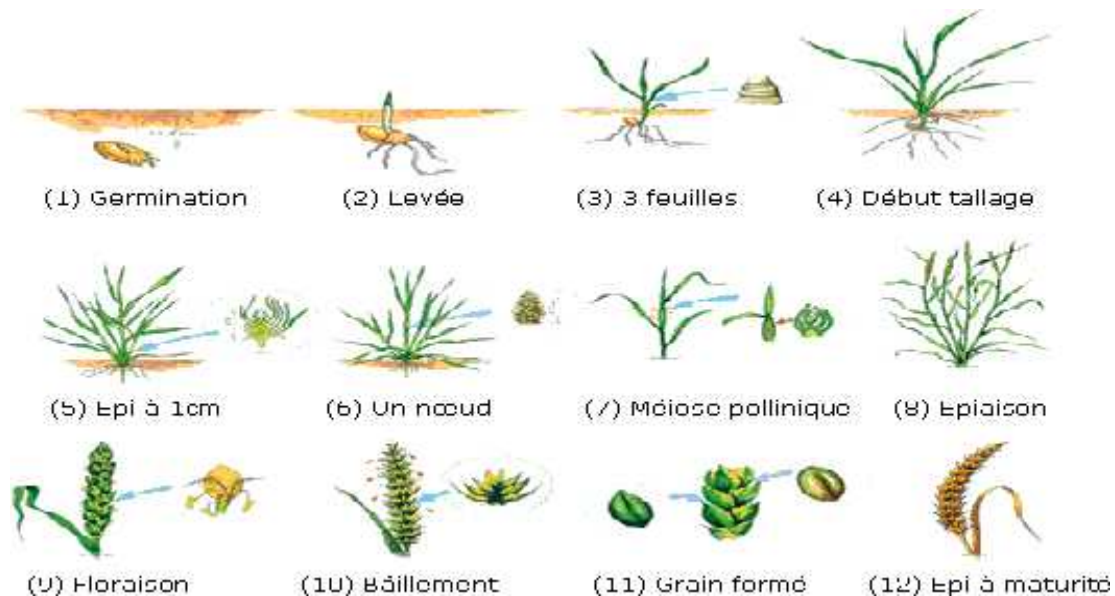


Figure 1 : Les différents stades de développement du blé (Soltner, 2005)

2.2. Les stades et phases repérés :

a) Germination-levée : cette phase correspond à la mise en place du nombre de pieds/m². Le sol est percé par la coléoptile qui est un étui protecteur de la première feuille. La levée est notée quand 50% des plantes sont sorties de la terre. Pendant ces phases, les jeunes plantes sont sensibles au manque d'eau qui provoque une perte des plantes et au froid qui provoque le déchaussage (Karouet *al*, 1998).

b) Tallage : le début de cette phase est marqué par l'apparition de l'extrémité de la première feuille de la talle latérale primaire puis d'autres talles naissant successivement à l'aisselle des 2^{ème} et 3^{ème} feuille de la tige centrale, l'ensemble restant court noué, formant un plateau de tallage t situé juste au niveau du sol. Ces talles primaires peuvent ensuite émettre des talles secondaires, les quelles à leur tour émettent des talles tertiaires (Belaid, 1986. Gates, 1995). La fin du tallage est celle de la fin de la période végétative, elle marque le début de la phase reproductive, conditionnée par la photopériode et la vernalisation qui autorisent l'élongation des entre-nœuds (Gate,1995).

c) Montaison- Gonflement : elle se manifeste à partir du stade épi à 1 cm, par l'élongation du premier entre-nœud (Gate, 1995). Ce stade est sensible aux basses températures variant

entre (4 et 0 C°). Selon Baldy (1984), la montaison constitue la phase la plus critique du développement du blé. Tout stress hydrique ou thermique au cours de cette période réduit le nombre d'épis montant par unité de surface, cette phase s'achève une fois l'épi prend sa forme définitive à l'intérieur de la gaine de la feuille étandard qui gonfle (stade Gonflement).

d) Epiaison- Floraison : L'épiaison se termine par l'apparition de l'épi hors de la gaine de la dernière feuille. Les épis dégainés fleurissent généralement entre 4 et 8 jours après l'épiaison (Bahlouliet *al*, 2005). Les basses températures au cours de ce stade réduisent fortement la fertilité des épis (Abbassenneet *al*, 1998).

e) Remplissage du grain : Après la fécondation, l'évolution du poids du grain se fait en trois étapes : phase de multiplication des cellules, phase de remplissage du grain dont les fortes températures au cours de cette phase provoque l'échaudage du grain et enfin la phase de dessèchement du grain, qui prend de son humidité pour atteindre son poids sec final (Wardlaw, 2002).

2.3. Les exigences du blé

a) Le sol : L'alimentation hydrique d'une plante ou d'un couvert végétal est gouvernée par les relations sol-plante fondées sur les caractéristiques du sol et des plantes (Oliosio, 2006). Le sol est le support de la végétation, son garde-manger et son réservoir en eau (Girard *etal*, 2005). En effet, le sol agit par l'intermédiaire de ses propriétés physiques, chimiques et biologiques. Il intervient par sa composition en éléments minéraux, en matière organique et par sa structure, et jouent un rôle important dans la nutrition du végétal, déterminant ainsi l'espérance du rendement en grain. Les réserves en eau dans le sol sont définies par la réserve utile, calculée sur la profondeur maximale d'enracinement (Oliosio, 2006). La profondeur du profil du sol joue le rôle de réservoir d'eau. En absence d'obstacles, le blé colonise intensément et profondément les sols (Nicoullaud, 1995). Le sol constitue donc pour le végétal une retenue d'éléments nutritifs dont le niveau de disponibilité marque le rayon de développement racinaire (Bonnefoy, 2007) Cependant, le blé s'accommode bien à la terre argilo-calcaire ou limoneuse à limono-argileuse, qui assure aux racines fasciculées du blé une grande surface de contact (Soltner, 2000). Par contre les sols, légers et acides, ne sont pas recommandés pour le blé dur (Novak *et al.*, 2006).

b) L'eau : L'eau est un facteur de l'environnement qui influence la quasi-totalité des réactions physiologiques des végétaux. La littérature sur les recherches traitant les relations entre l'eau et la physiologie des plantes est riche. Les grandeurs liées au contenu en eau des tissus indiquent que l'eau est le principal constituants des végétaux, avec 60% à 80% de leur poids de matière fraîche (Duthil, 1973; Catell, 2006). Les différentes phases de développement végétatif du blé nécessitent des besoins en eau dont ils sont exprimés par l'évapotranspiration

réelle (ETR) qui est la somme de la quantité d'eau transpiration (T) par le végétal et celle évaporée du sol (Es). Doorenbos et Pruit(1975) définissent les besoins en eau d'une culture par la hauteur d'eau exprimée en millimètre (mm) nécessaire pour compenser l'évapotranspiration d'une culture donnée en bon état sanitaire, cultivée sur un champ de conditions climatiques données, régie par des conditions de sols, d'eau et de fertilité non limitantes pour assurer un rendement cultural optimal. L'expression du potentiel de production des génotypes de blé dur est liée à la quantité d'eau consommée par la culture au cours des phases végétatives (Chennafiet *al.*, 2006). Les besoins en eau de la culture varient de 450 à 650 mm (Baldy, 1974; FAO, 2010). Sur les hauts plateaux, la culture du blé dur a besoin de 672 mm au cours de son cycle de développement. Cependant, les besoins en eau décadaires sont 46 mm du stade de fin du tallage au stade de début de la montaison (mars-avril). Ils s'élèvent à 103 mm à la phase gonflement épiaison (Chennafiet *al.*, 2008a). En milieu méditerranéen semi-aride, les besoins en eau du blé s'accroissent en arrière-saison, période critique de rareté de l'eau. Sur les hauts plateaux, seule la période d'hiver s'échappe au déficit pluviométrique. En effet, l'arrière-saison coïncide avec les exigences les plus importantes, à un moment où l'eau est rare (Kelkouli,2000). De nombreuses études soulignent l'effet pénalisant du manque d'eau au cours du stade épiaison au stade grain laiteux pâteux. Un manque d'eau lors de la phase de reproduction engendre une chute importante du rendement (Chennafiet *al.*, 2008b).

c) La Température : Le développement de la plante se réalise sur des étapes distinctes durant lesquelles se forment les composantes constitutives du rendement (Acevedo, 1989). Le rendement dans un environnement donné est directement et indirectement influencé par des facteurs morphologiques, physiologiques, et environnementaux (Prasad *et al.*,2007). Le froid, la sécheresse et les fortes températures limitent la croissance et le développement des différentes composantes au cours des phases végétatives (Evans et Wardlaw, 1976).

La température est la caractéristique environnementale qui contrôle le développement de la plante, elle conditionne à tout moment la physiologie du blé. Une température supérieure à 0°C est exigée pour la germination, le gel printanier affecte la formation de l'épi (Bouzerzour, 1998 ; Tahiret *al.*,1998). La germination du blé n'a lieu qu'au-dessus de 0-3°C, température caractéristique du zéro de végétation (Eliard, 1974). En outre, la variabilité et l'interaction des éléments environnementaux sont à l'origine d'un rendement qui se caractérise par une basse héritabilité et une interaction génotype-environnement élevée (Jackson et al., 1996). Sur les Hauts Plateaux, les gelées sont à craindre pendant la formation de l'épi, pour les génotypes précoces (Bouzerzour et Benmahammed, 1994).

La température est d'une manière générale déterminante dans la croissance et le développement de l'apex de la plante. Elle affecte la valeur du rapport du poids sec de la matière sèche aérienne sur celui de la matière sèche racinaire. Elle intervient dans la régulation l'ouverture des stomates qui intervient entre 20 et 30°C (Hazoune, 2006). Sous conditions optimales une somme de température de 150°C est nécessaire pour accomplir la phase semis - levée, 500°C pour la phase levée- fin tallage et 850°C pour la phase épiaison – maturité physiologique (Soltner, 1985).

Conclusion

Les cultures céréalières sont les plus importantes du point de vue agronomique, socio-économique et culturel dans le monde et en Algérie. En effet les céréales occupent la plus grande superficie agricole cultivée et représentent le premier aliment de base de la population algérienne, dont le blé dur y occupe une superficie importante, ce dernier passe par des phases phénologiques, et besoin à des exigences comme le sol, l'eau et la température.

Chapitre II : Changements Climatiques

Les changements climatiques, tout au long de l'histoire, se sont toujours faits de manière naturelle (Lepage *et al.*, 2011). Cependant, les changements encourus durant le dernier siècle ont davantage été d'origines anthropiques (humaines) engendrés par une augmentation de l'activité humaine qui a des répercussions sur l'activité radiative de l'atmosphère (GIEC, 2007). Ceci s'illustre par un accroissement des gaz à effet de serre qui affectent l'interaction entre l'atmosphère et les différents types de radiations (solaire et terrestre). Toujours d'après le GIEC (2007), les changements climatiques se caractérisent par :

- Une hausse des températures moyennes de l'atmosphère et de l'océan.
- Une variation des précipitations.
- Une fonte massive de la neige et des glaciers.

1. Définition du changement climatique

Selon le GIEC/EPCC (2007) (Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat), le changement climatique s'entend d'une variation de l'état du climat que l'on peut déceler par des modifications de la moyenne et/ou de la variabilité de ses propriétés et qui persiste pendant une longue période, généralement pendant des décennies ou plus. Il se rapporte à tout changement du climat dans le temps, qu'il soit dû à la variabilité naturelle ou à l'activité humaine.

2. Définition de l'effet de serre

L'énergie solaire réchauffe la surface de la planète, qui renvoie une partie de ce rayonnement vers l'extérieur, tandis qu'une partie de cette chaleur est librement relâchée dans l'espace, une certaine proportion est piégée dans les hautes couches de l'atmosphère par des gaz dits à effet de serre, ce qui a pour conséquence de réchauffer la troposphère. De ce fait, sans ce phénomène, toute vie sur terre serait impossible le problème est que les activités humaines (déforestation, transports, industrialisation) conduisent actuellement, à une concentration record de ces gaz (SCIAMA, 2007).

3. Evolution du climat

3.1. Dans le monde

Les mesures terrestres de température réalisées au cours du XX^e siècle montrent une élévation de la température moyenne. Ce réchauffement se serait déroulé en deux phases, la première de 1910 à 1945, la seconde de 1976 à aujourd'hui. Ces deux phases semblent séparées par une période de léger refroidissement. Ce réchauffement planétaire semble de plus corrélé avec une forte augmentation dans l'atmosphère de la concentration de plusieurs gaz à effet de serre, dont le dioxyde de carbone, le méthane et le protoxyde d'azote. L'élévation de

la température moyenne du globe au cours du XX^e siècle aurait donc été de 0,6°C (GIEC, 1997).

3.2. En Algérie

L'Algérie située dans une zone de transition, entre les régimes tempérés et subtropicaux, elle présente une grande sensibilité au climat à cause de la grande variabilité des pluies saisonnières et annuelles (Kara ,2008). D'après Mostefa-Kara (2008), le dérèglement actuel du cycle « évaporation-pluie » conduit à envisager l'occurrence probable d'événements extrêmes comme les sécheresses prolongées ou les inondations catastrophiques et brutales, ce qui constitue une menace sévère sur la santé et la sécurité du citoyen algérien, les ressources en eau et les écosystèmes terrestre.

3.2.1. Evolution des températures

L'examen des températures, en Algérie, pour les périodes 1931-1960 et 1961-1990 met en évidence :

- Une hausse de température moyenne sur l'ensemble du pays au cours des saisons d'hiver et d'automne.
- Une hausse nette des températures minimales et maximales sur l'ensemble des stations de l'Algérie du Nord depuis la décennie 70 et se prolongeant jusqu'à nos jours (Kara ,2008).

3.2.2. Evolution des précipitations

L'examen des précipitations pour les mêmes périodes (1931-1960 et 1961-1990) montre :

- Qu'en automne et en hiver, il y a diminution des pluies sur le Nord.
- Qu'au printemps, la pluviométrie est plus importante à l'Ouest, au Centre et au Sud du pays et qu'il y a diminution des précipitations à l'Est.
- Il y a environ 10 % de baisse des précipitations ces 20 dernières années (Kara ,2008).

3.2.3. Sécheresse

La sécheresse est un phénomène récurrent en Algérie et doit être gérée de façon structurale par la mise en place d'un système de surveillance et d'alerte et par un système d'assurance basé sur la solidarité nationale pour faire face à cette calamité (Kara, 2008).

Tableau2: Variations de température (T), des précipitations (P), de l'évapotranspiration potentielle (E) et de l'indice hydrique ($H = E - P$) entre les périodes 1931-1960 et 1961-1990.

Saison	Automne	Hiver	Printemps	Eté	Anée
Ouest	T: + 0.7C°	+ 0.9C°	0 C°	+ 0.2C°	0.45 C°
	P: - 16mm	- 43 mm	+ 25 mm	+ 12 mm	- 22 mm
	E: +36mm	+ 11 mm	+ 12 mm	+ 51 mm	+110 mm
	H: +52mm	+ 54 mm	-13 mm	+ 39 mm	+ 132 mm
Centre	+ 0.3C°	+ 0.8 C°	-0.3 C°	- 0.2 C°	0.15C°
	+ 2 mm	- 32 mm	+ 16 mm	+ 9 mm	-5 C°
	+ 8 mm	- 2 mm	- 19 mm	+ 37 mm	+ 24 mm
	+ 6 mm	+ 30 mm	-35 mm	+ 28 mm	+ 29 mm
Est	-0.2C°	+ 0.8 C°	+ 0.3 C°	+ 0.2 C°	0.4 C°
	-52 mm	-35 mm	-20 mm	+ 2 mm	-105 mm
	-52 mm	-22 mm	-25 mm	+ 33 mm	- 34 mm
	+32 mm	+ 13 mm	- 5 mm	+ 31 mm	+ 71 mm

Source : DGE, 2001.

3.2.4. Projections climatiques sur l'Algérie

Pour la période 1990 – 2020, la hausse de la température moyenne sera comprise entre 0.8°C et 1,1°C et la baisse des précipitations moyennes sera de l'ordre de 10%. L'élévation du niveau de la mer sera comprise entre 5 et 10 cm. L'intensification de l'évaporation due à l'augmentation de la température s'ajoute à la baisse des précipitations pour diminuer encore plus la quantité des eaux mobilisables au niveau des barrages et des nappes souterraines (Abdelguerfi et Ramdane, 2003).

Les projections à l'horizon 2020 et 2050 indiquent que les saisons seront dérégées et les températures continueront de croître. La période pluvieuse sera concentrée sur une courte période entraînant des risques d'inondations. De même, il y aura une augmentation de la fréquence des sécheresses (Abdelguerfi et Ramdane, 2003).

4. Les causes de l'évolution du climat

Le présent point porte sur les facteurs naturels et anthropiques de l'évolution du climat, et notamment sur les interactions entre les émissions de gaz à effet de serre (GES), la concentration de ces gaz dans l'atmosphère, le forçage radiatif et, enfin, les réactions et les effets du climat (Papa, 2014). Les gaz à effet de serre (GES) sont des composantes gazeuses d'origine naturelle ou anthropique qui, de par leur nature, interagissent avec le rayonnement infrarouge terrestre. Ces gaz s'accumulent dans l'atmosphère et participent à la conservation

de la chaleur de la planète en absorbant le rayonnement infrarouge émis par celle-ci et en le réémettant dans toutes les directions, contribuant ainsi à l'effet de serre (Papa, 2014). Ainsi, il existe plusieurs types de GES, mais les plus répandus sont la vapeur d'eau (H₂O), les hydrocarbures légers comme le dioxyde de carbone (CO₂), l'oxyde nitreux (N₂O), le méthane (CH₄), l'ozone (O₃) et les fluorocarbures comme l'hydrofluorocarbure (HFC), ainsi que d'autres gaz inertes tel que l'hexafluorure de soufre (SF₆). Cependant, selon le rapport de synthèse du (GIEC, 2007), les activités humaines engendrent des émissions de quatre GES à longue durée de vie le CO₂, le CH₄, le N₂O et les hydrocarbures halogénés (un groupe de gaz contenant du fluor, du chlore ou du brome).

Les concentrations atmosphériques de GES augmentent lorsque les émissions l'emportent sur les processus d'absorption. Les émissions mondiales de gaz à effet de serre (GES) imputables aux activités humaines ont augmenté depuis l'époque pré industrielle, avant 1850. Cette hausse a été de 70 % entre 1970 et 2004 (GIEC, 2007). Les rejets annuels de CO₂ qui est le plus important gaz à effet de serre anthropique, ont progressé de 80 % environ entre 1970 et 2004 (GIEC, 2007). La figure 2 qui suit, tirée de (GIEC, 2007), illustre l'évolution de la production de gaz à effet de serre dans le temps.

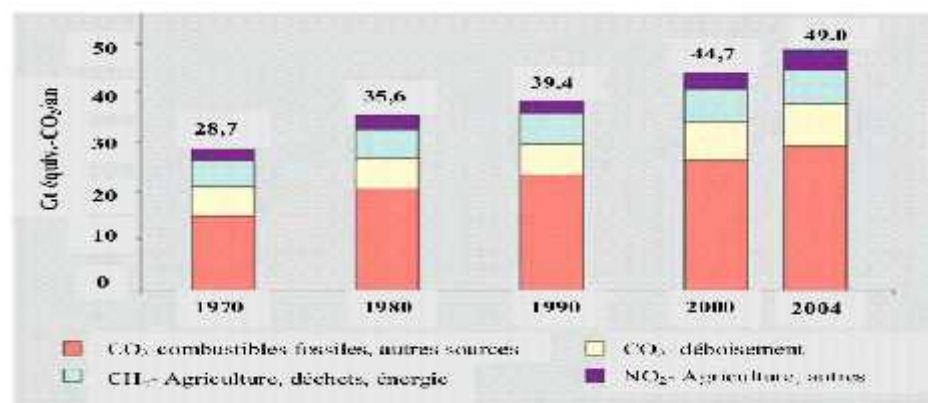


Figure 2: Evolution de l'émission des GES anthropique dans le temps GIEC, (2007).

En 2005, les concentrations atmosphériques de CO₂ et de CH₄ ont largement dépassé l'intervalle de variation naturelle des 650 000 dernières années. La cause première de la hausse de la concentration de CO₂ est l'utilisation de combustibles fossiles (GIEC, 2007). L'augmentation observée de la concentration de CH₄ provient surtout de l'agriculture et de l'utilisation de combustibles fossiles. Cette progression s'est toutefois ralentie depuis le début des années 1990, ce qui concorde avec le fait que les émissions totales (anthropiques et naturelles) ont été quasi constantes durant cette période (GIEC, 2007).

5. Les émissions des gaz à effet de serre

La dernière analyse des données issues du réseau mondial de surveillance des gaz à effet de serre relevant de la VAG (veil le atmosphérique globale), révèle qu'en moyenne mondiale, les concentrations de dioxyde de carbone et de protoxyde d'azote ont atteint de nouveaux pics 380 ppm en 2007, à savoir 319,2 ppm pour le CO₂ et 1 ppb pour le N₂O. Les concentrations de méthane sont restées inchangées.

Ces valeurs dépassent respectivement de 35,4%, de 18,2 % et de 154,7 % celles de l'époque pré-industrielle. Les taux de croissance de ces gaz dans l'atmosphère en 2005 sont proches de ceux des dernières années (Tabet, 2008). Certains composés, tels que les chlorofluorocarbones qui sont de puissants absorbeurs du rayonnement infrarouge, sont peu abondants mais ils progressent à un rythme très rapide. L'ozone présent dans la troposphère n'a pas une longue durée de vie mais induit un effet de serre atmosphérique comparable à celui des chlorofluorocarbones. Bien que l'ozone troposphérique soit important pour l'effet de serre atmosphérique, il est difficile d'estimer la répartition et la tendance globale en raison de sa distribution géographique inégale (Patrice, 2005).

Le changement du climat touche sérieusement l'Afrique. L'intensité accrue des sécheresses, des inondations et des changements de saisons de récolte peuvent avoir des implications importantes dans la productivité du sol, la disponibilité en eau, la sécurité alimentaire, et en retour sur le bien-être humain et la pauvreté, elle peut aussi avoir des effets nuisibles pour la santé, et dans plusieurs des cas, des effets irréversibles sur la diversité biologique. (Tabet, 2008).

6. Impacts des Changements Climatiques

Le changement climatique aura donc un impact sur la composante biotechnique de la production. Accroissement de la teneur en gaz carbonique et autres gaz à effet de serre dans l'atmosphère, élévation de la température, modification des régimes pluviométriques, et donc des différents termes du bilan hydrique (évaporation, drainage, ruissellement). Par conséquent, l'ensemble des facteurs bioclimatiques qui régissent le fonctionnement des écosystèmes agricoles seront amenés à se modifier, ce dernier sera traduit par une instabilité de la production végétale au niveau de système de culture (GIEC/IPCC, 2007).

6.1. Impact sur l'agriculture

L'agriculture est, sans aucun doute, parmi les activités humaines, une de celles qui reste directement influencée par le climat, malgré l'augmentation de sa productivité dans le cas des pays développés, en particulier. Le changement climatique aura donc un impact sur la composante biotechnique de la production. Accroissement de la teneur en gaz carbonique et autres gaz à effet de serre dans l'atmosphère, élévation de la température, modification des

régimes pluviométriques, et donc des différents termes du bilan hydrique (évaporation, drainage, ruissellement). Par conséquent, l'ensemble des facteurs bioclimatiques qui régissent le fonctionnement des écosystèmes est amené à se modifier (GIEC/IPCC, 2007). Dans les conditions tempérées, L'augmentation de température peut favoriser la plupart des processus physiologiques. Mais elle aura également un impact négatif pour les plantes à cycle déterminé, comme les cultures annuelles, en accélérant leur rythme de développement et donc en raccourcissant les cycles de culture et, par suite, la durée de fonctionnement de l'usine photosynthétique (Seguin, 2007). Elles varient beaucoup en fonction du type de couvert et des conditions climatiques associées aux conditions culturales pour les plantes cultivées. Le rendement agricole devrait augmenter légèrement dans les régions de moyenne et haute latitude pour des augmentations moyennes locales de température allant de 1 à 3° selon la culture considérée, et devraient diminuer au-delà dans certaines régions (GIEC/IPCC, 2007).

6.2. Impact sur la biodiversité et écosystèmes

La résilience de beaucoup d'écosystèmes sera probablement dépassée durant ce siècle par la combinaison sans précédent du changement climatique, des perturbations associées (par exemple, les inondations, les sécheresses, les incendies, les insectes, acidification des océans) et d'autres facteurs de changement mondial (tels que l'utilisation des sols, la pollution et la surexploitation des ressources). Le réchauffement climatique contribuera à la perturbation d'écosystèmes naturels de la Terre, ce qui pourrait causer l'extinction de nombreuses espèces animales et végétales. (Saida, 2007).

7. Evolution de la production céréalière

7.1. Evolution de la production céréalière sans changements climatiques à l'horizon

2020

Etant donné que la population doublera probablement en 2020 par rapport à 1990, les besoins en céréales du pays seront de l'ordre de 12.000.000 tonnes au regard des besoins actuels qui sont de 6.000.000 tonnes (DGE, 2001).

Pour faire des projections sur l'Algérie, deux scénarios : scénario bas, et scénario moyen, sont employés et qui contiennent deux hypothèses communes :

- Compte tenu des réserves de productivité en matière d'utilisation de techniques agricoles appropriées, le rendement en saison sèche à l'horizon 2020 est estimé à 6,6 q/ha, soit le double du rendement actuel en saison sèche estimé à 3,3 q/ha.
- Compte tenu des réserves de productivité en matière d'utilisation de techniques agricoles appropriées, le rendement en saison normale à l'horizon 2020 est estimé à 11q/ha, soit l'équivalent du rendement actuel obtenu (DGE, 2001).

Tableau 3: Construction de scénarios de production céréaliculture à l’horizon 2020.

Type de scénario	Type d’année	Superficie céréalière Mobilisée en 2020 (Ha)	Rendement Moyen en 2020 (Q/Ha)	Production moyenne En 2020 (tonnes)
Scénario Bas	Année sèche	3.000,000	6.6	1.960,000
	Année normale	3.000,000	11	3.300,000
	Année optimale	3.000,000	16	4.800,000
Scénario Haut	Année sèche	4.000,000	6.6	2.460,000
	Année normale	4.000,000	11	4.400,000
	Année optimale	4.000,000	20	8.000,000

Source : DGE, 2001.

7.2. Evolution de la production céréalrière avec changements climatiques à l’horizon 2020

La projection des rendements en céréales à l’horizon 2020 en fonction de l’évolution des paramètres climatiques, à travers les années sèches, normales et optimales, se fera par la façon suivante :

- On introduit les changements de température et des précipitations pour chacune des saisons des années sèche, normale et optimale.
- On utilise les nouvelles valeurs de température et des précipitations pour calculer les nouveaux rendements par le modèle CROPWAT.
- On simule les rendements des céréales et on évalue la réduction des rendements liée aux changements climatiques par le modèle CROPWAT.

Les simulations des rendements des céréales par les deux types de scénarios, a montré une réduction des rendements à l’horizon 2020 pour chacune des zones céréalières en fonction de l’année optimale, année normale et année sèche. En se basant sur l’année optimale qui représente le lien le plus objectif au climat et sur les deux modèles utilisés, on peut estimer une réduction moyenne du rendement céréalier de l’ordre de 5,5 à 6,8% correspondant aux incidences dues principalement aux changements climatiques. (DGE, 2001).

7.3. Options et stratégies d’adaptations pour palier l’effet des changements climatiques sur le rendement des céréales

Les options d’adaptation visent à stabiliser la production des céréales aussi bien en culture sèche qu’en culture irriguée pour faire face aux besoins alimentaires. L’analyse faite dans le cadre de l’étude de la vulnérabilité et d’adaptation de l’agriculture céréalrière aux changements climatiques, a montré que ce sont les régions, du Nord-Est et les hauts plateaux du pays qui représentent le potentiel le plus productif en matière de céréales (DGE, 2001). Dans ces zones, il faudra choisir parmi deux options (tableau 3) :

- Cultures céréalières et application de l'irrigation complémentaire.
- Cultures céréalières en régime d'irrigation totale.

a) Cultures céréalières et application de l'irrigation complémentaire

L'irrigation complémentaire consiste à fournir une irrigation de l'ordre de 100 mm d'eau entre la fin de la 3^{ème} décennie du mois de février et la fin de la 3^{ème} décennie du mois de mars de chaque année. A l'horizon 2020, le secteur agricole consommera annuellement 5,1 milliards de m³ d'eau. Si l'on opte pour une irrigation complémentaire couvrant une superficie de 2,5 millions d'hectares destinée aux céréales, cela nécessitera 2,5 milliards de m³ d'eau par an. Ce qui représentera la moitié de la dotation en eau en direction de l'agriculture. Cette option pourra garantir une production régulière de l'ordre de 5.000.000 tonnes de céréales par an (DGE, 2001).

b) Cultures céréalières et irrigation totale

On peut envisager de limiter la superficie destinée à la céréaliculture mais de fournir une irrigation totale pour satisfaire totalement le besoin des cultures. Compte tenu, de la variabilité climatique interannuelle, l'appoint d'irrigation peut atteindre jusqu'à 250mm. Ce qui donne, si l'on considère que le volume d'eau pour la céréaliculture reste le même que pour l'irrigation complémentaire (2,5 milliards de m³), 1.000.000 d'hectares en irrigué total.

En tablant sur un rendement de 50 q/ h, cela donnera une production annuelle de 5.000.000 tonnes (DGE, 2001).

Tableau 4: Classification des options en matière de céréaliculture.

Type d'option	Cout d'investissement	Délai de réalisation	Observations
Irrigation complémentaire	Moyen	2000 - 2020	Faisable pour les zones disposant de nappes souterraines importantes.
Irrigation totale	Important	Long terme	Liée au financement et au délai important de mise en œuvre des réseaux d'irrigation.

Source : DGE, 2001

Chapitre III : Matériels et méthodes et présentation de la zone d'étude.

1. Matériels et Méthodes

1.1. Matériels utilisés : Pour réaliser notre travail nous avons utilisé :

- Le logiciel Map Info, Version 8.0,
- Le logiciel STATISTICA version 8.5, pour effectuer les traitements statistiques suivants :
- ACP (Analyse en composante principale), pour chercher la relation entre les différents variables (P, T) qui influencent la production céréalières.
- Le logiciel AHC (Analyse de classification hiérarchique), pour la classification des stations en fonction des variables (P, T) étudié, afin de pouvoir déterminer les stations les plus affectés et les plus tolérants aux changements du climat.
- **L'ANOVA à** un facteur (stations et années), pour tester l'effet de ces deux variables sur les différentes variables de production céréalière et du climat.

1.2. Méthode et stratégie de recherche

Notre travail consiste à étudier l'évolution spatio-temporelle de la production céréalière au niveau de la wilaya de BBA par rapport à son évolution climatique pour une période de 24 ans. Pour cela nous avons choisis des zones potentielles de production (21 stations), et pour mieux suivre l'évolution nous avons choisi des stations qui ne diffèrent pas d'un point de vue topographique (pente, altitude...etc).

Il s'agit d'une zone des hauts plateaux (BBA), d'une superficie de 102.500 ha réservé à la céréaliculture répartie en 34 stations, dont on a choisie 21 stations en fonctions de la potentialité de la production et de l'indifférence des paramètres topographiques, puis on a élaboré l'évolution climatique de la région sur deux périodes, une ancienne qui s'étale de 1983 à 1998, et une autre récente de 1998 jusqu'à 2014 ensuite nous avons étudié l'évolution de la production.

Nous avons utilisé ces résultats pour nous permettre d'une part de corrélérer l'évolution de la production avec celle du climat et d'obtenir l'effet de cette dernière sur le rendement céréalière en se basant sur les exigences du blé en eau et en température et aux périodes nécessaires des besoins de ses paramètres, et d'autre part pour détecter les stations affecter et celles qui sont tolérante à ces changements notés.

Par la suite nous avons élaboré le climagramme d'EMBERGER afin de prouver le changement dans l'étage bioclimatique de la zone d'étude, ce qui signifie l'existence d'un changement climatique. Les stations choisies procèdent les mêmes paramètres topographiques (pente, altitude), à l'exception de l'exposition.

2. Sources des données

2.1. Données climatiques

Pour ce qui est des données climatiques (1990/2014), nous avons utilisé celles de la station météorologique (ONM) de BBA, dont on a pu obtenir les taux de précipitations d'une période de 24 ans, ainsi que les températures minimales et maximales pour la même période citée précédemment.

2.2. Données agricoles

Nous avons utilisé les données des productions, superficies et nous avons fait ressortir les rendements pour 25 stations choisies, dont chaque station compte 24 ans de rendement (1990-2014), ces données ont été prises à partir de l'archive de la Direction Générale de l'Agriculture (DSA) de la wilaya de BBA et en collaboration avec la chambre de l'agriculture de BBA.

3. Présentation de la zone d'étude

3.1. Organisation administrative

Erigée en Wilaya par la loi N° 84/09 du 04 Février 1984 portant nouveau découpage administratif du territoire national, Bordj Bou Arreridj s'étend sur une superficie de 3 920,42 Km² dans les hautes plaines centrales de l'Est Algérien. La Wilaya se compose de 34 Communes regroupées en 10 Dairates.

Tableau 5 : Organisation administrative de la wilaya de B.B.A

DAIRAT	COMMUNES
B.B. ARRERIDJ	Bordj Bou Arreridj.
BORDJ GHEDIR	Bordj Ghedir, Ghilassa, Taglait, Belimour, El Anasser.
MEDJANA:	Medjana, Hasnaoua, TenietEnnasr, El Achir.
EL HAMMADIA	El Hammadia, Rabta, El Euch, K'Sour.
MANSOURA	Mansoura, OuledSidiBrahim, Herraza, Ben Daoud, El Mehir.
RAS EL OUED	Ras El Oued, Ouled-Brahem, Ain Tassera.
BIR KASDALI	BirKasdali, Khellil, SidiEmbarek.
DJAAFRA	Djaafra, El Main, Teffreg, Colla
BORDJ ZEMOURA	Bordj Zemmoura, Tassameurt, OuledDahman
AIN TAGHROUT	Ain Taghrout, Tixter.

Source : DSA, 2009

Les chefs-lieux de communes les plus éloignés de la ville de B.B.Arréridj sont dans l'ordre : Ben Daoud à 70 Kms, O.S.Brahim à 64 Kms, Harraza et El Main à 55 Kms. A l'inverse, les Chefs- lieux les plus proches sont : El Anasser à 6 Kms, Hasnaoua à 8 Kms, Medjana à 10 Kms, El Achir à 11 Kms, El Hammadia à 14 Kms et Sidi Embarek à 15 Kms. Ces villes forment la première couronne du Chef-lieu de Wilaya et jouent le rôle de zones tampon entre celui-ci et les autres communes. Elles sont reliées à B.B.Arréridj par des doubles voies et sont bien dotées en équipements publics et raccordées aux différents réseaux (AEP, Assainissement, Gaz...).

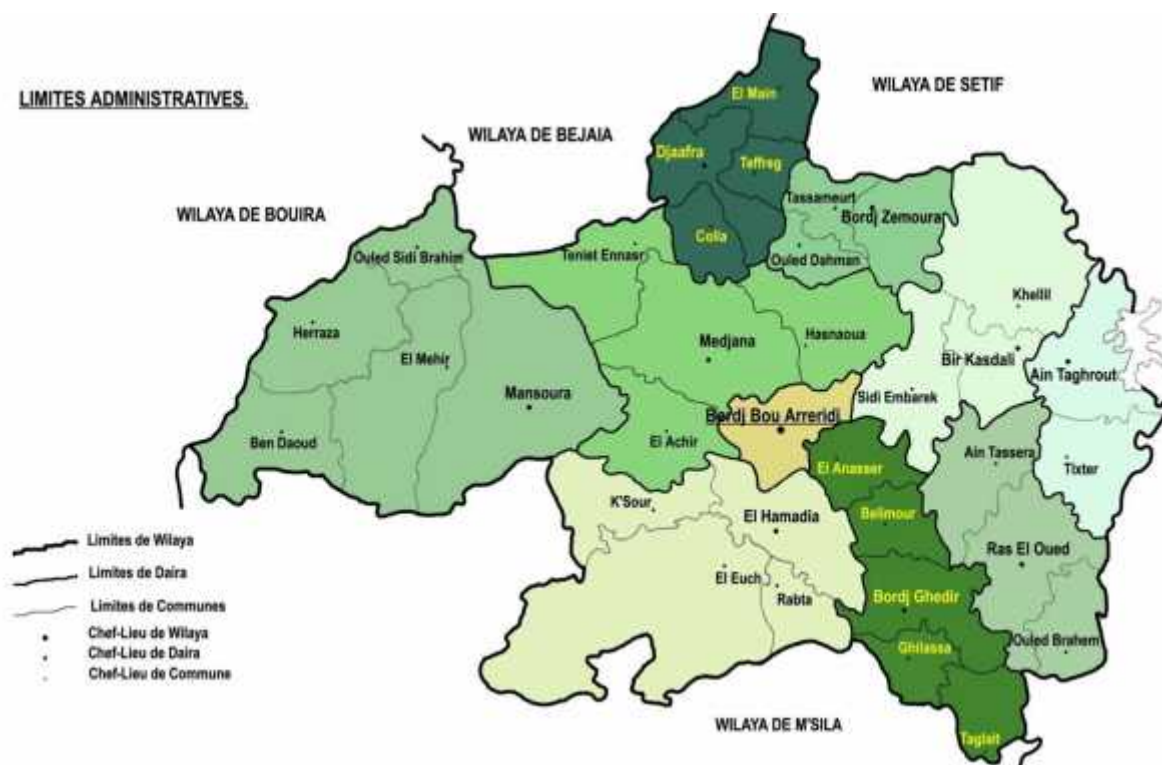


Figure 3 : Carte administrative de la Wilaya de B.B. Arréridj (DGF, 2014)

3.2. Cadre physique

Située sur les hauts plateaux Est du pays, elle s'étend sur l'axe Alger- Constantine et est limitée:

- Au Nord, par la Wilaya de Bejaia.
- A l'Est, par la wilaya de Sétif.
- A l'Ouest, par la wilaya de Bouira.
- Au Sud, par la wilaya de M'Sila.

La wilaya s'étend sur une superficie de l'ordre de 3 920,42 Km², soit près de **1/600^{ème}** du territoire national.

3.2.1. Relief et morphologie

L'altitude de la wilaya varie entre le point culminant dans la commune de Taglait, au Sud de la Wilaya, à 1 885 m sur Djebel Echeldj de la chaîne des Maâdid où se trouvent la Kalaâ des Beni Hammed et le point le plus bas sur l'Oued Bousselam à l'Est, soit 302 m.

Schématiquement, le relief de la wilaya peut être décomposé en 3 grandes zones (figure 3):

- **La zone des hautes plaines :** Elle s'étend de la chaîne des Bibans à l'Ouest jusqu'au barrage de Ain Zada à l'Est. Au Nord, elle est limitée par les hauteurs de TenietEnnasr et Bordj Zemoura et au Sud, par les monts des Maâdid. Cette zone se caractérise par un relief ondulé dont les parties hautes voient affleurer le substrat marneux et dont les parties basses sont noyées par des alluvions et colluvions. Les hautes plaines occupent les superficies les plus importantes. Avec une pluviométrie assez convenable comprise entre 350 à 450 mm, sauf durant les périodes de sécheresse. Elles ont une vocation céréalière et sont considérées comme le grenier à blé de la région. La zone centrale des hautes plaines est considérée comme zone céréalière par excellence. Cependant elle est menacée par l'urbanisation croissante qui se développe paradoxalement dans cette région unique.
- **La zone montagneuse :** Le cadre montagneux du Nord formé par la chaîne des Bibans s'étend entre Ouled Sidi Brahim à l'Ouest et Bordj Zemmoura à l'Est. Les flyschs des montagnes du Nord sont des argiles schisteuses épaisses entrecoupées par des bancs de calcaires et de grès. La réalisation d'infrastructures de base dans cette région est très coûteuse et nécessite des moyens mécaniques très performants.
- **La zone plaine :** Elle occupe la plus petite superficie de la wilaya dont elle regroupe les communes de Rasse el Oued, Tixter, Ain tessera, Birkasdeali et Ain taghroute

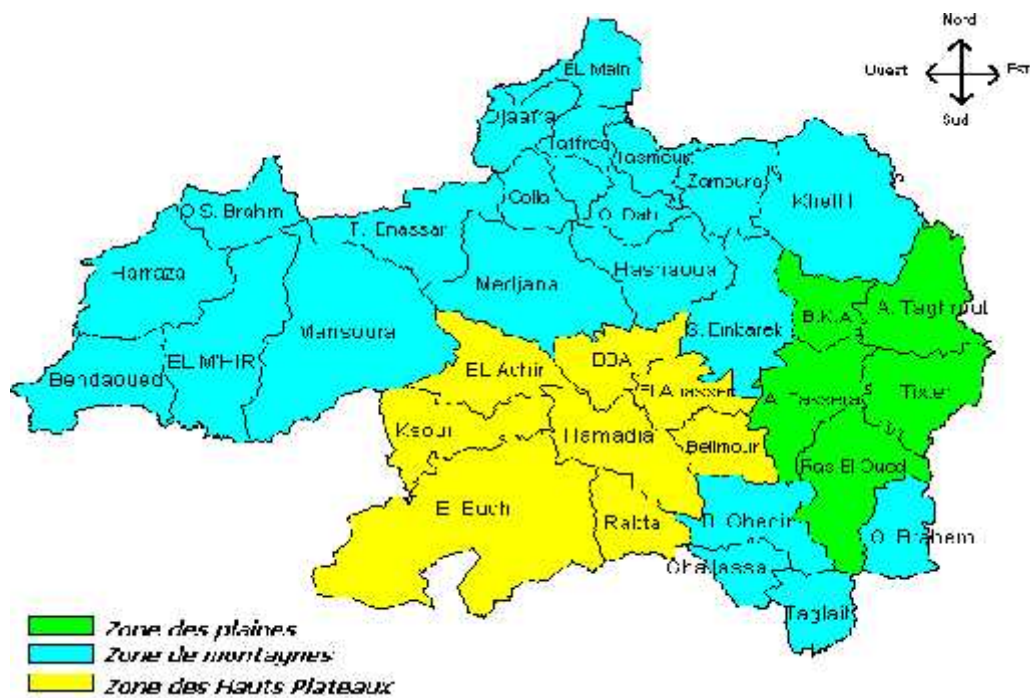


Figure 4 : carte des zones par rapport aux reliefs de BBA (DSA, 2014).

3.2.2. Hydrologie

Le réseau hydrographique de la wilaya est caractérisé par deux sens d'écoulement opposés principaux, séparés par une ligne de partage des eaux. Cette limite naturelle correspond à la limite de grands bassins - versants:

- Le bassin versant « Soummam » : Le sens d'écoulement principal est Sud - Nord et couvre la moitié septentrionale de la wilaya à prédominance marneuse ou argileuse imperméable. Les points d'eaux y sont rares.
- Le bassin versant « chott du Hodna » : Il s'étend sur la moitié méridionale de la Wilaya. On trouve de nombreuses sources ayant un débit appréciable. Les sources issues des reliefs ou des puits creusés dans les zones plus basses participent pour une large part à l'alimentation des populations en eau potable ainsi qu'à l'irrigation des parcelles agricoles. L'insuffisance des ressources en eaux souterraines est Justifiée par la nature peu perméable d'une grande partie des terrains du territoire de la wilaya. C'est pour cela qu'une étude Hydrogéologique couvrant l'ensemble du territoire de la Wilaya est vivement souhaitée.
- Le barrage de Ain Zada, érigé sur l'Oued Bousselem permet d'alimenter des villes comme Ain Taghrout, Sidi Embarek, Medjana, Hasnaoua, Bordj Bou Arreridj, Sétif et El Eulma en eau potable et industrielle. De même, il donnera une nouvelle impulsion à l'agriculture de la région. Cette année le barrage est rempli à 100% grâce à une bonne pluviométrie. L'extension des capacités de production de la station de

traitement inscrite en 2003 permettra de répondre à moyen terme aux besoins des localités desservies.

3.2.3. Le climat

Le climat est de type méditerranéen aux hivers rigoureux et aux étés secs et chauds. Cependant, il existe des contrastes en ce qui concerne la diversité des étages bioclimatiques qui sont :

- Etage bioclimatique subhumide au niveau de la zone montagneuse et dont les précipitations enregistrées varient entre 500 et 600 mm.
- Etage bioclimatique semi-aride couvrant la zone des hautes plaines avec des précipitations variant entre 350 et 450 mm.
- Etage bioclimatique semi-aride à aride au niveau de la zone sud de la wilaya, avec une pluviométrie inférieure à 200 mm.

Les gelées blanches sont fréquentes sur les hautes plaines qui constituent un facteur limitant la production agricole. Pendant le mois le plus froid les moyennes minima sont voisines de 0°C. Les vents les plus fréquents sont d'origine Nord-ouest pendant une grande partie de l'année, tandis que les vents venus du Sud (Sirocco) sont fréquents en été.

Les températures moyennes observées durant l'année 2003 ; elles sont comme suit :

- Température maximale : 28,43° avec un pic de chaleur au mois de Juillet de 40,2°.
- Température minimale : 5,60°. La température la plus basse a été enregistrée au mois de Février avec -5,2°.

3.2.4. Population

La wilaya de Bordj Bou Arreridj compte une population estimée au 31/12/2003 à 606 814 habitants avec un taux d'accroissement annuel moyen de l'ordre de 1,7 %. La répartition géographique de la population se caractérise par une concentration importante au niveau du chef-lieu de wilaya soit près du quart de la population. Plus de 60% de la population réside dans les agglomérations chef-lieu, environ 21% dans les agglomérations secondaires et moins de 19% seulement de la population en zone éparse. Pour la commune de Bordj Bou Arreridj 1,44 % de la population réside en zone éparse.

En matière de dispersion de la population, la classification des communes en strates permet d'estimer une population urbaine de l'ordre de 330 298 habitants répartis sur 12 communes, et une population rurale de l'ordre de 276 516 habitants soit 45 %. Il y'a lieu de signaler, que, sept communes connaissent des taux d'accroissement inter censitaire inférieur à la moyenne de la wilaya ; ce qui explique le départ de ces populations en direction des centres urbains.

Les communes situées dans les plaines centrales de la wilaya telles que , Bordj Bou Arreridj, El Achir, Hasnaoua, El Anasser, ElHammadia ,et Ain Taghrouit , restent le focal de tous les

flux migratoires du fait que ces agglomérations se caractérisent par, un niveau important d'équipement en infrastructures de base ,et réseaux divers, disponibilité des ressources en eau et ouvrages hydrauliques, et lieux de concentration de toutes les industries. Cet accroissement de la population sur l'espace, notamment sur les terres fertiles de cette zone, demeure la plus grande préoccupation de la wilaya de Bordj Bou Arreridj. A cet effet et en terme de développement, la revitalisation des communes touchées par l'exode rural à savoir (Teffreg, ThenietEnasr, Djaâfra, et Zemmoura) s'avère primordial, et constitue les paramètres indicateurs et déterminants de la stratégie, et de la maîtrise de développement global et d'assurer le rééquilibrage des effets de déplacement pour le reste des communes.

3.3. Présentation du secteur agricole

3.3.1. Les superficies

Tableau6 : Les différentes superficies du secteur agricole de la wilaya de BBA

Superficies	Ha
Superficie Totale (ST)	392.256 ha
Superficie Agricole Totale (SAT)	246.154 ha, 63 % de la ST
Surface Agricole Utile (SAU)	187.000 ha 76 % de la SAT, 48% de la ST

Source : DSA, 2014.

3.3.2. Répartition de la surface agricole utile

La répartition de la surface agricole utile selon la DSA de la wilaya de BBA est la suivante :

- Zones des plaines 41,072 ha, soit 22% (5 communes).
- Zone des hauts plateaux 44,721 ha, soit 24% (8 communes).
- Zone montagneuse 101,207 ha, soit 54% (21 communes).

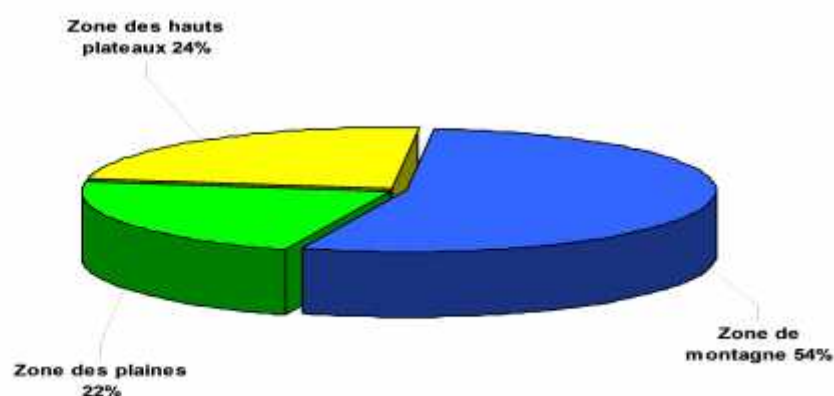


Figure 5 : Répartition de la SAU wilaya de BBA (DSA, 2010).

3.3.3. L'occupation du sol



Figure 6 : Occupation de la SAU de la wilaya de BBA (DSA, 2014).

Le sol de la wilaya de BBA est occupé principalement par les grandes cultures qui représentent 58% de la SAU, dont (102.500 ha de céréales, 5.500 ha de Fourrages et 70 ha Légumes secs). La jachère viens en deuxième position par une superficie de 48.210 ha, soit 26% de la SAU, suivie de l'Arboriculture qui s'étale sur une superficie de 28,220 ha, soit 15% de la SAU, et enfin la culture maraichère occupent une surface de 2.500 ha, 1% de la SAU, dont (350 ha de Pomme de terre, 370 ha d'Oignon, 250 ha Piment – poivron et 1,530 ha qui représente d'autre cultures) (DSA, 2014).

Chapitre IV: Résultats et discussions

1. Résultat

1.1. Evolution climatique de la région de Bordj Bou Arreridj

1.1.1. Etudes des températures

a) Température mensuelle

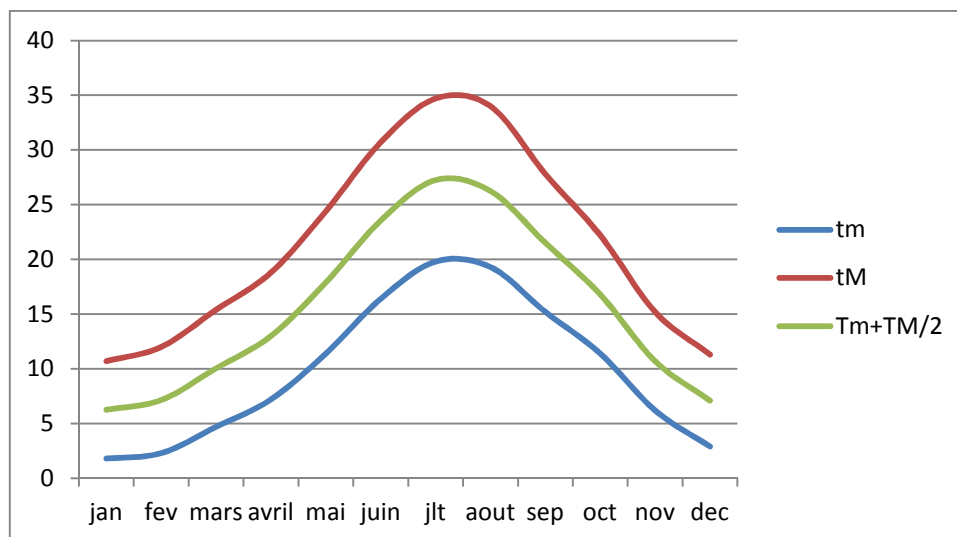


Figure 7 : Variabilité des températures mensuelles pendant 1983-2013.

Durant la période de 1983- 2013, la température moyenne mensuelle la plus basse s'observe durant le mois de Janvier ($1,8^{\circ}\text{C}$), la température la plus élevée se manifeste durant le mois de juillet, avec une moyenne mensuelle de $34,7^{\circ}\text{C}$.

b) Température annuelles :

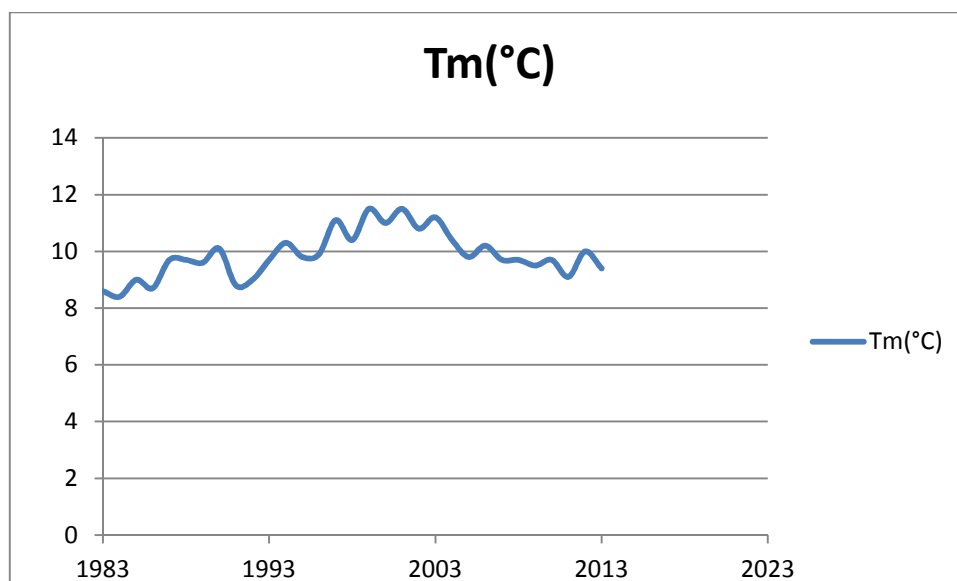


Figure 8: Variation des températures minimales moyennes de 1983 jusqu'à 2013.

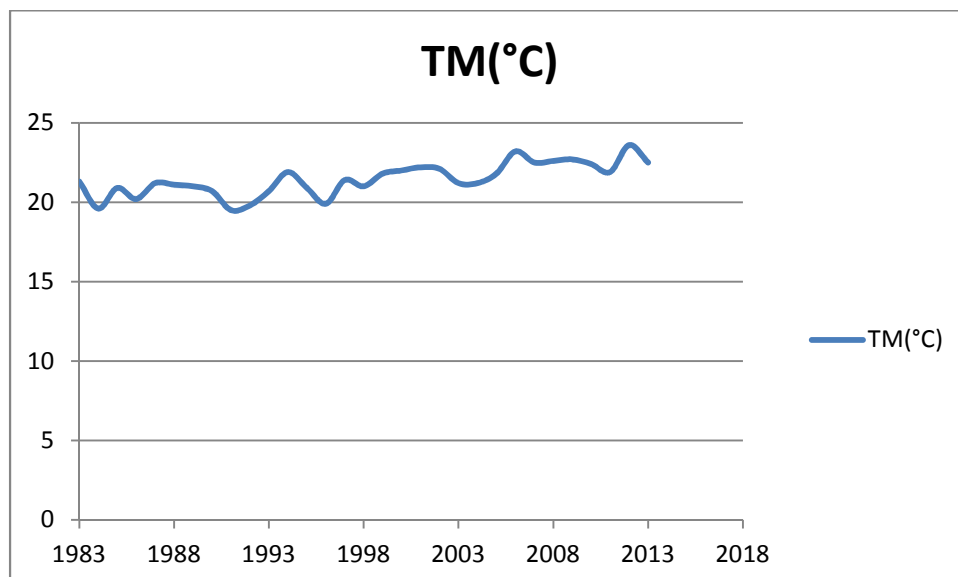


Figure 9 : Variation des températures maximales moyennes de 1983 jusqu'à 2013

D'après la figure n8 et 9, nous constatons que les températures maximales et minimales ont connu une augmentation durant les dernières 30 ans, mais la tendance des températures minimales est plus importante que celle des maximales.

1.1.2. Etude des précipitations

a) Précipitations mensuelles

Le régime pluviométrique de la région de Bordj Bou Arreridj présente une certaine variabilité, la moyenne la plus basse est enregistrée durant les mois de Juin, Juillet et Août avec 18.5mm, 9.7mm et 15.4mm, alors que les mois les plus pluvieux sont: Septembre, Avril et Mai avec de moyennes mensuelles de : 44.9mm, 40.4mm et 39.9mm. Il y a lieu de remarquer que les plus fortes chaleurs coïncident avec les précipitations les plus faibles (mois de juillet).

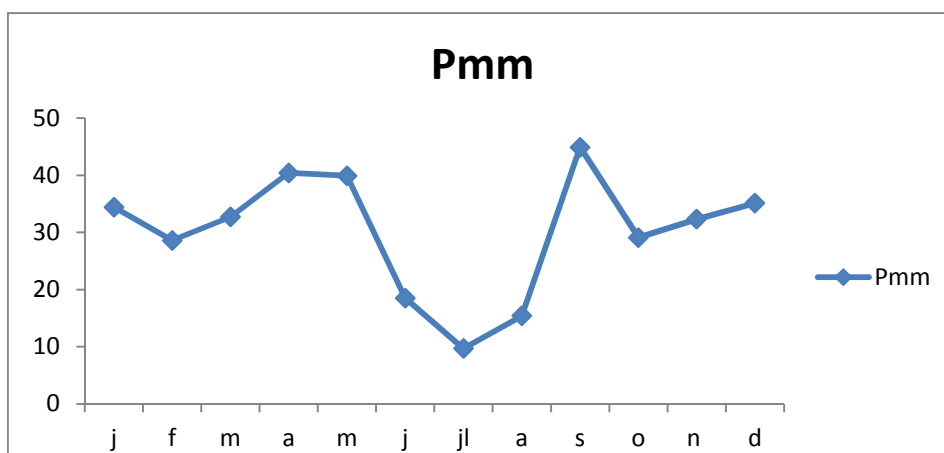


Figure 10 : Variabilité des précipitations mensuelles pendant 1983-2013

b) Précipitation annuelles :

D'après la figure ci-dessous ; en remarque que la pluviosité est marquée par une grande variabilité, les années les plus pluvieuses sont celles de 2003 et 2004 avec 45.95 mm et 44.16mm respectivement. L'année la plus sèche est 1983 avec 13.8 mm.

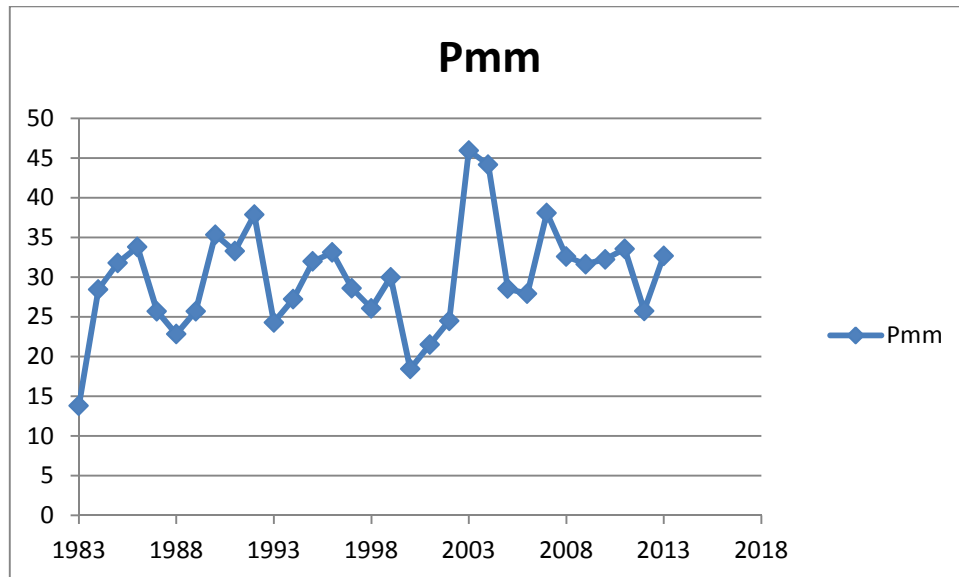


Figure 11 : L'évolution des précipitations annuelles pendant 1983-2013

1.1.3. Diagrammes ombrothermiques de BAGNOULS et GAUSSEN

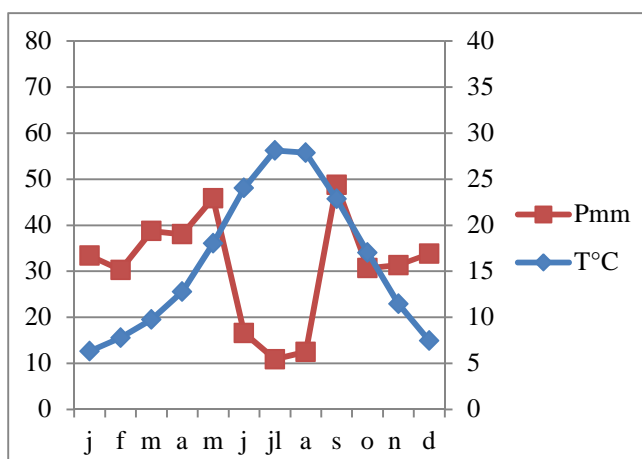
Un mois est considéré comme sec lorsque la courbe des températures ($T^{\circ}\text{C}$) est supérieure à celle des précipitations ($P=2T$). La partie du graphe comprise entre les courbes traduit à la fois la durée et l'intensité de la sécheresse. De tels diagrammes établis à partir des moyennes n'ont qu'une valeur indicatrice du régime climatique et du nombre de mois secs.

Nous avons utilisé ce diagramme à cause sa propriété de faire apparaître la différence d'évolution de la durée de la sécheresse pendant les deux périodes d'observation (ancienne et récente).

Les diagrammes ombrothermiques représentées par la figure(12) expriment la variabilité de la saison sèche. Le croisement entre les deux courbes fait apparaître une saison sèche, qui s'étale de mi-mai jusqu'au mois de septembre pour la période ancienne (1983-1998), alors qu'elle s'étale du début de Mai jusqu'au mois de Septembre durant la période récente (1998-2013).

La comparaison entre les deux diagrammes ombrothermiques. (anciens et récents) montre en général une légère augmentation de sécheresse pour la période 1998-2013.

Période ancienne



Période récente

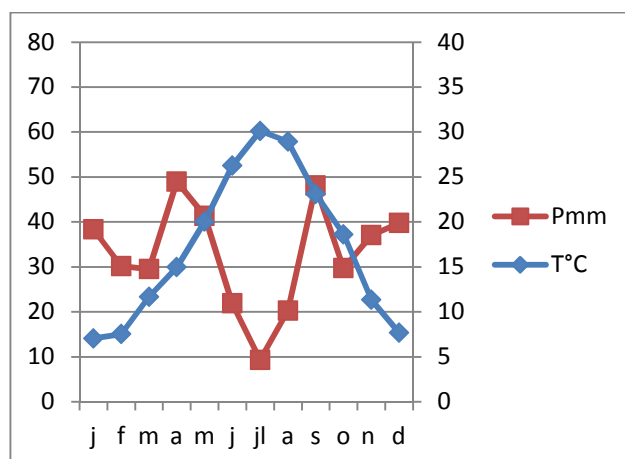


Figure 12 : Diagrammes ombrothermiques de la station de Bordj Bou Arreridj.

1.1.4. Quotient pluviométrique d’EMBERGER et classification bioclimatique

Selon d’EMBERGER 1955, les climats de type méditerranéen s’expriment par la formule :

$$Q_2 = (1000p) / (M+m) (M-m)/2$$

Où

Q_2 : quotient pluviométrique

P : précipitations annuelles moyenne

M : Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en degrés kelvin (k)

m : Moyenne des températures minimales du mois le plus froid en degrés kelvin (k)

$$T^{\circ}K = t^{\circ}C + 273.2$$

Les diagrammes pluvio-thermique d'Emberger (Fig.13,14) sur lequel la station est placée en fonction de température minimale et Q_2 permet une expression synthétique du bioclimat.

Tableau 7. Les données climatiques durant 1997-2006 (période ancienne).

Stations	P (mm)	m (k°)	M (k°)	M-m (k°)	M+m/2(k°)	Q_2
B B A (1997-2005)	353.45	275.52	311.90	36.38	293.72	33.05

Le quotient pluviométrique est de 33.05, donc notre zone d'étude se caractérise par un climat semi-aride frais à la période ancienne.

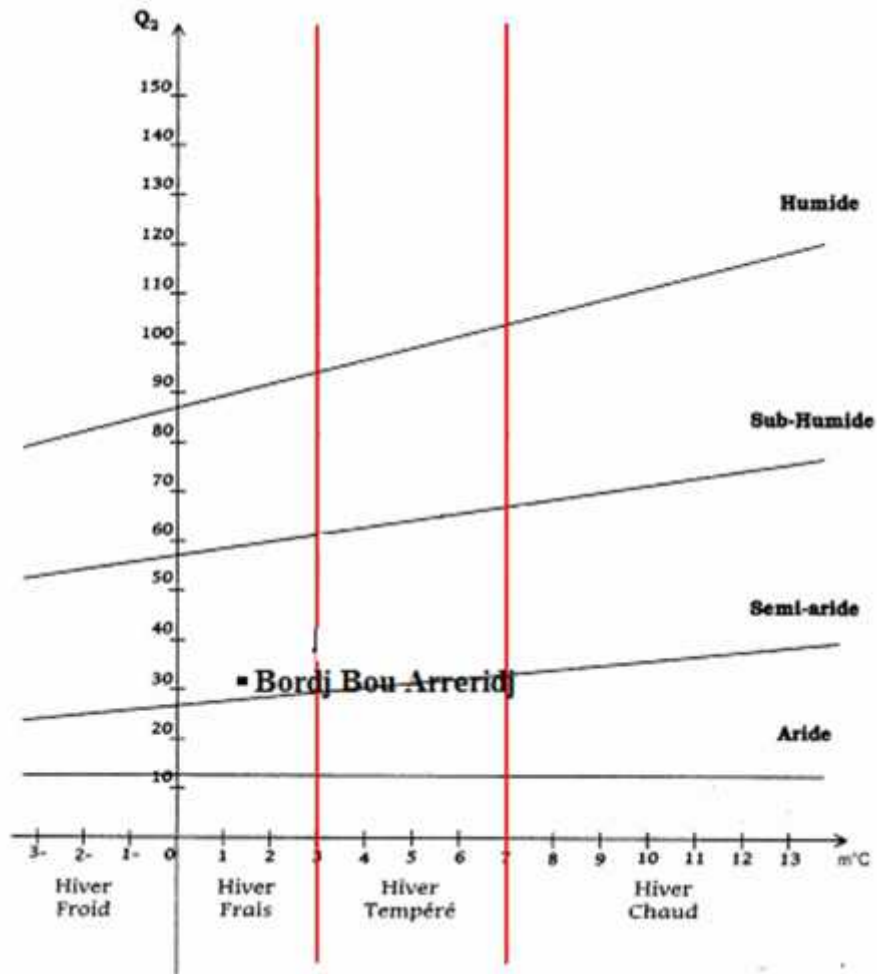


Figure 13 : Climagramme d'Eemberger de la région de Bordj Bou Arreridj (Période ancienne).

Tableau 8. Les données climatiques durant 2007-2014 (période récente).

Stations	P (mm)	m (k°)	M (k°)	M-m (k°)	M+m/2(k°)	Q ₂
B B A (2006-2014)	374.35	275.26	309.7	34.44	292.5	37.20

Le quotient pluviothermique est de 37.20, donc notre zone d'étude se caractérise par un climat semi-aride frais à la période récente.

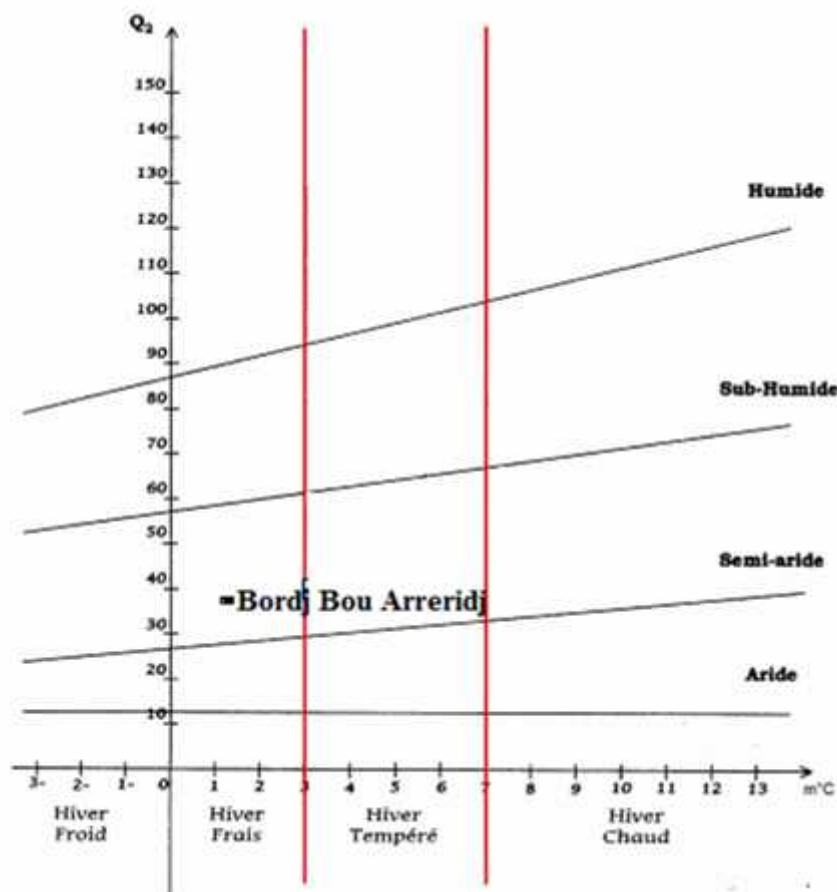


Figure 14 : Climagramme d'Eemberger de la région de Bordj Bou Arreridj (Période récente).

D'après le climatogramme d'Eemberger notre région d'étude enregistre une légère modification en ce qui concerne l'étage bioclimatique qui se dirige vers l'étage subhumide vu que le quotient pluviométrique (Q_2) de la période ancienne est de 33.05, alors que celui de la période récente est de 37.20.

1.2. Etat actuelle de la filière du blé dur de la région de Bordj Bou Arreridj.

1.2.1. Evolution des productions de 1997-2014.

La production du blé dur dans la wilaya de BBA à connus une augmentation durant la dernière décennie de 2007 à 2014 par rapport à la période ancienne qui s'étale de 1997 jusqu'à 2006, les histogrammes suivant nous montre l'ampleur de cette importante augmentation qui atteint presque le double de production dans les 21 stations étudiées. La zone la plus productive est la région de Medjana avec une production de 57000 q (période récente), alors que la plus faible production est notée avec la région de Taglaite avec une production de 2400 q (période ancienne).

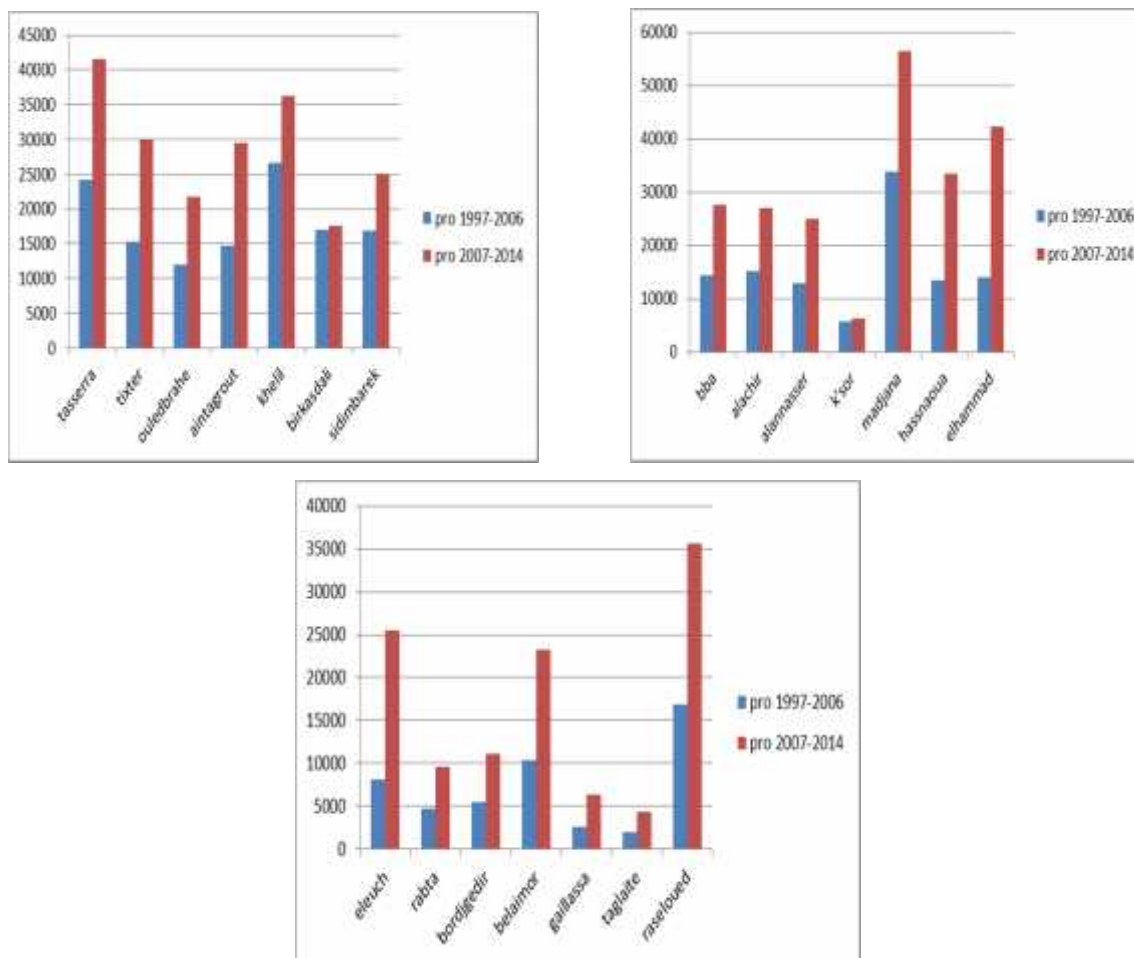


Figure 15 : Evolution des productions de 1997-2014.

1.2.2. Evolution des superficies de 1997 -2014

Les superficies réservées au blé dur dans la wilaya de BBA ont connus une variabilité non significative entre les deux périodes qui s'étale de 1997-2007 et de 2007-2014, les histogrammes suivant nous montre cette variabilité dans les 21 stations étudiées. La plus grande superficie est notée dans la région de Medjana avec une superficie de 4400 h (période ancienne), alors que la plus petite superficie est enregistrée avec la région de K'sor avec une superficie de 500 h (période récente).

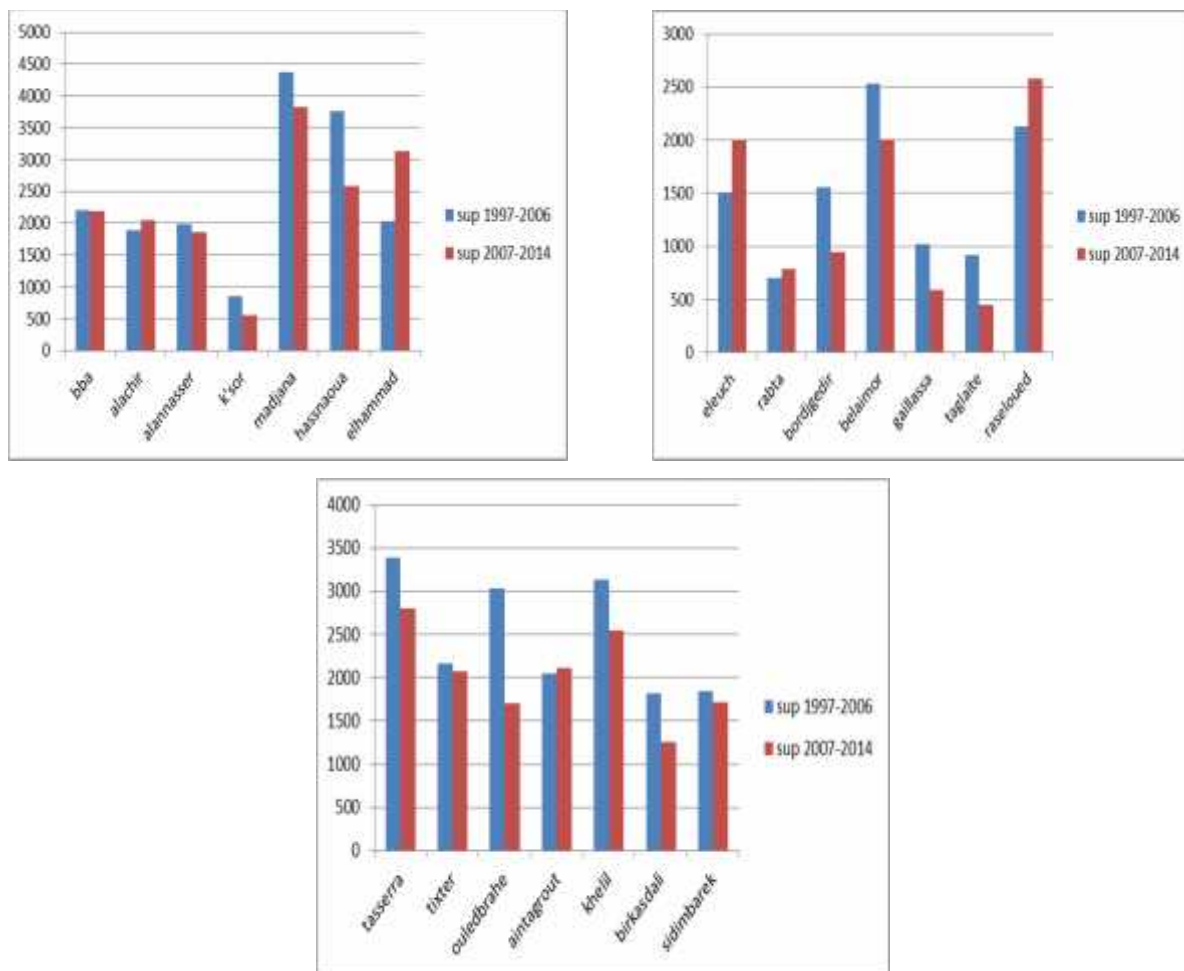
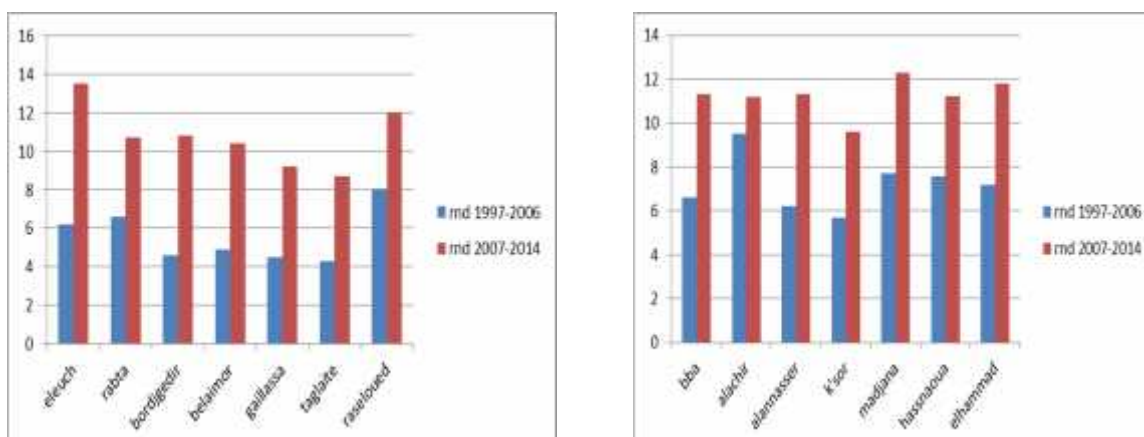


Figure 16 : Evolution des superficies de 1997 -2014.

1.2.3. Evolution des rendements 1997-2014

Le rendement du blé dur dans la wilaya de BBA à connus une augmentation durant la dernière décennie de 2007 à 2014 par rapport à la période ancienne qui s'étale de 1997 jusqu'à 2007, les histogrammes suivant nous montre l'ampleur de cette importante augmentation qui atteint presque le double en terme de rendement dans les 21 stations étudiées. La plus grande superficie est notée dans la région de Medjana avec une superficie de 4400 h (période ancienne), alors que la plus petite superficie est enregistrée avec la région de K'sor avec une superficie de 500 h (période récente).



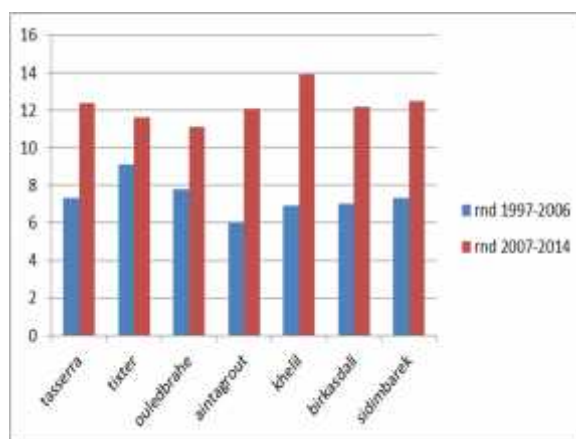


Figure17 : Evolution des rendements 1997-2014.

1.3. Analyses statistiques

1.3.1. Effet de l'évolution temporelle sur la dynamique de la production céréalière dans la willaya de BBA

Dans le but d'étudier l'évolution des différents paramètres de production céréalière (superficies, production et rendement), nous avons choisis un axe de temps qui s'étale sur 18 années dont il est séparé en deux période ; (i) une période ancienne qui s'étale de 1997 jusqu'à 2006, (ii) et une période récente déterminée par les dernières 9 ans de 2007 jusqu'à 2014.

L'effet du facteur temps composé par les deux modalités qui sont les deux périodes ; ancienne et récente est testé sur les différents paramètres de rendement par une ANOVA à un seul facteur. Les résultats de l'ANOVA sont représentés dans les tableaux suivant.

Tableau 9. Résultats d'ANOVA pour les productions

	Pro (q) SS	Pro (q) MS	Pro (q) F	Pro (q) P
Facteur	2.531884E+10	2.531884E+10	97.1108	00.00
Error	9.594536E+10	2.607211E+08		
Totale	1.212642E+11			

Cell No.	Tukey HSD test ; variable pro(q) (Spreadsheet2) Homogenous Groups, alpha=.05000 Error : Between MS= 2607 E 5, df=368.00			
	Periode	pro(q) Mean	1	2
1	PA	11373.07	****	
2	PR	27917.47		****

D'après ANOVA à un facteur l'effet du facteur temps est très hautement significatif ($p < 0.001$) sur la production du blé dur, en effet le teste de classification des groupes TUKEY à révéler la présence de deux groupes hétérogènes, le premier groupe (période ancienne)

caractérisé par la plus faible production (1137.07 q), alors que la meilleur production est enregistré avec le deuxième groupe (période récente) par une production estimé à 27917.47q.

Tableau 10. Résultats d'ANOVA pour les superficies

	sup (h) SS	sup (h) MS	Sup (h) F	Sup (h) P
Facteur	4.336549E+06	4.336549E+06	1.8660	0.172766
Error	8.552154E+08	2.323955E+06		
Totale	8.595520E+08			

Cell No.	Tukey HSD test ; variable sup (h) (Spreadsheet2) Homogenous Groups, alpha=.05000 Error : Between MS= 2324 E 3, df=368.00		
	Periode	sup (h) Mean	1
1	PA	1900.178	****
2	PR	2116.700	****

D'après ANOVA à un facteur l'effet du facteur temps n'est pas significatif ($p > 0.05$) sur la superficie de blé dur, en effet le teste de classification des groupes TUKEY à révéler la présence de deux groupes homogènes, le premier groupe (période ancienne) caractérisé par une superficie de 1900.178 h, alors que deuxième groupe (période récente) enregistre une superficie estimé à 2116.700 h.

Tableau 11. Résultats d'ANOVA pour les rendements

	Rdm (q/h) SS	Rdm (q/h) MS	Rdm (q/h) F	Rdm (q/h) P
Facteur	3713.72	3713.72	192.870	0.00
Error	7085.85	1926		
Totale	10799			

Cell No.	Tukey HSD test ; variable rnd (q/h) (Spreadsheet2) Homogenous Groups, alpha=.05000 Error : Between MS=19.255, df=368.00			
	periode	rnd (q/h) Mean	1	2
1	PA	6.01227	****	
2	PR	12.34854		****

D'après ANOVA à un facteur l'effet du facteur temps est très hautement significatif ($p < 0.001$) sur le rendement du blé dure, en effet le teste de classification des groupes TUKEY à révéler la présence de deux groupes hétérogènes, le premier groupe (période ancienne) caractérisé par le plus faible rendement (2.01227 q/h), alors que le meilleur rendement est

enregistré avec le deuxième groupe (période récente) avec un rendement estimé à 12.34854 q/h.

1.3.2. Effet de l'évolution temporelle sur la dynamique climatique dans la willaya de BBA

Tableau 12. Résultats d'ANOVA pour les températures minimale

	Tm (C°) SS	Tm (C°) MS	Tm (C°) F	Tm (C°) P
Facteur	145.60	145.60	726.6	0.00
Error	73.74	0.20		
Totale	219.33			

Cell No.	Tukey HSD test ; variable Tm(C°) (Spreadsheet2) Homogenous Groups, alpha=.05000 Error : Between MS=20038, df=368.00			
	Periode	Tm(C°) Mean	1	2
1	PA	9.58703	****	
2	PR	10.84162		****

D'après ANOVA à un facteur l'effet du facteur temps est très hautement significatif ($p < 0.001$) sur les températures minimale, en effet le teste de classification des groupes TUKEY à révéler la présence de deux groupes hétérogènes, le premier groupe (période ancienne) caractérisé par la plus faible Tm (9.58703 C°), alors que la Tm la plus élevée est enregistré avec le deuxième groupe (période récente) avec une température minimale estimé à 10.84162 C°.

Tableau 13. Résultats d'ANOVA pour les températures maximales

	TM (C°) SS	TM (C°) MS	TM (C°) F	TM (C°) P
Facteur	187.2	187.2	236.8	0.00
Error	290.9	0.8		
Totale	478.1			

Cell No.	Tukey HSD test ; variable TM (C°) (Spreadsheet2) Homogenous Groups, alpha=.05000 Error : Between MS=79051, df=368.00			
	Periode	TM (C°) Mean	1	2
1	PA	21.62973	****	
2	PR	23.05243		****

D'après ANOVA à un facteur l'effet du facteur temps est très hautement significatif ($p < 0.001$) sur les températures maximales, en effet le teste de classification des groupes TUKEY à révéler la présence de deux groupes hétérogènes, le premier groupe (période ancienne) caractérisé par la plus faible TM (21.62973 C°), alors que la TM la plus élevée est enregistré avec le deuxième groupe (période récente) avec une température maximale estimé à 23.05243 C°.

Tableau 14. Résultats d'ANOVA pour les précipitations

	P (mm) SS	P (mm) MS	P (mm) F	P (mm) P
Facteur	226.8	226.8	4.791	0.029239
Error	17420.8	47.3		
Totale	17647.6			

Cell No.	Tukey HSD test ; variable P (mm) (Spreadsheet2) Homogenous Groups, alpha=.05000 Error : Between MS=47.339, df=368.00			
	Periode	P (mm) Mean	1	2
1	PA	29.70778	****	
2	PR	31.27362		****

D'après ANOVA à un facteur l'effet du facteur temps (période) est significatif ($p < 0.05$) sur les précipitations, en effet le teste de classification des groupes TUKEY à révéler la présence de deux groupes hétérogènes, le premier groupe (période ancienne) caractérisé par la plus faible précipitation (29.70778 mm), alors que les plus fortes précipitations sont enregistrées avec le deuxième groupe (période récente) avec une précipitation estimé à 31.27362 mm.

1.3.3. Relation et tendance entre l'évolution climatiques et la production céréalière dans la willaya de BBA

En vue d'obtenir la relation entre les différents variables (température minimale , température maximale, précipitation) qui influence le rendement céréalière et pour étudier la nature et le degrés de divergence entre les différents variables étudier vis-à-vis du rendement de notre région d'étude nous avons utilisé l'ACP pour pouvoir déduire la relation et la tendance entre l'évolution de ces paramètres et celle du rendement.

3.3.1. Résultats de l'ACP

a) Cercle de corrélation

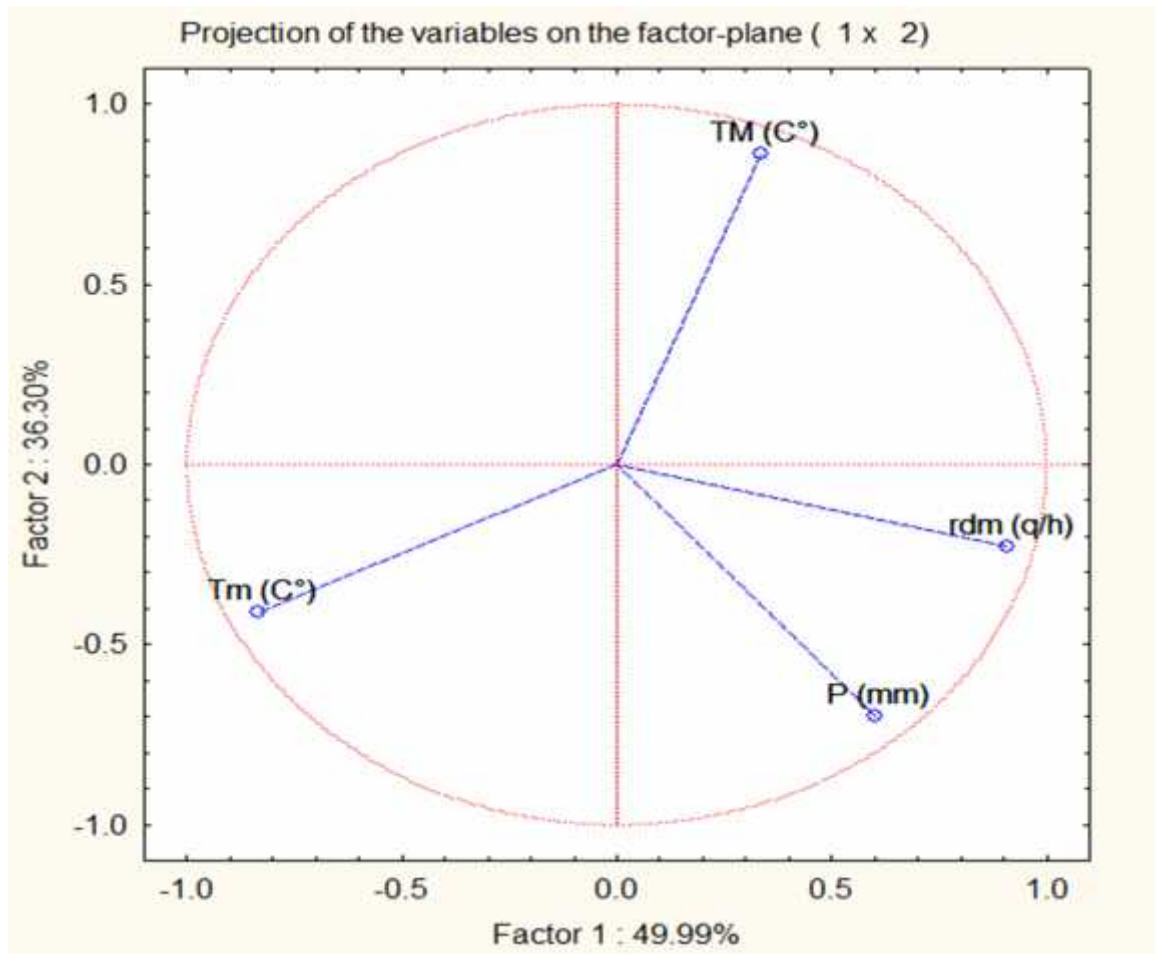


Figure 18 : Relation et tendance entre l'évolution climatiques et la production céréalière dans la willaya de BBA.

D'après le cercle de corrélation les axes (x, y) absorbent (49.99% x, 36.30% y) de la variabilité totale entre les différents variables étudié (rendement, température maximale, température minimale, précipitation), le premier axe (x) absorbe 49.99% de variabilité, il regroupe les variable suivant (température minimale, rendement), tandis que le deuxième axe (y) absorbe 36.30% de variabilité, il comporte les variabilités suivante (température maximale, précipitation).

b) Matrice de corrélation R

Tableau 15. Relation et tendance entre l'évolution climatiques et la production céréalière dans la willaya de BBA.

Variable	Correlations (Spreadsheet33)			
	rdm (q/h)	Tm(C°)	TM(C°)	P (mm)
rdm (q/h)	1.000000	-0.613922	0.86971	0.612776
Tm(C°)	-0.613922	1.000000	-0.514887	-0.167199
TM(C°)	0.86971	-0.514887	1.000000	-0.283808
P (mm)	0.612776	-0.167199	-0.283808	1.000000

D'après la matrice de corrélation la corrélation entre les paramètres climatiques (température minimale , température maximale, précipitation) et celles de rendement (rdm) en utilisant la matrice de corrélation R dont les valeurs qui ont une corrélation significatives sont celles dont la valeur absolu de r est égale ou supérieure à 0.50, de ce fait on déduit que la température minimale (Tm), ainsi que la température maximale(TM) n'ont pas un effet significatif sur le rendement(rdm) vu que $r(Tm) = -0.61$, et $r(TM) = 0.08$ c'est-à-dire $r < 0,5$, alors que les précipitation (P) influencent de façon significatif et agissent différemment sur le rendement du blé dur de la région de BBA vu que $r = 0.61$ c'est-à-dire $r > 0.50$.

1.3.4. Effet de la variabilité spatiotemporelle sur le potentielle de la production sous l'effet des changements climatiques

Nous avons utilisé une AHC (Analyse et Classification Hiérarchique) pour pouvoir classifier des groupes en fonction des possibilités possibles

a) Classification des années en fonction des variables : rendement, température maximale, température minimale et précipitation.

Nous avons utilisé également une AHC (Analyse et Classification Hiérarchique) pour pouvoir classer les différentes années étudiées en fonction des différents paramètres de production et ceux du climat. Ce dernier a permis de regrouper les années les plus potentielles en matière de production afin de révéler leurs caractéristiques climatiques correspondantes.

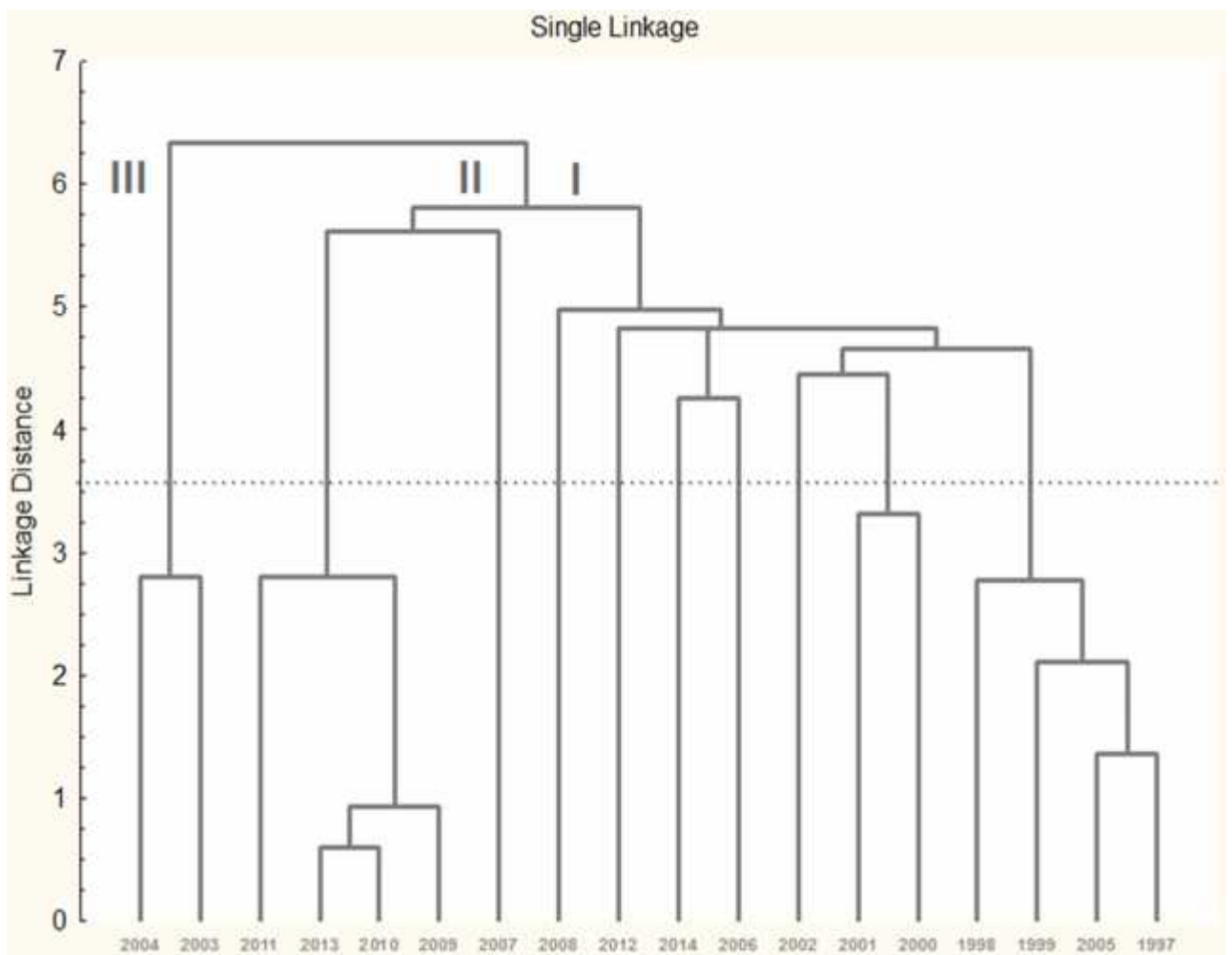


Figure 19 : Classification des années en fonction des variables : rendement, température maximale, température minimale et précipitation.

D'après l'analyse de l'AHC le dendrogramme de classification réalisé par la méthode de Ward indique que l'ensemble des années en fonction des variables étudié (rendement, température maximale, température minimale et précipitation) se subdivise en trois (3) groupes principaux à savoir :

- **Le groupe 1** se subdivise en deux (2) sous-groupes, le sous-groupe A comporte une seule année 2008, tandis que le sous-groupe B regroupe les années 2012, 2014, 2006, 2002, 2001, 2000, 1998, 1999, 2005 et 1997.
- **Le groupe 2** se subdivise en deux (2) sous-groupes, le sous-groupe A comporte une seule année 2007, tandis que le sous-groupe B regroupe les années 2009, 2010, 2013 et 2011.
- **Le groupe 3** se subdivise en deux (2) sous-groupes, le sous-groupe A comporte une seule année 2003, tandis que le sous-groupe B regroupe l'année 2004.

b) Classification des années en fonction des variables : rendement, température maximale, température minimale et précipitation.

Nous avons utilisé également une AHC (Analyse et Classification Hiérarchique) pour pouvoir classer les différentes régions étudiées en fonction des différents paramètres de production et ceux du climat. Ce dernier a permis de regrouper les régions les plus potentielles en matière de production afin de révéler leurs caractéristiques climatiques correspondantes.

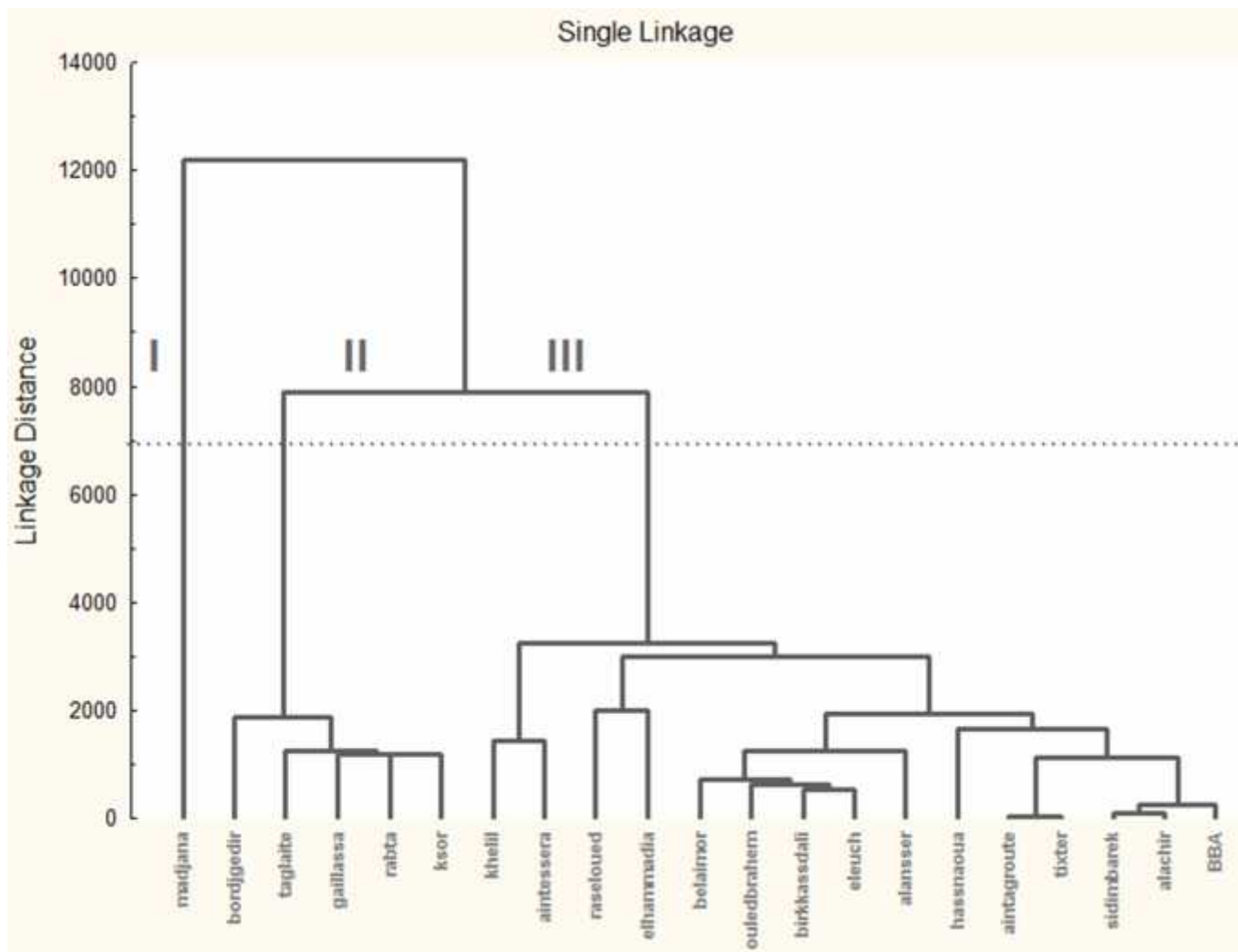


Figure 20 : Classification des régions en fonction de variables : rendement, température maximale, température minimale et précipitation.

D'après l'analyse de l'AHC le dendrogramme de classification réalisé par la méthode de Ward indique que l'ensemble des régions en fonction des variables étudiées (rendement, superficie, production) se subdivise en trois (3) groupes principaux à savoir :

- **Le groupe 1** est représenté par la région de Medjana.
- **Le groupe 2** se subdivise en deux (2) sous-groupes, le sous-groupe A comporte une seule région Bordj Gedir, tandis que le sous-groupe B regroupe les quatre (4) régions suivantes : Taglaite, Gaillassa, Rabta et K'sor.

- **Le groupe 3** se subdivise en deux (2) sous-groupes, le sous-groupe A comporte deux région (2) : Khlile et Ain tessera, tandis que le sous-groupe B regroupe les treize (13) région suivantes : Rasse el oued, El hammadia, Bellaimour, Ouledbrahem, Birkassdali, Et euche, El annasser, Hassnaoua, Ain tagrout, Tixter, Sidimbarek , Al achir et Bordj Bou Arriridj.

2. Discussion

Selon (Olesen et Bindi, 2002), le changement climatique affecte principalement la production céréalière directement par des effets de la température, les précipitations, le rayonnement solaire, l'humidité, etc, le rendement dans un environnement donné est directement et indirectement influencé par des facteurs morphologiques, physiologiques, et particulièrement climatiques (Prasad *et al.*, 2007).

L'augmentation de la température de la surface de la Terre est en moyenne de 0,8 C° depuis 1870. Elle reste notablement différente pour les deux hémisphères : plus forte au Nord et plus forte aux hautes latitudes (GIEC, 2011). En Algérie Pour la période 1990 – 2020, la hausse de la température moyenne sera comprise entre 0.8°C et 1,1°C (Kara, 2008).

Les résultats obtenus dans ce présent travail indiquent une augmentation significative du rendement céréalière de 6.33 q/h durant la période récente par rapport à la période ancienne de 1997 à 2007, une augmentation des températures maximales de 1.43 C° et celles minimales de 1.25 C°, ainsi qu'une augmentation des précipitations de 1.57 mm lors des dernier 24 ans, cette dernière évolution climatique a affecté positivement la culture de blé dur de la région des hauts plateau (Bordj Bou Arriridj). Chebil et al (2011) ont testé l'effet des changements climatiques sur le rendement céréalière de la région de Béja en Tunisie. Ces auteurs ont suggéré que l'augmentation des précipitations dans la zone de Béja a affecté significativement l'augmentation du rendement céréalière, alors que l'effet des températures minimales et celle maximales n'été pas significatifs sur la variation des rendements céréalières.

L'interaction entre les effets conjugués des précipitations (P) et des températures (T) affectent négativement et diminuent le rendement céréalière en raison d'apparition des maladies qui sont favorisées par ces paramètres en interaction (Brissonet *al*, 2010).

Wardlaw et al. (1989) montrent que la température optimale pour le développement et le remplissage du grain, varie de 14 à 18 C° pour les céréales à paille. Tandis que l'activité physiologique du blé est maximale a 25 C° (El khatib et paulsen, 1984). Dans la willaya de BBA la température moyenne de la période ancienne été de 15 C° alors que celle de la période récente est augmenté pour atteindre 17 C° afin qu'elle soit plus favorable pour le développement physiologique du blé dur. Ce qui explique l'augmentation du rendement

enregistré avec la période récente. D'autre part, les dégâts de gel tardif sont très fréquents sur les céréales, rendant l'adoption des variétés précoces trop risquée (Bouzerzour et Benmahammed, 1994).

D'après (Gate ,1995), le froid constitue un des facteurs limitant de la production du blé dur, il précise qu'une seule journée avec une température minimale inférieure à - 4 °C entre le stade épi à 1cm et un nœud pénalise le nombre de grains par épi. Les gelées printanières, dans les hautes plaines et même dans les plaines d'intérieurs à basse altitude causent des pertes importantes par gels des épis au stade floraison (Hachemiet *al.* ,1979).

L'abaissement brutal de la température, provoque de nombreuses perturbations au sein du végétal, lorsque la température chute fortement, des cristaux de glace se forment dans les espaces intercellulaires déshydratant les cellules dont l'eau est appelée vers ces espaces, la membrane plasmique perd sa perméabilité spécifique et il y a perturbation du fonctionnement cellulaire (levitt, 1982), ce qui conduit à une baisse de rendement si la structure cellulaire n'est pas fortement endommagée. Dans ce contexte, l'augmentation des températures minimales durant ces dernières années (période récente) a permis de remédier l'effet de gel particulièrement les gelées printanières qui peuvent perturber le cycle culturale du blé dur.

L'eau est un facteur de l'environnement qui influence la quasi-totalité des réactions physiologiques des végétaux. Les grandeurs liées au contenu en eau des tissus indiquent que l'eau est le principal constituants des végétaux, avec 60% à 80% de leur poids de matière fraîche (Duthil, 1973; Catell, 2006).

En Algérie quel que soit la zone cultivée, la pluviométrie est un facteur prédominant qui conditionne fortement les récoltes (Feliachi, 2000). La pluviométrie est globalement déficitaire, puisque dans les zones les plus emblavées en céréales, elle varie de 350 mm à 550 mm (Hachemiet *al.*, 1979). Parallèlement, la culture du blé dur a besoin de 672 mm au cours de son cycle de développement, l'eau est en relation directe avec le rendement (Chennafiet *al.*, 2008b). Nos résultats montrent que l'évolution des précipitations a connu une augmentation de 1.6 mm entre les deux périodes amenant à une augmentation significative sur le rendement enregistré avec la période récente.

D'après Djermoun (2009), en Algérie l'évolution de la production des céréales enregistre une augmentation de la production des blés de 77,8 % en moyenne entre 1961-65 et 2001-2005, passant de 1,257 à 2,687 million de tonnes. Cette augmentation est imputable surtout à l'amélioration des rendements. Cependant la superficie réservée aux blés a connu une chute de l'ordre de -9,64% en passant de 1,969 à 1,779 millions d'ha en moyenne durant la même période. Par ailleurs nos résultats montrent que l'évolution de la production de blé dur dans la willaya de BBA s'avère compatible avec celle de Djermoun en 2009, dont nous avons

constaté une amélioration de la production entre les deux périodes étudiées (ancienne et récente), soit une augmentation de 60% en terme de production, donc cette augmentation de la production est liée directement à l'amélioration du rendement car nous avons constaté aucune variation significative en ce qui concerne les superficies réservées aux cultures de blé dur dans la zone d'étude durant les deux périodes étudiées. A cette effet, nous pouvons conclure, que la région de BBA est considérée comme un pôle céréaliier important dont la population locale s'investie essentiellement à la culture céréalière par rapport aux autres cultures qui sont néanmoins négligées (DSA, 2010).

Nos résultats sont similaires à ceux rapporté par Chebil et al. (2011) qui ont signalé une augmentation flagrant du rendement en Tunisie durant la période 1980–2009, cette amélioration est expliquée par l'évolutions favorable des conditions climatiques de la Tunisie. Cependant la variation du rendement chez la culture de blé dur sous l'effet des changements climatiques montre une hausse de ce dernier dans les régions méditerranéennes de 15 % à 100%. En revanche, les régions de Centre et Sud-Est sont caractérisées par une baisse du rendement du blé dur du aux évolutions climatiques défavorable à cette culture (Brissonet *al*, 2010).

Conclusion

L'Algérie a atteint au début du vingtième siècle un chiffre de 3,5 millions de tonnes en termes d'importation de blé dur. Le rendement national de cette culture est le plus faible du bassin méditerranéen (Belaid, 2000). Cette faiblesse de la production de blé en Algérie était toujours liée aux effets climatiques qui se font ressentir de manière très importante depuis ces dernières années (Chaise *et al.*, 2005),

L'analyse spatiotemporelle sur notre région d'étude qui se situe dans les hauts plateaux Algérien rapporte que le changement climatique aperçu est favorable à l'amélioration de cette production puisque cette dernière a doublé durant la période récente qui s'étale de 2007 jusqu'en 2014 par rapport à la période ancienne de 1997 jusqu'en 2007, de 66666q à 12222q, soit une augmentation de 60%, donc cette augmentation de la production est liée directement à l'amélioration du rendement car nous n'avons constaté aucune variation significative en ce qui concerne les superficies réservées aux cultures de blé dur dans la zone d'étude durant les deux périodes étudiées, cette amélioration est parallèle a une augmentation de température minimale de 1.33 C°, et maximale de 1.33 C°, ainsi que celle des précipitation 1.33mm.

Références bibliographiques

- **Abbassenne F., Bouzerzour H&Hachemi L., 1998** : Phénologie et production du blé dur (*Triticum durum* Desf) en zone semi-aride d'altitude. *Ann. Agron. INA* **18**, 24-36.
- **Abdelguerfi A., Ramdane S.A., 2003** : Bilans des Expertises sur « Les Risques Menaçant la Biodiversité en Algérie » *MATE-GEF/PNUD.Projet ALG/97/G31*, 31.
- **Acevedo E, 1989**: Assessing crop and plant attributes for cereal improvements. In: **Srivastava, J.P., Porceddu E., Acevedo E., Varma, S.** Eds. *Drought Tolerance in Winter Cereals*. Willey, Chichester, UK, 303–320.
- **Al-Khatib K., Paulsen G.M.**: Mode of high temperature injury to wheat during grain development Article first published online: 28 apr 2006. Consulter en ligne le 28 mars 2015.
- **Allaya M, 1993** : La situation alimentaire des pays du Sud et de l'Est méditerranéens in *Cahiers d'Options Méditerranéennes. Vol 1, n°5*, 7-15.
- **Allen R.G., Pereira L.S., Raes D & Smith M., 1998**: Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements. *Irrigation and drainage paper, n° 56*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- **Bahlouli F., Bouzerzour H & Benmahammed A., 2005**: Selection of stable and high yielding cultivar of durum wheat under semi-arid conditions. *Pakistan journal of agronomy* **4**, 360-365.
- **Baldy G, 1974** : Contribution à l'étude fréquentielle des conditions climatiques et leur influence sur la production des principales zones céréalières. *Document du projet céréale*, 170.
- **Banque de données l'Observatoire méditerranéen site internet <http://www.medobs.org>** consulter le 02/09/2014.
- **Belaid A, 2000**: The economics of durum wheat production in WANA: past trends and future prospects. In: proceeding of the symposium blé 2000, *enjeux ET strategies*, 47-70.
- **Belaid D, 1986** : Aspects de la céréaliculture Algérienne. *Editions OPU, Alger*, 207.
- **Bonjean A., Picard E., 1990** : Les céréales à paille origine, historique, économie et sélection. *Eds Nathan*, 235.
- **Bonnefoy M, 2007** : Blé dur : implantation et choix des variétés. *Edi. Tec&Doc*, 234.
- **Boutfirass M., Karroum & El Mourid M. 1994** : Irrigation supplémentaire et variétés de blé dans les zones semi-arides du Maroc. In : **El Gharous M., Karroum et El Mourid M. (Eds)**. *Acquis et perspectives de la recherche agronomique dans les*

zones arides et semi-arides du Maroc. INRA-MIAC Eds. Actes de conférence, Rabat 24-27 Mai 1994, Maroc, 176-179.

- **Bouzerzour H., 1998 :** La sélection pour le rendement en grain, la précocité la biomasse aérienne et l'indice de récolte chez l'orge (*Hordeum vulgare* L.) en zone semi-aride. *Thèse d'état université Mentouri Constantine*, 165.
- **Bouzerzour H., Benmahammed A., 1994:** Environmental factors limiting barley grain yield in the high plateaux of eastern Algeria. *Rachis* **12**, 11-14.
- **Brisson N., Levrault F., 2010 :** changement climatique, agriculture et forêt en France: simulations d'impacts sur les principales espèces ADEME. *Livre vert du projet CLIMATOR*
- **Cadi A., 2005 :** Caractérisation des zones céréalières potentielles à travers le Nord de l'Algérie. *Rev. ITGC. Céréaliculture* **44**, 36-39.
- **Catell F., 2006 :** Fonctionnement hydrique et physiologique de la plante. *In: Tiercelin J.R. et Vidal A. Traité d'irrigation*, 147-161. *2e Ed. Lavoisier. Paris*, 1265.
- **Chaise L., Ferla A. J., Honore A. & Moukhli R., 2005 :** L'impact du changement climatique sur l'agriculture en Afrique. *Atelier Changement Climatique. ENPC*
- **Chebil A., Mtimet N. & Tizaoui H., 2011:** *AfJARE Vol 6, n°2 September 2011.*
- **Cheftel J.C., Cheftel H., 1992 :** Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. *VI. Tec & Doc. Paris. Lavoisier*, 381.
- **Chéhat F., 2007 :** Analyse macroéconomique des filières, la filière blés en Algérie. *Projet PAMLIM « Perspectives agricoles et agroalimentaires Maghrébines Libéralisation et Mondialisation » Alger : 7-9 avril 2007.*
- **Chellali B., 2007 :** L'Algérie assure sa sécurité alimentaire. *Marché mondial des céréales.*
- **Chennafi H., Aïdaoui A., Bouzerzour, H. & Saci A., 2006:** Yield response of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivar Waha to deficit irrigation under semi-arid growth conditions. *Asian J. Plant Sci* **5**, 854-860.
- **Chennafi H., Bouzerzour H., Aïdaoui A. & Chennafi A., 2008b :** Positionnement des exigences en eau de la culture du blé dur avec l'avènement du déficit climatique en milieu semi-aride des Hautes Plaines Sétitiennes (Algérie). *In: Proceedings of the 5th International Conference on Land Degradation. Valenzano, Bari, Italy, 18-22 September 2008*, 59-62.
- **Chennafi H., Bouzerzour H., Saci A., Chennafi, A. & Laib M.A., 2008a :** Amélioration de l'agriculture pluviale en environnement semi-aride. *In: Proceedings*

du séminaire national sur les contraintes à la production du blé dur en Algérie. Université Chlef, le 29 et 30 novembre 2008, 62-68.

- **CNIS, 2013** : Centre National de l'Information et des Statistiques.
- **DGE, 2001** : Elaboration de la stratégie et du plan d'action national des changements climatiques. *Communication Nationale Initial. Projet national ALG/98/G31*. Alger, 131.
- **Djarmoun A, 2009** : La production céréalière en Algérie, les principales caractéristiques. *Revue Nature et Technologie*. n° 01/Juin 2009, 45- 53.
- **Doorenbos J., Pruitt W.O., 1975**: Guidelines for predicting crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage Paper No. 24*. FAO, Rome, Italy; 1977.
- **Duthil J, 1973**: La fertilisation phosphatée des sols calcaires. *An Agro, INA Vol VI n°2*.
- **El Mourid M., Karrou, M & ElGharous M., 1996**: La recherche en aridoculture respectueuse de l'environnement. *Al Awamia*. 92, 69-81.
- **Eliard J.L, 1974** : Manuel d'agriculture générale. *Bases de la production végétale*. Ed. Baillière, Paris, 344.
- **Evans L.T., Wardlaw I.F., 1976**: Aspect of comparative physiology in grain yield in cereal. *Adv. Agri.* 28, 301-359.
- **FAO STAT**, Division de la Statistique 16 octobre 2006.
- **FAO state 2010**: www.FAOstate.com. Consulter le 12/10/2014.
- **FAO, 2007** : Perspective alimentaires. Analyse des marchés mondiales. <http://www.fao.org/010/ah864f/ah864f00.htm>. (20.11.2014/13:28).
- **Feillet P, 2000** : Le grain de blé, composition et utilisation. *INRA*. Paris.
- **Feliachi K, 2000** : Programme de développement de la céréaliculture en Algérie. *In proc. symposium blé 2000, enjeux et stratégie Algérie*, 21-27.
- **Gate P, 1995** : Ecophysiologie du blé. *Tec Doc. Lavoisier*. Paris, 429.
- **Gate P.H, 1995** : Ecophysiologie du blé. Technique et documentation. *Lavoisier, Paris*, 151.
- **GIEC, 2007** : Rapport d'évaluation du GIEC sur le changement climatique. *GIEC, Genève, Suisse*
- **GIEC, 1997** : Stabilisation des gaz atmosphériques à effet de serre : conséquences physiques biologiques et socio-économiques. *Document technique III du GIEC*, 54.
- **GIEC/IPCC, 2007** : Bilan 2007 des changements climatiques. *impacts, adaptation et vulnérabilité*, 7.

- **Girard M.C., Walter C., Rémy J.C., Berthelin J & Morel J.L, 2005** : Sols et Environnement. *Eds., Dunod, Paris*, 816.
- **Hachemi M.M., Saidani., Bouattoura & Ait ameur C., 1979** : Situation des céréales en Algérie. *Céréaliculture* **11**, 7-12.
- **Hazoune T, 2006** : le semis profond comme palliatif à la sécheresse. Rôle de la coléoptile dans la levée et conséquences sur les composantes du rendement . *Thèse d'état Uni. Constantine*, 138.
- <http://www.lemaghreb.dz.com/admin/folder01/une.pdf>. (18.12.2014/00:14).
- **Hubert P, 1998** : *Recueil de fiches techniques d'Agriculture Spéciale* **17**, 23-27.
- **Jackson P.A., Byth D.E., Fischer K.S. & Johnston R.P., 1996**: Genotype x environment interactions in progeny from a barley cross: II. Variation in grain yield, yield components and dry matter production among lines with similar times to anthesis. *Field Crops Research* **37**, 11-23.
- **Jeanet R., Croguennec T., Schuck P & Brulé G., 2006** : Science des aliments : Biochimie- Microbiologie- Procédés- Produits. V2. *Technologie des produits alimentaires. (éd). TEC & DOC. Paris*.
- **Kara M, 2008** : La menace climatique en Algérie et en Afrique. *Ed. DAHLAB. Alger*, 384p.
- **Karou M., Hffid R., Smith D.N & Samir K., 1998**: Roots and shoot water use and water use efficiency of spring durum wheat early-season. *drought Agronomie* **18**, 181-186.
- **Kelkouli M, 2000** : Utilisation rationnel de l'eau et technique de récolte des eaux de pluie. *Rap .annuelle du projet OFWH in WANA.ITGC /ICARDA*, 32.
- **Lepage M.P., Bourdages L & Bourgeois G., 2011** : Interprétation Des Scénarios de Changements Climatiques. *Centre De Référence En Agriculture et Agroalimentaire Du Québec*.
- **Levitt J, 1982**: Réponses of plants to environmental stresses. *Academic Press. New York San Francisco. London*, 607.
- **Mara , 1992** : Secteur agricole et perspective de sa promotion et son développement. *Rapport générale de la commission national consultative sur l'agriculture*, 292.
- **Mekhlouf A, 1998** : Etude de la transmission héréditaire des capacitaires associés au rendement en grains et de leur efficacité en sélection chez le blé dur (*Triticum durum Desf*). *Thèse de magister, INA, El harrache*, 67.

- **Merah O., Monneveux P., Nachit M et Deléens E., 1999** : La composition isotopique du carbone, critère intégrateur du fonctionnement photosynthétique : application à l'amélioration génétique du blé dur en conditions méditerranéennes. *Cahiers Agricultures*, 8, 37-47
- **Monneveux P, 2002** : Bilan d'activités du laboratoire sur le thème : amélioration de la tolérance à la sécheresse du blé dur. *UER de génétique et amélioration des plantes, ENSA-INRA Montpellier*.
- **Nicoulaud B, 1995** : Etude de l'enracinement du blé tendre d'hiver et du maïs dans les sols argilo limoneux de petite Beauce. *Rév. étude et gestion des sols* 2,3, 183-200.
- **Novak S., Kockmann F., Villard A., 2006**: Adapter la stratégie culturale au type de sol.
- **Olesen J.E., Bindi M., 2002**: Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *Eur. J. Agron.* 16, 239–262.
- **Oliosio A, 2006** : Spatialisation des transferts sol-végétation-atmosphère de l'échelle de la parcelle à celle du paysage agricole en combinant modèles de fonctionnement de la végétation et du sol, modèles de transfert radiatif et systèmes de mesure de télédétection. *Mémoire de HDR, spécialité "Physique de l'Environnement (Sciences de l'eau, Télédétection)". Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, Avignon (FRA), 330.*
- **Ouranos, 2010** : Élaborer un plan d'adaptation aux changements climatiques: Guide destiné au milieu municipal québécois. *Montréal Québec*.
- **PADILLA M., OBERTI B., 2000** : Alimentation et nourritures autour de la Méditerranée, Karthala. *Ciheam, Paris*.
- **Papa M. T, 2014** : Effets des futurs changements climatiques sur la performance à long terme des chaussées souples au Québec. *mémoire à l'université Laval*, 5.
- **Patrice D, 2005** : Fonctionnement du système climatique, perturbations humaines, dérèglements dangereux.
- **Prasad B., Carver B.F., Stone M.L., Babar M.A., Raun W.R. & Klat A.R., 2007**: Genetic Analysis of Indirect Selection for Winter Wheat Grain Yield Using Spectral Reflectance Indices. *Crop science* 47, 1716-1425.
- **Recensements Généraux de l'Agriculture, 2001**.
- **Saida N, 2007** : Evaluation des impacts des changements climatiques et de l'élévation du niveau de la mer sur le littoral de Tétouan (Méditerranée occidentale du Maroc) : Vulnérabilité et Adaptation. *Thèse de doctorat d'état*, 21.

- **Sciama Y, 2007 :** Le changement climatique, une nouvelle vie sur la terre. *Ed. Larousse*, 128.
- **Slama A., Ben Salem M., Ben Naceur M. & Zid E.D., 2005:** Les céréales en Tunisie: production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. Institut national de la recherche agronomique de Tunisie (Inrat). *Univ. Elmanar. Tunisie*.
- **Soltner D, 1980 :** Les grandes productions végétales. *Edi. Collection des sciences et des techniques agricoles*, 15-55.
- **Soltner D, 1985 :** Les grandes productions végétales, céréales, plantes et prairies sarclées. *Edition ; collection science et technique agricole*. 741.
- **Soltner D, 2000 :** Phytotechnie générale : les bases de la production végétales. *Tome 1 : le sol et son amélioration, Sciences et techniques agricoles, 22^{ème} édition*, 467.
- **Soltner D, 2005 :** La base de la production végétale. *Tom 1, Le sol et son amélioration 24^{ème} Edi. collection science et technique agricole*. 472.
- **Statistiques du ministère de l'Agriculture.**
- **Tabet S, 2008 :** Le changement climatique en Algérie orientale et ces conséquences sur la végétation forestière. *Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Magister en Ecologie végétale*, 27-28.
- **Tahir M., Ketata H., & Amiri A., 1998:** breeding of wheat (*Triticum aestivum* L.) for thermal stress tolerance for continental Mediterranean environments. *In proceeding for of the 9th international wheat genetic symposium 4*, 95-97.
- **Wardlaw I.F, 2002:** Interaction between drought and chronic high temperature during kernel filling in wheat in a controlled environment. *Annals of Botany* **90**, 469-476.
- **Wardlaw I.F., Dawson I. A. & Munibi P. M., 1989:** Tolerance of wheat to high temperature during reproductive stage. *Australian Journal research* **46**, 15-24.

Résumé

Ce travail a pour but d'étudier l'évolution spatio-temporelle de la production céréalière au niveau de la wilaya de BBA, qui se situe dans les hautes plaines centrales de l'Est d'Algérie, par rapport à l'évolution climatique sur deux périodes de temps. Une période ancienne qui s'étale de 1997 à 2007 et une autre récente de 2007 jusqu'à 2014. A cet effet, nous avons choisis des zones potentielles de production céréalière cultivées en blé dur (21 stations). Les stations choisies ont la même caractéristique topographique, les résultats obtenus indiquent un changement climatique favorable au profit du rendement céréalier, ce changement est exprimé par l'augmentation de la température maximale de 1.45°C et minimale de 1.26°C , ainsi que la précipitation de 2.5 mm. De plus cette évolution est accompagnée par une augmentation de la production par 16544.4 q, ce qui a contribué à l'amélioration du rendement par 6.33 q/h entre les deux périodes étudiées. Cependant les superficies n'enregistrent aucun changement significatif. Enfin notre travail a révélé l'effet positif des changements climatiques sur l'amélioration de la production du blé dur dans la wilaya de BBA.

Mots clés

Blé dur, Changements Climatiques, Rendement, Evolution climatique, Température, Précipitation.

Abstract

This work aims to study the spatiotemporal evolution of grain production in the province of BBA, which is situated in the high central plains of eastern Algeria, in relation to climate change over two period's time. A former period that extender from 1997 to 2007 and another from 2007 to 2014. Recent To this end, we selected potential cereal producing areas sown to d wheat (21 stations). The selected stations have the same topographical feature, the results obtained indicate a favorable climate change in favor of the cereal production, this change is expressed by the increase in the maximum temperature of 1.45°C and minimum of 1.26°C and precipitation 2.5 mm. Moreover this development is accompanied by an increase in production by 16544.4 q, which contributed to the improved performance by 6.33 q / h between the two periods studied. However the areas do not record any significant change. In the end our work revealed the positive effect of climate change on the improvement of the production of wheat in the province of BBA.

Keywords

Durum wheat, Climate Change, Efficiency, Climate Evolution, Temperature, Precipitation.

يهدف هذا العمل إلى دراسة تطور المكاني والزمني الحبوب في ولاية برج بوعريبيج، والتي تقع في السهول عالية من شرق الجزائر، فيما يتعلق بتغير المناخ على مدى فترتين 2007-1997 و 2007-2014. تحقيقاً لهذه الغاية، محطات مختارة لديها نفس الميزة الطبوغرافية، والنتائج التي تم الحصول عليها تشير إلى وجود تغير مواتي لصالح محصول الحبوب، ويعبر عن هذا التغيير الزيادة في درجة الحرارة القصوى بـ 1.4°C في ما يتعلق بهطول الأمطار 1.26°C . والتي ساهمت في تحسن 6.33 / هكتار بين الفترتين المدروستين. سجل أي تغيير يذكر. في النهاية كشف عملنا الأثر الإيجابي لتغير المناخ على تحسين إنتاج القمح برج بوعريبيج.

الكلمات المفتاحية

تغير المناخ،

