

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة الجبلاي بونعامة خميس مليانة
Université DJILALI BOUNAAMA Khemis Miliana
Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre
Département de: Biologie.



Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention d'un diplôme de Master en
Filière : Ecologie et l'environnement
Spécialité: Bioclimatologie

Thème :

**Etude d'impact des changements climatiques sur la production du
blé dur dans la wilaya d'Ain defla**

Présenté par : Mme : Yahia mahammed Marwa

Mme : Rouaba Amina

Devant le jury composé de :

Présidente : <i>Mme .Ladaidi.A</i>	<i>MAA</i>	<i>UDBKM</i>
Promotrice : <i>Mme .Mestfaoui.H</i>	<i>MAA</i>	<i>UDBKM</i>
Co-promotrice : <i>Mme .Nabti</i>	<i>MAA</i>	<i>UDBKM</i>
Examineur1 : <i>Mr.Amrani.R</i>	<i>MAA</i>	<i>UDBKM</i>

Année universitaire: 2019-2020

Remerciement

Remerciement

*Nous remercions avant tout **ALLAH** tout puissant, de m'avoir guidé toutes les années d'étude et m'avoir donné la volonté, la patience et le courage pour terminer ce travail.*

L'expression de mes très vives gratitudee et respects à notre promotrice,

***Mm MESTFAOUI. H;** pour son soutien, pour ses conseils utiles et sa gentillesse et pour ses appréciations sur ce travail.*

Nous remercions beaucoup les membres du jury :

***Mme .Ladaidi.A, Mr.Amrani.R, Mme.Nabti.D** qui nous ont fait l'honneur de participer et de juger notre mémoire.*

Nous remercions tous les enseignants du département de science de la nature et la vie pour leurs aides et encouragements au cours de mes études.

*Nous tenons à remercier aussi
Tous les personnes de Direction de Service Agricole de la wilaya d'Ain Defla.*

En fin nous tenons à exprimer, nos remerciements à toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Un grand merci à tous et à toutes.

Dédicaces

Je dédie ce travail :

Avant tout à mes chers parents mère et père Qui m'ont

Soutenu durant toutes ces années de formation.

Mes grands-mères

A mes frères MOHAMED, SOHAIB, SAID et MOADH

A ma sœur RITADJ

A toute la famille YAHIA MAHAMMED

Et spécialement pour DAOUAD ET ZITOUNI

A tous mes amis sans exception et d'une façon spéciale a : RABIA,

KHADIDJA, DONIA, MARYANA, OUSSAMA, KHEIRA, SORAYA et tous

les étudiants BIOCLIMATOLOGIE.

MARWA

Dédicaces

Au nom de dieu Je dédie ce modeste mémoire à mes parents :

Papitou MOHAMED

Mamita BARBARA AICHA

A grand-mère BAHRIA OUDA

qui ont su me Soutenir tout long de mes études, parfois me reconforter dans les

moments Difficiles, et qui sans eux je n'aurai pu effectuer ce Travail.

A toute mes frères

A Toute Ma Famille ROUABA

A tous mes amis et mes collègues.

AMINA

Résumé

L'agriculture est sensible aux variations climatiques, la sécheresse est l'une des causes principales de la faible productivité chez les céréales à petites graines et spécialement le blé dur dans une région semi-aride caractérisant par une fluctuation pluviométrique remarquable, cas de la wilaya d'Ain Defla.

L'eau est un élément vital de la vie végétale et son manque peut affecter la croissance et la productivité de blé.

A travers de cette étude, nous avons étudié le climat d'Ain Defla basant sur des données climatiques pour une période de 20 années s'étalant de 2000 à 2019 afin de déterminer l'étage climatique de notre région d'étude, ainsi que faire une synthèse bibliographique sur l'effet de la sécheresse sur la production du blé dur dans une région semi-aride. Cette étude s'appuie sur l'utilisation d'un modèle de culture STICS en vue d'obtenir quelques résultats sur l'effet d'une année déficitaire sur le rendement du blé dur. Les résultats de plusieurs études s'accordent ont montré qu'il existe plusieurs stratégies d'adaptatifs, d'ordres morphologiques, phénologiques et physiologiques, participent à l'amélioration de la tolérance aux stress abiotiques, parmi ces stratégies d'adaptation on trouve trois formes distinctes tels que l'esquive, l'évitement et la tolérance.

Les mots clés : Blé dur, changements climatiques, Adaptation, le rendement, STICS, semi-aride.

المخلص

الزراعة جد حساسة لتغيرات المناخ، الجفاف هو أحد الأسباب الرئيسية لانخفاض الانتاجية في الحبوب الصغيرة وخاصة القمح الصلب في منطقة شبه جافة تتميز بتقلب ملحوظ في معدلات سقوط الامطار، حالة ولاية عين الدفلى.

يعتبر الماء عنصرا حيويا في حياة النبات وقد يؤثر نقصه على نمو الحبوب وقدرتها الإنتاجية، وقد حاولنا من خلال هذه الدراسة ان نبين المناخ السائد في ولاية عين الدفلى استنادا الى بيانات المناخ لفترة 20 سنة منذ عام 2000 الى غاية 2019 لتحديد مستوى المناخ في مجال الدراسة، واعداد ملخصات بيولوجرافية عن أثر الجفاف على انتاج القمح الصلب في منطقة شبه جافة.

تستند هذه الدراسة الى استخدام نموذج المحاصيل الزراعية STICS للحصول على بعض النتائج فيما يخص تأثير عام العجز على مردود القمح الصلب.

لقد اظهرت نتائج العديد من الدراسات وجود العديد من استراتيجيات النظام التكيفي، المورفولوجيا، الفنولوجية والفيزيولوجية، التي تساهم في تحسين تحمل الضغط في الحالة غير الحيوية، ومن بين استراتيجيات التكيف هذه هناك ثلاثة أشكال متميزة مثل التفادي، التجنب، التسامح.

الكلمات المفتاحية: القمح الصلب، التغيرات المناخية، التكيف، المردود، STICS، شبه جافة.

Abstract

Agriculture is sensitive to climatic variations; drought is one of the main causes of low productivity in small seed cereals and especially durum wheat in a semi-arid region characterized by a remarkable rainfall fluctuation, case of the wilaya d'Ain Defla.

Water is a vital part of plant life and its lack can affect grain growth and productivity.

We try in this study to describe the dominant weather in the city of Ain-Defla based on climate data for a 20-year period from 2000 to 2019 to determine the climate level of our study area, and a literature review on the effect of drought on durum wheat production in a semi-arid region. This study builds on the use of a STICS culture model to obtain some discounts on the effect of a deficit year on durum wheat yield. The results of several studies have shown that there are several adaptive order strategies, phonological, physiological and morphologies, contribute to the improvement of abiotic stress tolerance, among these adaptation strategies are three distinct forms such as evasion, avoidance and tolerance.

Key words: Durum wheat, climate variability, Adjustment, yield, STICS, semi-arid.

Liste des abréviations

ABA : Applied Behavioral Analysis (Analyse comportementale).

AGPM : Association générale des producteurs de maïs.

ANRH : Agence National des Ressources Hydriques.

DSA : Direction des Services Agricole.

EMB : Emblavée.

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique.

ITCF : Institu technique des céréelle et de fourrage.

ITGC : Institut Technique de Grandes Cultures.

Prod : production.

Rdt : Rendement

REC : Récolte.

STICS : Simulateur multIdisciplinaire pour des Cultures Standards.

SAT : Superficie Agricole totale.

SAU : Superficie Agricole Utile.

Liste des figures

Figure 1 : Graines de blé dur.....	7
Figure 2 : Cycle de développement du blé.....	12
Figure 3 : La localisation de la wilaya d'Ain Defla.....	21
Figure 4 : Evolution des précipitations moyenne annuelles de la région d'Ain Defla.....	23
Figure 5 : Répartition mensuelle des précipitations de la région d'Ain Defla.....	24
Figure 6 : Evolution de la température moyenne annuelle de la région d'Ain Defla.....	25
Figure 7 : Variation de la température moyenne mensuelle maximale et minimale de la wilaya Ain Defla.....	26
Figure 8 : Le diagramme ombrothermique de Gaussen de la wilaya d'Ain Defla.....	28
Figure 9 : Localisation de la wilaya d'Ain Defla sur le climagramme d'Embérger.....	29
Figure 10: les vitesses des vents moyennes mensuelles dans la wilaya d'Ain Defla.....	30
Figure 11: L'évapotranspiration moyenne mensuelle dans la wilaya d'Ain Defla.....	31
Figure 12 : les valeurs moyennes mensuelles de l'humidité relative dans la wilaya d'Ain Defla.....	32

Liste Des Tableaux

Tableau 1 : Consommation en blé dans quelques pays, 1961- 2003.....	9
Tableau 2 : Evolution de la superficie, de la production et du rendement de blé dur durant la période 2000-20019 de la wilaya Ain Defla.....	10
Tableau 3 : Critères de notation des principaux stades de développement de blé dur au champ.....	11
Tableau 4 : Stades de développement considérés par STICS.....	18
Tableau 5 : Principaux caractères impliqués dans les mécanismes de tolérance à la sécheresse.....	36

Table des matières

REMERCIEMENTS.....	i
DEDICACES.....	ii
RESUME.....	iii
LISTE DES ABREVIATION.....	iv
LISTE DES FIGURES.....	v
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
INTRODUCTION GENERALE.....	vii

Chapitre I : Généralité sur le climat

I.1.Définition de climat.....	4
I.2.Les éléments du climat.....	4
I.3. Variabilité climatique.....	4
I.4.Le bilan hydrologique.....	5

Chapitre II : Généralité sur le blé

II.1.Origine et historique du blé dur.....	7
II.2.Classification botanique.....	7
II.3. Importance et production de blé dans le monde et en Algérie.....	8
II.3.1. Dans le monde	8
II.3.2. Dans l'Algérie.....	9
II.3.2.1. Dans la wilaya d'Ain Defla.....	9
II.4. Cycle végétatif du blé.....	10
II.5 Exigence du blé dur	12
II.5.1 Climatique.....	12
II 5.1.1. Eau.....	12
II 5.1.2. Température.....	13
II.5.1.3. La photopériode.....	13
II.5.2. Exigences édaphique.....	13

II.5.2.1. Sol	13
II.5.2.2. Les éléments fertilisants.....	14

Chapitre III : Généralité sur le modèle STICS

III.1. Présentation de modèle STICS.....	16
III.1.1. Généralité sur STICS.....	16
III.1.1.1. Description du modèle.....	16
III.1.1.2. Organisation en modules et optionalité.....	16
III.1.2. Intérêt et limites du modèle STICS.....	16
III.1.2.1. Intérêts.....	16
III.1.2.2. limites.....	17
III.2. Module et formalismes du STICS.....	17
III.2.1. Développement.....	17
III.2.2. Croissance aérienne.....	17
III.2.3. Elaboration du rendement.....	18
III.2.4. Croissance racinaire.....	19
III.2.5. Fonctionnement hydrique	19
III.2.6. Fonctionnement azoté.....	19

Chapitre IV : Présentation de la zone d'étude

IV .1. Situation géographique de la zone d'étude.....	21
IV .2. Climat.....	22
IV .2.1. Précipitations.....	22
IV .2.1.1. La répartition annuelle des précipitations.....	22
IV .2.1.2. La répartition mensuelle des précipitations.....	23
IV .2.2. Température.....	24
IV .2.2.1. Température moyenne annuelle.....	25
IV .2.2.2. Les températures moyennes mensuelles maximales et minimales.....	25
IV .2.2.3. L'amplitude thermique.....	26
IV .2.3. Le diagramme ombrothermique de Gaussen.....	27
IV .2.4. Climagramme d'Emberge.....	28

IV .2.5.Vent.....	30
IV .2.6.L'évapotranspiration.....	30
IV .2.7.L'humidité.....	31

Chapitre V : Résultats et discussion des travaux antérieurs

V .1. Le changement climatique.....	34
V .1.1. Effet de serre.	34
V. 2. Stresse abiotique et effet sur la plante.....	34
V.2.1. L'éclairement.....	34
V.2.2. La température.....	34
V.2.2.1. Les basses températures.....	34
V.2.2.2. Les températures élevées.....	34
V.2.3. Le stress hydrique.....	35
V.3. Mécanisme d'adaptation aux stress.....	35
V.3.1. L'esquive.....	35
V.3.2. L'évitement.....	35
V.3.3. La tolérance.....	35
V.4. Rôles des paramètres d'adaptation.....	36
V.4.1 Paramètres phénologiques.....	36
V.4.2 Paramètres morphologiques.....	37
V.4.2 Paramètres Physiologiques.....	37

Conclusion.

Références bibliographiques.

Introduction

La production agricole dans le monde est fortement limitée par les conditions de milieu au premier rang desquelles figure la sécheresse .Cette dernière provoque une instabilité de la production suite aux fluctuations qui touchent surtout les cultures pluviales et plus particulièrement les céréales (**Mr Morsli Lakhdar, 2010**).

En Algérie, les céréales constituent l'alimentation de base de la population. Elles couvrent environ 60% des terres cultivées (**Mr Morsli Lakhdar, 2010**).

Malheureusement, la production reste faible et les rendements oscillent aux grés des aléas climatiques .Cette situation a pour origine des variations climatiques défavorables marquées surtout par un déficit hydrique sévère et régulier, accompagné de fortes chaleurs de fin de cycle. Le manque d'eau reste le facteur le plus limitant auquel fait face la culture du blé dur, quoique des études récentes montrent que ce sont plutôt les basses températures hivernales et printanières qui handicapent le plus cette spéculation (**Annichiarico et al., 2005**).

Face à cette situation, diverses stratégies d'améliorations des rendements et d'adaptation peuvent être appliquées. Parmi ces stratégies la sélection de génotypes aux potentiels productifs acceptables et qui se caractérisent par une adaptation au milieu pour minimiser les baisses de productions lors des années difficiles (**Eljaafari et al, 2004**)

Dans notre travail on a étudié les paramètres climatiques de la wilaya d'Ain Defla. La série des données étudiées est de 20ans (2000-2019), est de faire une synthèse bibliographique en basant sur des travaux antérieurs sur l'effet des changements climatiques sur la production du blé dur dans une région semi-aride.

Nous avons subdivisé notre étude en cinq chapitres :

- Les trois premiers chapitres qui représentent le Revue bibliographique qui se base essentiellement sur des généralités sur le climat, le blé dur et le modèle STICS.
- Le quatrième chapitre qui destinée à la présentation de la zone étude.
- Le cinquième Chapitre consacrée au traitement des résultats obtenus et leur discussion des travaux antérieurs.

Et finalement une conclusion et terminée par une liste de références bibliographique.

Chapitre I
Généralité sur le climat

I.1. Définition de climat

Est l'ensemble des phénomènes météorologiques (température, pression atmosphérique, vents, précipitation) qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère et son évolution en un lieu donné.

Les climats dans le globe terrestre ont été classifiés selon plusieurs méthodes. Entre autres celle reposant sur les considérations du confort thermique de l'homme, et qui réduit les climats de base à quatre (**Nouibet, 1997**) :

- Climats arides, chauds et humides.
- Climat méditerranéen.
- Climat tempéré.
- Climat froid.

I.2. Les éléments du climat

Les éléments principaux qui interviennent directement dans l'étude d'un climat sont essentiellement :

- La température de l'air dont l'amplitude thermique est un indice caractéristique aussi bien pour l'année que le mois et la journée (**Revue semestrielle, 2015**).
- Les précipitations elles désignent tous corps liquides ou solides qui tombent du ciel (neige, pluie, grêle,...etc) (**Revue semestrielle, 2015**).
- Le vent qui intervient dans la dispersion des fragments de thalles et des spores mais favorise aussi la dessiccation des thalles (**Site1**).
- Humidité il' agit d'un élément important du cycle hydrologique contrôlant entre autre l'évaporation du sol et la transpiration du couvert végétal (**Site1**).
- La lumière qui module l'activité des photosymbiotes (synthèse de polyols, etc.) et des mycosymbiotes (fabrication de substances pour optimiser la photosynthèse) (**Site1**).

I.3. Variabilité climatique

En général, la variabilité climatique se réfère à la variation naturelle intra et interannuelle du climat, alors que les changements climatiques désignent un changement du climat attribué directement ou indirectement aux activités humaines qui altèrent la composition de l'atmosphère globale et qui s'ajoutent à la variabilité

climatique naturelle observée sur des périodes de temps comparables (UNFCCC, 1992).

Ainsi, la notion de variabilités et changements climatiques désigne la modification ou variation significative du climat, qu'elle soit naturelle ou due aux facteurs d'origine anthropique (Niasse M., Afouda A. et Amani A., 2004).

I.4. Le bilan hydrologique

Un bilan hydrique est le résultat chiffré de la comparaison du total des précipitations tombées dans une région et l'évapotranspiration potentielle (ETP) au niveau d'une parcelle.

Il est intéressant de noter que dans chacune des phases du bilan hydrique on retrouve respectivement un transport d'eau, un emmagasinement temporaire et parfois un changement d'état. Il s'ensuit que l'estimation des quantités d'eau passant par chacune des étapes du cycle hydrologique peut se faire à l'aide d'une équation appelée "hydrologique" qui est le bilan des quantités d'eau entrant et sortant d'un système défini dans l'espace et dans le temps. Le temporel introduit la notion de l'année hydrologique (Katerji, 1977).

L'équation du bilan hydrique, dans son expression la plus complète (Rana & Katerji, 2000), s'écrit:

$$P + I + W - ET - R - D = \pm \Delta S$$

Avec :

P : précipitation

I : irrigation

W : remontée capillaire

D : drainage

R : ruissellement

ET : évapotranspiration

ΔS : stock d'eau dans la zone racinaire

Chapitre II
Généralité sur le blé

II.1. Origine et historique du blé dur

La plupart des recherches archéologiques ont confirmé que les origines du blé se situent dans les zones du croissant fertile (**Harlan, 1976 ; Badr *et al*, 2000 ; Bonjean, 2001**). En fait, la découverte des premiers signes des espèces de blé datent d'un peu moins de 8.000 ans avant Jésus-Christ. (**Feldman, 1976**) cité par (**Doussinault *et al*, 1992**).

Le grain de blé a un aspect ovoïde, plus allongé dans le cas du blé dur.



Figure 1 : Graines de blé dur (**Boulal *et al*, 2007**).

Les formes spontanées de blé ayant été impliquées dans l'évolution des formes cultivées sont originaires des régions possédant des climats variables allant des tempérés chauds (bassin méditerranéen) à tempérés froids (régions montagneuses et Hauts-Plateaux du Centre-Ouest de l'Asie) avec un régime de pluies variables mais souvent limitant pendant la période de croissance. L'homme a donc sélectionné les variétés en fonction des conditions locales et le processus de sélection a produit un très grand nombre de variétés locales (**Boulal *et al*, 2007**).

II.2. Classification botanique

Selon Feillet(2000) ; le blé dur est une plante annuelle monocotylédone qui appartient à la famille des graminées dont la classification botanique est la suivante :

Règne	Plantae
Sous-règne	Cormophyte
Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Monocotylédones
Ordre	Commélini florales
Sous ordre	Poales
Famille	Graminées
Tribu	Triticées
Genre	<i>Triticum</i> sp
Espèce	<i>Durum Wheat</i>

II.3. Importance et production de blé dans le monde et en Algérie

II.3.1. Dans le monde

L'union européenne (principalement l'Italie, l'Espagne et la Grèce) est le plus grand producteur de blé dur, avec une récolte annuelle moyenne de huit millions de tonnes métriques. Le Canada arrive au deuxième rang avec 4,6 millions de tonnes métriques par année, suivi de la Turquie et des États-Unis, avec 4 et 3,5 millions de tonnes métriques respectivement (**Anonyme, 2002**).

Chebbi et El Mourid (2005), estiment que la consommation annuelle moyenne de céréales par habitant dans les pays du Maghreb est l'une des plus élevées dans le monde. Elle était évaluée en 2000, à 205 kg/an en Tunisie, 219 et 240 kg/an au Maroc.

Tableau 1 : Consommation en blé dans quelques pays, 1961- 2003 (FAOSTAT, 2006).

Kg	1961	1970	1980	1990	2002	2003	Variance 1961-2003
Algérie	110	120	182	193	190	201	82
Tunisie	146	153	195	205	202	194	33
Maroc	130	129	153	180	172	179	38
Italie	162	176	173	149	150	152	-6
Egypte	79	87	125	148	136	131	65
France	126	97	96	92	97	98	-22
Monde	55	57	65	70	68	67	22

II.3.2. Dans l'Algérie

La production des céréales, jachère comprise, occupe environ 80% de la superficie agricole utile (SAU) du pays et la superficie emblavée annuellement en céréale se situe entre 3 et 3.5 million d'ha (**Djermoun, 2009**).

En effet, la production dominée par le blé dur 42% au cours des 30 dernières années, reflète un potentiel agricole sous exploité.

D'après **sassi (2007)**, l'Algérie continue d'être parmi les plus grands importateurs de blé dans le monde, les importations en blé dur proviennent notamment de la France, pour laquelle l'Algérie est un client de la France, pour laquelle l'Algérie est un client de première place (**AFP, 2007**).

II.3.2.1. Dans la wilaya d'Ain Defla

D'après les statistiques agricoles au niveau de la wilaya, les céréales occupent la plus part de la superficie agricole totale (SAT), telle que le blé dur est considéré comme le principal produit céréalier dans la wilaya d'Ain Defla, avec une production souvent remarquable à celles des autres céréales (plus de 70% de la production céréalière annuelle).

Tableau 2 : Evolution de la superficie, de la production et du rendement de blé dur durant la période 2000-20019 de la wilaya Ain Defla (DSA, 2020).

Les années	BLE DUR				
	Superficie		Taux de Récolte	Prod. (qx)	Rdt (qx/ha)
	EMB (ha)	REC (ha)	%		
2000	53 995	26 259	96	129 870	5
2001	53 995	54 960	96	812 520	15
2002	55 200	48 200	87	600 000	12
2003	53 200	53 078	100	1 067 570	20
2004	51 362	48 962	95	660 000	13
2005	49 850	46 154	93	468 710	10
2006	49 660	47 491	96	720 000	15
2007	50 270	50 162	100	1 028 320	20
2008	48 540	48 540	100	630 450	13
2009	55 230	54 750	99	1 246 000	23
2010	53 107	52 339	99	859 255	16
2011	54 150	53 991	100	1 203 855	22
2012	57 000	56 837	100	1 561 966	27
2013	58 372	58 325	100	1 397 000	24
2014	56 776	45 200	80	686 500	15
2015	57 728	56 320	98	1 000 981	18
2016	50 230	45 207	90	1 026 300	23
2017	57 300	53 979	94	1 150 000	21
2018	55 556	55 151	99	1 527 458	28
2019	58 380	57 610	99	1 642 400	29
moy	53995,05556	50 676	96	970 958	19

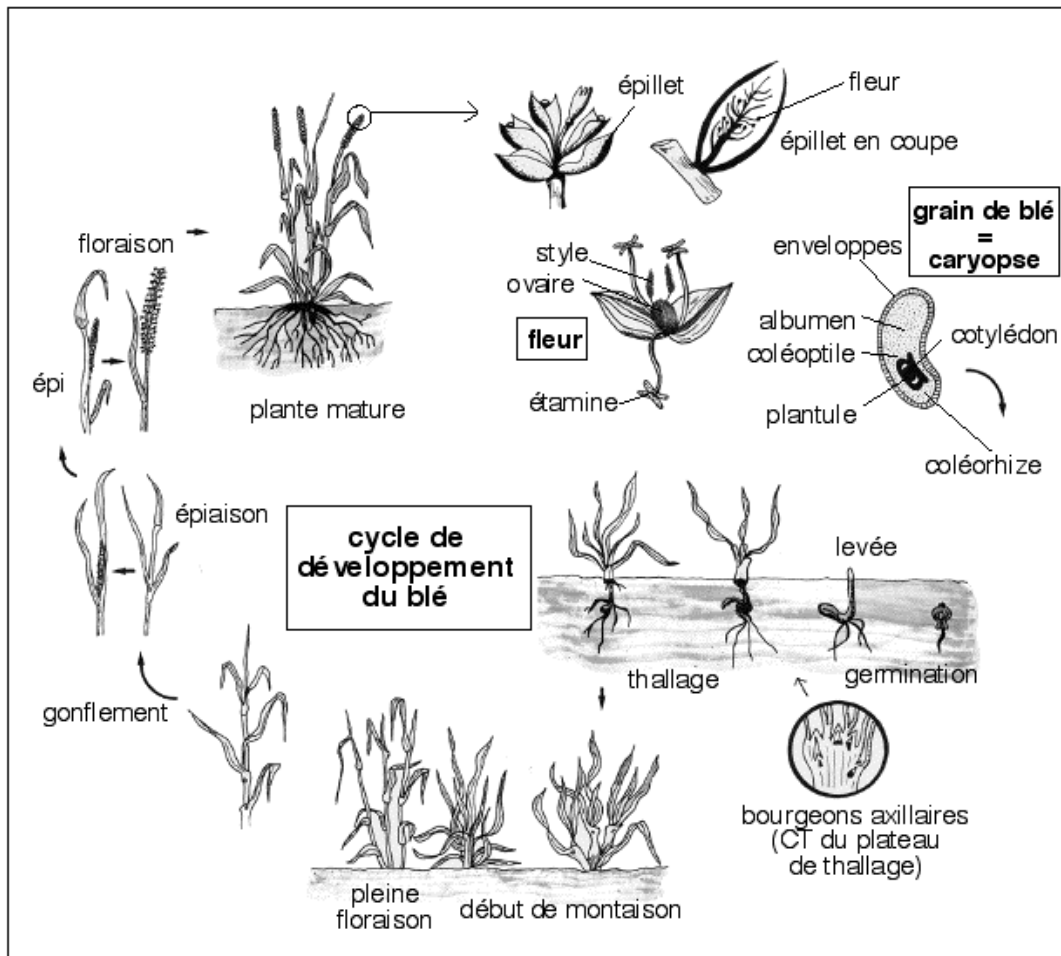
II.4. Cycle végétatif du blé

Le cycle de développement de blé comprend trois grandes périodes :

- 1- Période végétative.
- 2- Période reproductrice.
- 3- Période de maturation.

Tableau 3 : Critères de notation des principaux stades de développement de blé du au champ (Boulal *et al*, 2007).

	Stade de développement	Critères de notation des dates d'apparition des stades
1- Période végétative	Levée	90% des plantes ont leur première feuille émergée du sol
	Début tallage	50% des plantes ont leur première talle visible à l'aisselle de la première feuille
	Début montaison	Apparition du premier nœud sur 50% des plantes
2- Période reproductrice	Gonflement	50% des gaines de la dernière feuille sont en état de gonflement
	Début épiaison	50% des épis sont à moitié sortis de la gaine de la dernière feuille
	Début floraison	50% des épis présentent des étamines sur plus de la moitié des épillets
3- Période de maturation	Grain laiteux	50% des épis présentent des grains qui en s'écrasant laisse apparaître un liquide blanchâtre. Etat laiteux
	Grain pâteux	50% des épis présentent des grains à l'état pâteux
	Maturité physiologique	90% des épis ont des grains durs qui se cassent difficilement entre les dents



Le cycle de développement du blé.

Figure 2 : Cycle de développement du blé (Yves. H et De Buyser, 2000).

II.5 Exigences du blé dur

II 5.1 Climatique

II 5.1.1. Eau

Selon **Bonnefoy et Moynier (2014)** ; les besoins en eau de la culture du blé varient comme suit :

- Durant la phase (épis 1 cm – 2 nœuds), d’une durée de 20 à 25 jours, elle est de 60 mm.
- Durant la phase (2 nœuds – floraison), d’une durée de 30 à 40 jours, elle est de 160 mm.
- Durant la phase (floraison - grain laiteux), d’une durée de 20 à 25 jours, elle est de 140 mm.

- Durant la phase (grain laiteux – maturité), d'une durée de 15 à 20 jours, elle est de 90 mm.

II 5.1.2. Température

En fonction des stades phénologiques, les effets des températures sur le rendement final sont variables. Au début montaison (stade épi à 1 cm), une seule journée avec une température minimale $\leq -4^{\circ}\text{C}$ (sous abri) est suffisante pour la destruction partielle ou totale des épis, En effet, l'augmentation des températures accélère la vitesse de croissance des grains et réduit leur durée de remplissage. (**Gate, 1991**)

Le blé est moins sensible à la température durant sa phase végétative par rapport à sa phase reproductive. (**Entz et Fowler, 1988**)

De plus, Le zéro de germination du blé est de 0°C . (**Simon et al., 1989**).

II.5.1.3. La photopériode

On désigne par photopériode, l'influence de la durée d'éclairement journalier sur le développement de la plante. Le blé et l'orge sont adaptés aux jours longs (donc la floraison s'effectue plus rapidement en jours longs). Il faut que la durée d'éclairement soit d'environ 12 heures pour que l'épi commence à monter dans la tige (**Simon et al., 1989**).

II.5.2. Exigences édaphiques

II.5.2.1. Sol

Le blé prospère sur une gamme assez variée de sols et l'optimum semble être des terres neutres, profondes et de texture équilibrée. En sol peu profond, le rendement en grain des céréales est pénalisé (**El Mourid et al, 1992**).

Les meilleurs sols pour le blé dur ce sont les terres de limon, argileux-siliceuses et argileux-calcaire riches chimiquement qui sont les plus favorables, par leur structure stable et coagulée, leur perméabilité et leur réaction voisine de la neutralité. (**Boufrah et Moussa, 2015**)

II.5.2.2. Les éléments fertilisants

Les besoins du blé en éléments fertilisants sont compris entre 2.8 et 3.2 kg d'azote, 1 et 1.6 kg de P₂O₅, 3 et 4.8 kg de K₂O par quintal de production (grain + paille) (**Benaouda et Karrou, 1994**).

Pour atteindre les meilleurs rendements, il faut satisfaire les besoins des cultures en éléments fertilisants par des apports d'engrais en quantités suffisantes et au moment opportun (**El Gharous *et al*, 1993**).

La fertilisation minérale doit permettre l'obtention d'un(e) :

- ✓ rendement très proche de l'optimum économique de production ;
- ✓ production ayant une bonne qualité technologique ;
- ✓ culture valorisant au mieux les disponibilités en fertilisants (sol et apports) et donc respectueuse de l'environnement.

Chapitre III

Généralité sur le modèle STICS

III.1. Présentation de modèle STICS

III.1.1. Généralité sur STICS

STICS (simulateur multidisciplinaire pour les Culture Standards) est un modèle de culture conçu par INRA d'Avignon, en collaboration avec des instituts techniques (AGPM, ITCF), comme un outil de simulation opérationnel en condition agricoles (**Pindard, 2000**).

III.1.1.1. Description du modèle

STICS simule le comportement du système sol-culture, la limite supérieure du ce système est l'atmosphère caractérisée par les variables climatiques standard (rayonnement, températures minimale et maximale, pluie, évapotranspiration de référence ou éventuellement vent et humidité) et la limite inférieure correspondant à l'interface sol /sous-sol (**Garcia, 2006**).

La culture est appréhendée globalement par sa biomasse aérienne et sa teneur en azote, son indice foliaire ainsi que par le nombre et la biomasse (et leur teneur en azote) des organes récoltés (**Pindard, 2000**).

III.1.1.2. Organisation en modules et optionalité

Le modèle STICS est organisé en modules, chaque module faisant appel à un certain nombre de sous- programmes (ou sous- modules) traitant de mécanismes spécifique. Un premier ensemble de trois modules traite l'écophysiologie des parties aériennes des plantes (développement, croissance aérienne, élaboration du rendement), un second ensemble de quatre modules traite le fonctionnement du sol en interaction avec les parties souterraines des plantes (croissance racinaire, bilan hydrique, bilan azoté, transferts) .A l'interface se trouve un module de gestion des interaction entre les techniques culturales et le système sol- culture ,il s'agit des apports d'eau ,d'engrais ou du microclimat (**Brisson et al .,2003**).

III.1.2. Intérêts et limites du modèle STICS

III.1.2.1. Intérêt

STICS est présenté comme un modèle ayant des qualités de robustesse, une facilité d'accès aux données d'entrée, une souplesse d'évolution et de facilité d'adaptation à différentes plantes (**Brisson, 2002**).

Originalité par rapport aux autres modèles :

- Utilisation de données d'entrée facilement disponibles (peu gourmand en données d'entrée).
- Travail en condition agricole (plus facilement opérationnel).
- Généricité : adaptable pour différentes cultures même s'il a été conçu au départ pour le blé et le maïs STICS a déjà été utilisé sur les tomates, bananiers,sans modification de sa structure.

III.1.2.2. limite

Absence de prise en compte de certains phénomènes :

- volatilisation de l'ammoniac.
- effet possible de l'alimentation azotée sur le début de la sénescence de la canopée.
- résistance à la sécheresse.
- sol asphyxiant.
- combinaison stress hydrique – stress azoté.
- prise en compte des pathologies. (**Pindard, 2000**).

III.2. Modules et formalismes du STICS

III.2.1. Développement

Différents stades de développement sont simulés principalement en fonction du temps thermique (température base 6 C° : **pindard, 2000**) ponctués par la levée, la montaison, la floraison, le remplissage du grain et le début de la sénescence.

Tableau 4 : Stades de développement considérés par STICS (**Brisson et al ., 2002**).

Stade végétatifs	Stade reproducteurs
PLT : semis (planes annuelles)	
LEV : levée	
AMF : accélération maximale de croissance Foliaire, fin de phase juvénile	FLO : floraison
LAX : indice foliaire maximale, fin de Croissance foliaire	DRG : début du remplissage des organes récoltés
SEN : début de la sénescence nette	MAT : maturité physiologique
LAN : indice foliaire nul	REC : récolte

III.2.2. Croissance aérienne

L'indice foliaire suit une évolution en quatre phases dans le modèle : deux phases de croissance, une de stabilité et une de sénescence. Compte tenu de son importance pour le calcul du rayonnement intercepté, le modèle STICS simule le plus finement que possible l'indice foliaire en particulier au début et fin de cycle (**Hadria, 2006**).

III.2.3. Elaboration du rendement

Dans la dernière version initiale de **SIRIUS (Jamieson et al., 1998)**, la phase de remplissage des grains est composée de deux phases : une phase de division cellulaire (phase I) et une phase de multiplication cellulaire (phase II). SiriusQuality1 différencie deux types de composants : les composants structurels et les composants de stockage. Pendant la première phase, seuls les composants structurels sont accumulés et c'est la demande qui pilote l'accumulation de matière sèche. La demande est définie à partir de la quantité de carbone accumulée dans les grains et d'un taux d'accumulation qui augmente avec le temps thermique. L'offre en carbone correspond à la production photosynthétique journalière. Dans la deuxième phase, la demande correspond à la demande moyenne de la première phase affectée par le

temps thermique journalier. L'offre en carbone est augmentée par la fourniture provenant des feuilles et des tiges (**Garcia, 2006**).

III.2.4. Croissance racinaire

Dans STICS, la croissance des racines n'est pas exprimée en termes de biomasse mais en longueur, indépendamment de la partie aérienne. Le rôle des racines se limite à l'alimentation hydrique et azotée (**Brisson, 2002**). La quantité d'eau transpirée par la plante représente le minimum entre l'évapotranspiration de référence et la quantité d'eau extractible par les racines, qui varie en fonction de la densité racinaire et de l'humidité du sol. (**Pecetti et Hollington, 1997**).

III.2.5. Fonctionnement hydrique

STICS est un modèle de fonctionnement des cultures à pas de temps journalier. Son principal objectif est de simuler les conséquences des variations du milieu, en particulier l'effet du climat, des propriétés hydriques du sol et de ses capacités de minéralisation, sur la production de la culture et les consommations en eau et azote associées. (**Brisson et al., 1998**).

Le calcul du bilan hydrique dans le modèle STICS est relativement complet. Il est décomposé en évaporation du sol (potentielle et réelle) puis sa répartition dans le profil du sol, et en besoins en eau de la culture (**Garcia et al., 2004**).

III.2.6. Fonctionnement azoté

Sur le même principe que le module de fonctionnement hydrique, le module de fonctionnement azoté utilise le concept de facteur limitant et compare chaque jour l'offre du sol et la demande de la culture (**Brisson et Delecolle, 2001**).

Chapitre IV

Présentation de la zone d'étude

IV .1. Situation géographique de la zone d'étude

La wilaya d'Ain Defla se présente comme étant une zone relais entre l'Est et l'Ouest, le Nord et le Sud. Le territoire de la wilaya reste inséré entre les massifs montagneux du DAHRA ZACCAR (Zaccar Gharbi avec une altitude qui atteint 1576 m et Zaccar Chergui avec une altitude qui atteint 1530 m, Dahra avec altitude moyenne avoisine les 700 m, c'est la partie la plus fermée et la plus accidentée de l'ensemble DAHRA-ZACCAR) au Nord et l'OUARSNIS (Le sommet le plus haut est à 1700 m), et au sud avec une plaine au centre sous forme de cuvette, traversée d'Est en Ouest par oued Chélif. (DSA, 2020).

La wilaya d'Ain Defla se situe à 145 km au Sud-ouest d'Alger, elle est limitée géographiquement comme suit :

- AU Nord la wilaya de TIPAZ
- Au Nord-est la wilaya de BLIDA
- A L'Est la wilaya de MEDEA
- A l'Ouest la wilaya de CHLEF
- Au Sud la wilaya de TISSEMSSILT. (DSA, 2020).



Figure 3 : La localisation de la wilaya d'Ain Defla. (DSA-2014).

IV .2. Climat

Les variations interannuelles de la production de blé sont dues principalement aux conditions climatiques qui varient chaque année et qui jouent un rôle dominant sur les fonctions de croissance et de développement de la culture du blé (**Gate, 1995**).

Pour étudier le climat de la région d'Ain Defla, on effectue généralement la moyenne d'une série chronologique de 20 ans (2000-2019). Cette étude est basée sur les données de l'ANRH de wilaya d'Ain Defla.

IV .2.1. Précipitations

Par définition; elles désignent tous corps liquides ou solides qui tombent du ciel (neige, pluie, grêle,...etc.), dont les systèmes agricoles sont intimement liés aux variations inter et interannuelle de ce paramètre climatique.

IV .2.1.1. La répartition annuelle des précipitations

L'évolution des productions et des rendements du blé dur est expliquée partiellement par les pluies annuelles, d'une période à l'autre. (**Smadhi et Zella, 2009**)

Cette série des données connaît une variation interannuelle marquée avec une moyenne annuelle est de 366.26 mm/an. (Figure4)

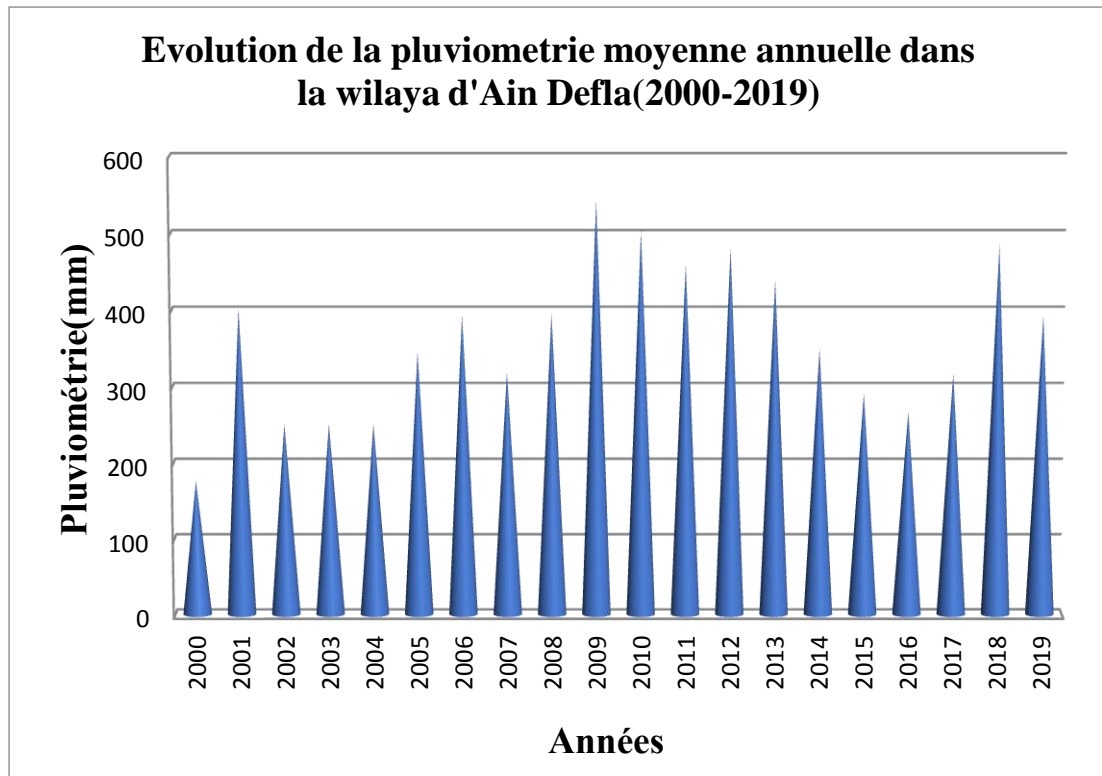


Figure 4 : Evolution des précipitations moyenne annuelles de la région d'Ain Defla.

Notre résultats obtenus montrent que la moyenne interannuelle enregistré durant la période étudiée (2000-2019) est égal à 366.26 mm/an, les années les plus pluvieuses sont celles de 2009 et 2010 avec une moyenne annuel de l'ordre de 543.9 mm/an et de 503.9 mm/an successivement, tandis que l'année la plus sèche est de 2000 avec une moyenne annuel enregistré de 176.6 mm/an.

IV .2.1.2. La répartition mensuelle des précipitations

La pluviométrie moyenne mensuelle enregistrée sur une période de 20 ans et synthétisée dans la figure suivante. (figure5)

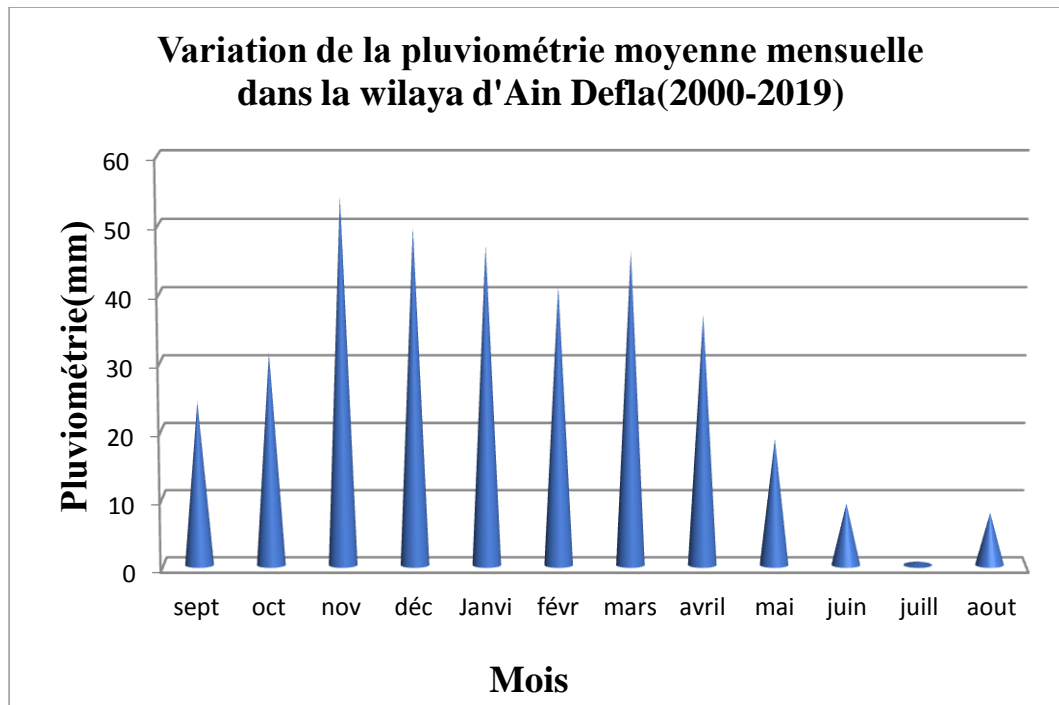


Figure 5 : Répartition mensuelle des précipitations de la région d'Ain Defla.

La répartition moyenne mensuelle de la pluviométrie est aléatoire, elle est variable d'un mois à l'autre, les mois de Novembre, décembre sont ceux les mois les plus pluvieuses, avec un taux de précipitation moyenne mensuelle de 54.14 mm/mois, 49.57 mm/mois respectivement, alors que les mois moins pluvieuses sont celles de mois de juillet et aout avec un taux de précipitation moyenne mensuelle de 0.52 mm/mois et 7.75 mm/mois successivement.

V .2.2. Température

La température est un facteur très important qui interviennent dans tous les stades de développement de la culture du blé. En effet, l'augmentation des températures accélère la vitesse de croissance des grains et réduit leur durée de remplissage (**Gate, 1991**).

En fonction des stades phénologiques, les effets des températures sur le rendement final sont variables.

IV .2.2.1. Température moyenne annuelle

La figure suivante montre la distribution de la température moyenne annuelle dans notre région d'étude. (figure6)

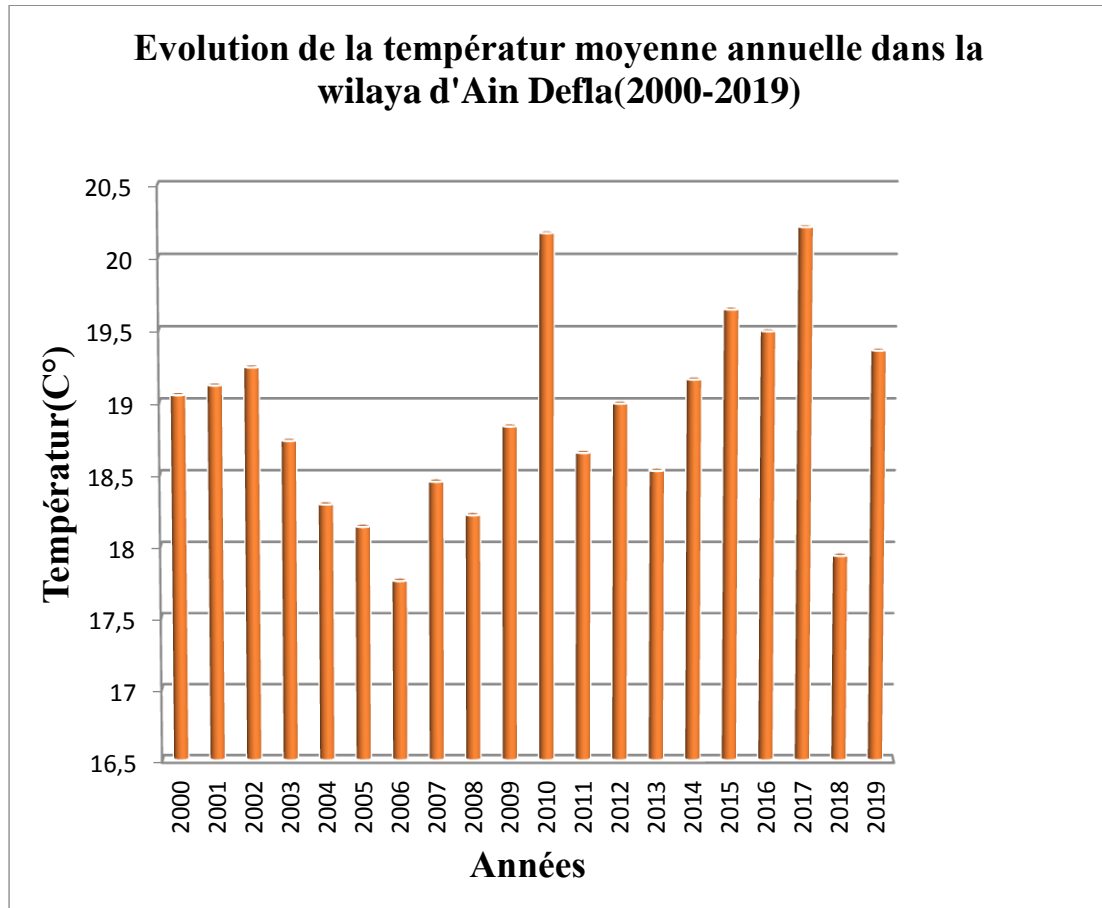


Figure 6 : Evolution de la température moyenne annuelle de la région d'Ain Defla.

L'analyse du graphique présente des fluctuations dans la température moyenne annuelle de 2000 à 2019. L'année 2017 et 2010 considèrent comme les années les plus chaudes avec une moyenne des températures atteint les 20.20 C° et de 20.16 C° respectivement, tandis que l'année 2006 à enregistrée la moyenne de température la plus basse avec 17.75 C°.

IV .2.2.2. Les températures moyennes mensuelles maximales et minimales

La température moyenne mensuelle maximale et minimale est nettement variable entre la période estivale et hivernale. (figure7)

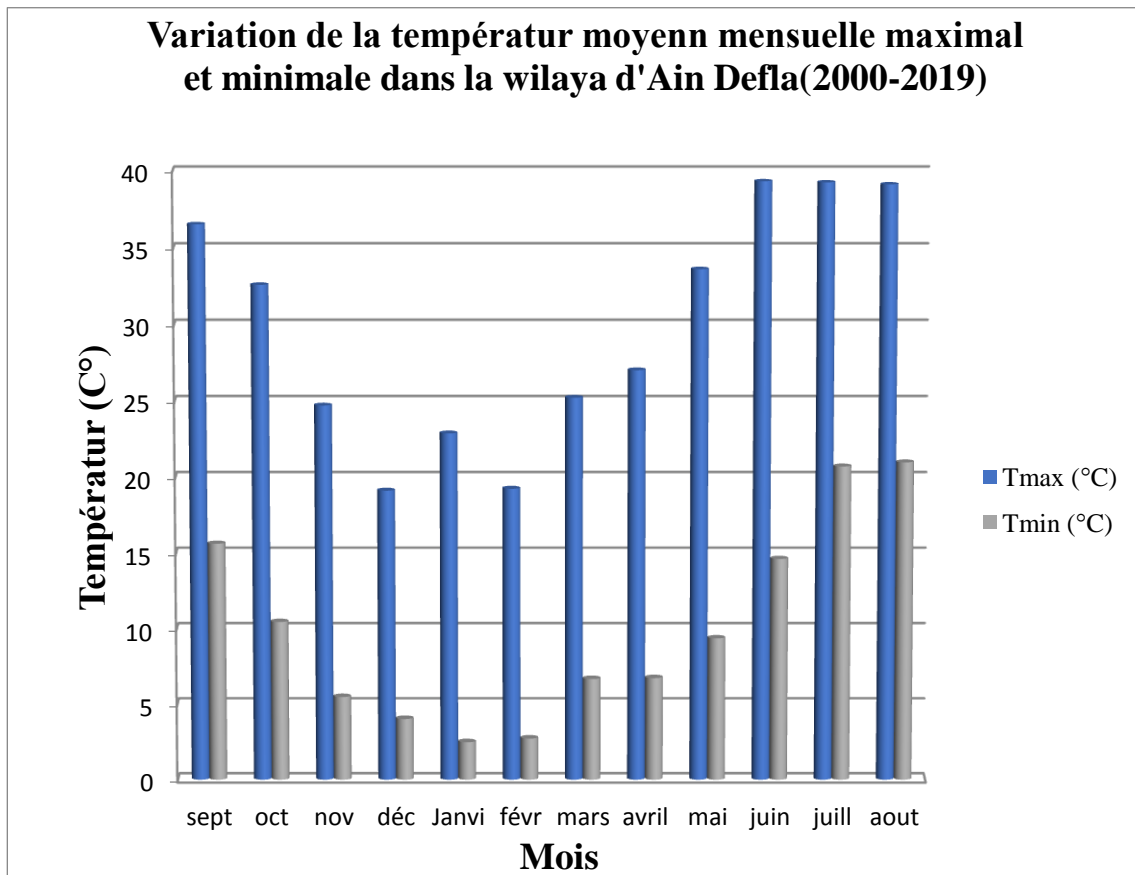


Figure 7 : Variation de la température moyenne mensuelle maximale et minimale de la wilaya Aïn Defla.

- L'étude de la température moyenne mensuelle minimale, donne un pôle froid allant du mois de novembre au mois de mars, avec une moyenne de 2.49 C° au mois de Janvier.
- L'étude de la température moyenne mensuelle maximale, donne un pôle chaud allant du mois d'avril au mois d'Octobre, avec une moyenne de 39.30 C° au mois de juillet.

IV .2.2.3. L'amplitude thermique

Debrach, en 1959 a proposé 4 types de climats selon l'amplitude thermique ; celle-ci est la différence entre les maximas « M » externes et minimas extrêmes « m »

Chapitre IV : Présentation de la zone d'étude

$M-m < 15C^{\circ}$: climat insulaire

$15C^{\circ} < M-m < 25 C^{\circ}$: climat littoral

$25 C^{\circ} < M-m < 35 C^{\circ}$: climat semi continental

$35 C^{\circ} < M-m$: climat continental

On peut calcule l'amplitude thermique de cette période donnée

Avec :

M : la température la plus élevée est de $39.30 C^{\circ}$

m : la température la plus basse est de $2.49 C^{\circ}$

Donc :

L'amplitude thermique est de $36.81C^{\circ}$.

Selon la valeur de l'amplitude thermique on peut dire que le climat de la wilaya d'Aine defla est continental.

IV .2.3. Le diagramme ombrothermique de Gaussen

Gaussen propose une représentation graphique de variation de précipitation et de température en fonction du temps (mois) qui nous permet de déterminer la période sèches et humides d'une région, il caractérise un mois sec par la relation :

$$2T=P$$

P : étant les précipitations exprimées en mm.

T : étant les températures moyennes exprimées en degré Celsius.

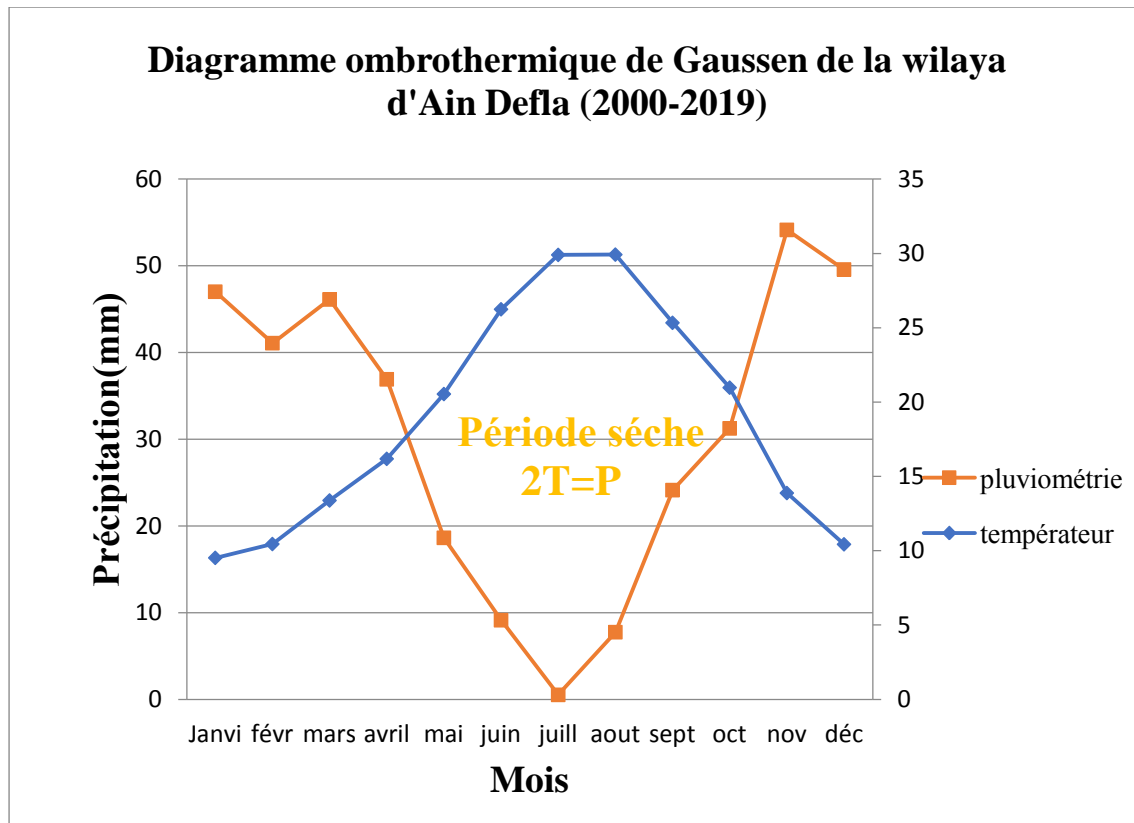


Figure 8 : Le diagramme ombrothermique de Gausson de la wilaya d'Ain Defla.

A partir de ce diagramme, on remarque une saison sèche s'étale presque de 06 mois allant de la fin du mois d'Avril jusqu'à le mois d'Octobre, et une autre humide pour le reste de l'année.

IV .2.4. Climagramme d'Emberge

Le climagramme d'Emberger met en évidence les différents étages climatiques méditerranéens : humide, subhumide, semi-aride, aride et saharienne.

Il utilise la formule suivante :

$$Q = (1000.P) / ((M+m)/2. (M-m))$$

Stewart en 1969, simplifie la formule d'Emberger avec un nouvel indice qui se présente comme suit:

$$Q_2 = 3.43 P / (M - m)$$

Avec :

Q2 : Quotient pluviométrique d'Emberger.

3.43 : Constante relative à la région : Algérie-Maroc.

P : moyenne annuelle des précipitations en mm, **P=366.26mm.**

M : moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en C°, **M=39.30 C°.**

m : moyenne des températures minimales du mois le plus froid en C°, **m=2,49 C°.**

Donc :

$$Q2 = 34.12.$$

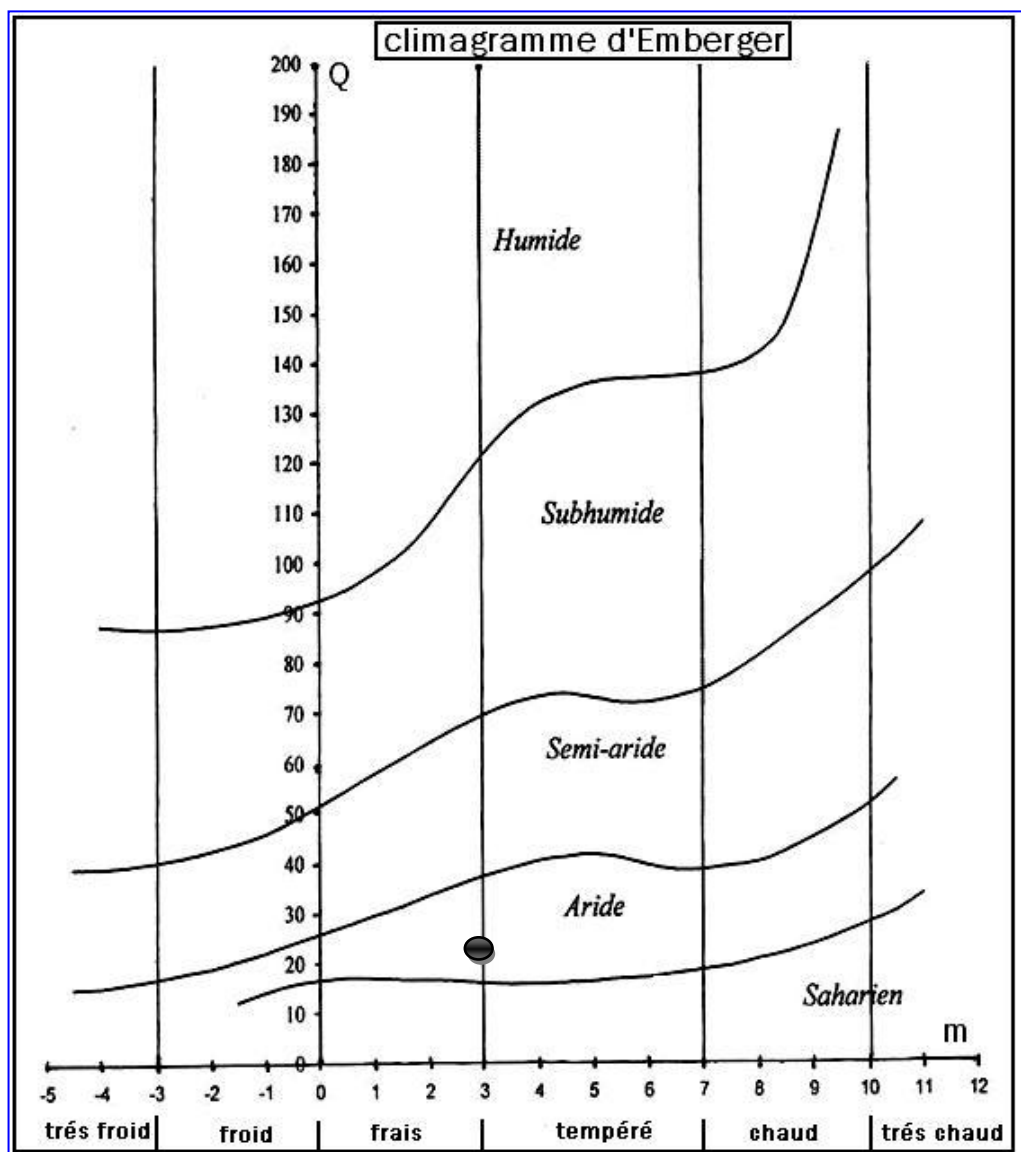


Figure 9 : Localisation de la wilaya d'Ain Defla sur le climagramme d'Emberger.

D'après le climagramme d'emberger, on peut dire que la wilaya d'Ain defla est dans l'étage bioclimatique semi-aride avec un hiver frais soit un quotient égale à $Q2=34.12$.

IV .2.5.Vent

La vitesse du vent jouent un rôle déterminant dans le développement des cultures et l'estimation du potentiel de leur rendement (**Bouazza et al., 2002**).

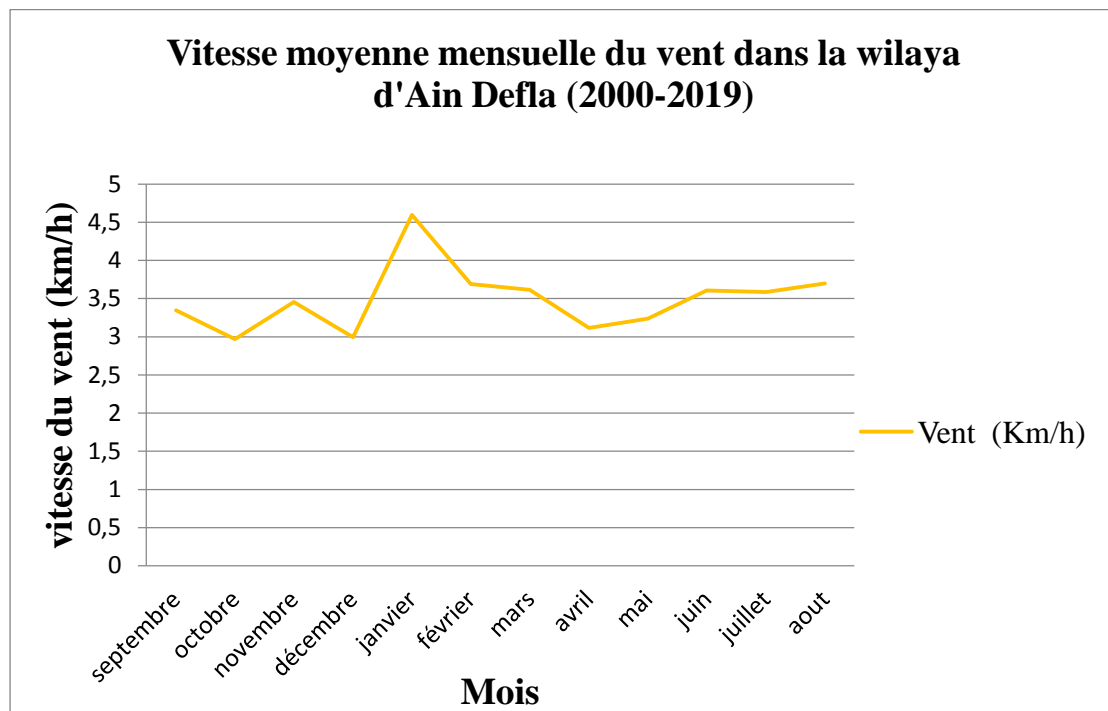


Figure 10 : les vitesses des vents moyennes mensuelles dans la wilaya d'Ain Defla.

Les vents soufflent presque en permanence suivant la direction dominante de l'est à l'ouest, leur maximum est enregistré au mois de Janvier avec 4.59 km/h et leur minimum au mois d'octobre avec 2.97 km/h.

IV .2.6.L'évapotranspiration

L'estimation des valeurs de l'évapotranspiration dans la région est nécessaire afin de quantifier les besoins en eau globaux à l'échelle annuelle et mensuelle de la culture de blé (**Smadhi D, 200**).

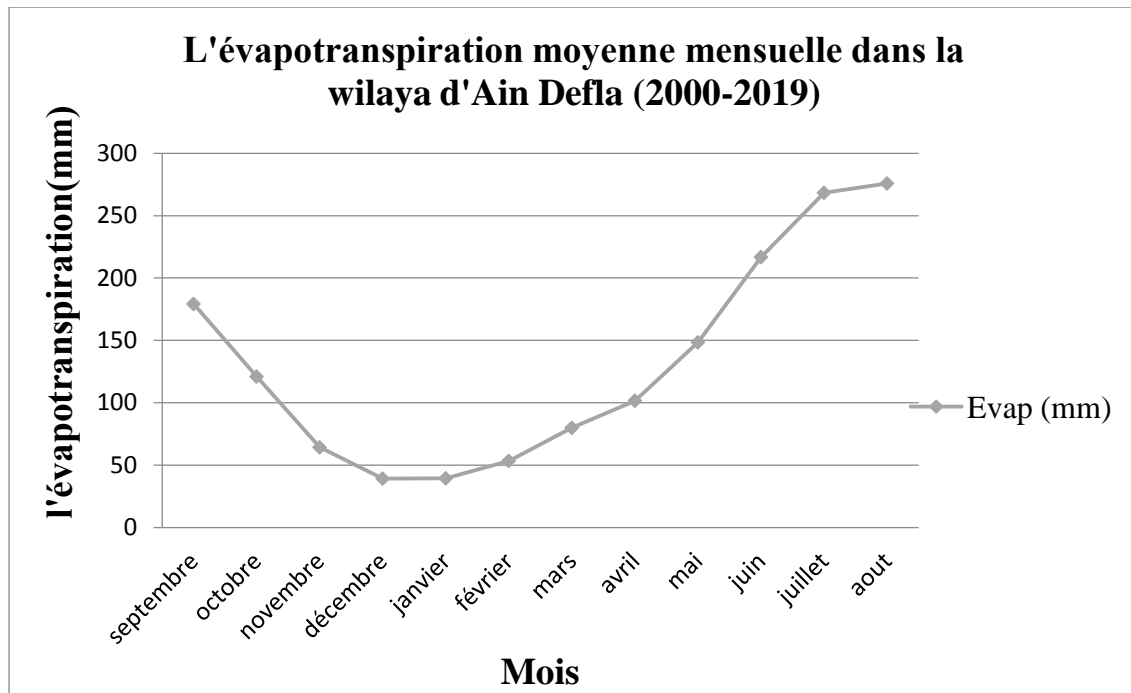


Figure 11 : L'évapotranspiration moyenne mensuelle dans la wilaya d'Ain Defla.

Le graphe montre une évapotranspiration moyenne mensuelle varie de 39,27 mm au mois de décembre à 275,81 mm au mois d'aout.

IV .2.7.L'humidité

La culture craint les excès d'irrigation que les arrosages insuffisants, donc une humidité contrôlée est indispensable pour obtenir des rendements élevés (**Doorembos et kassam, 1980**).

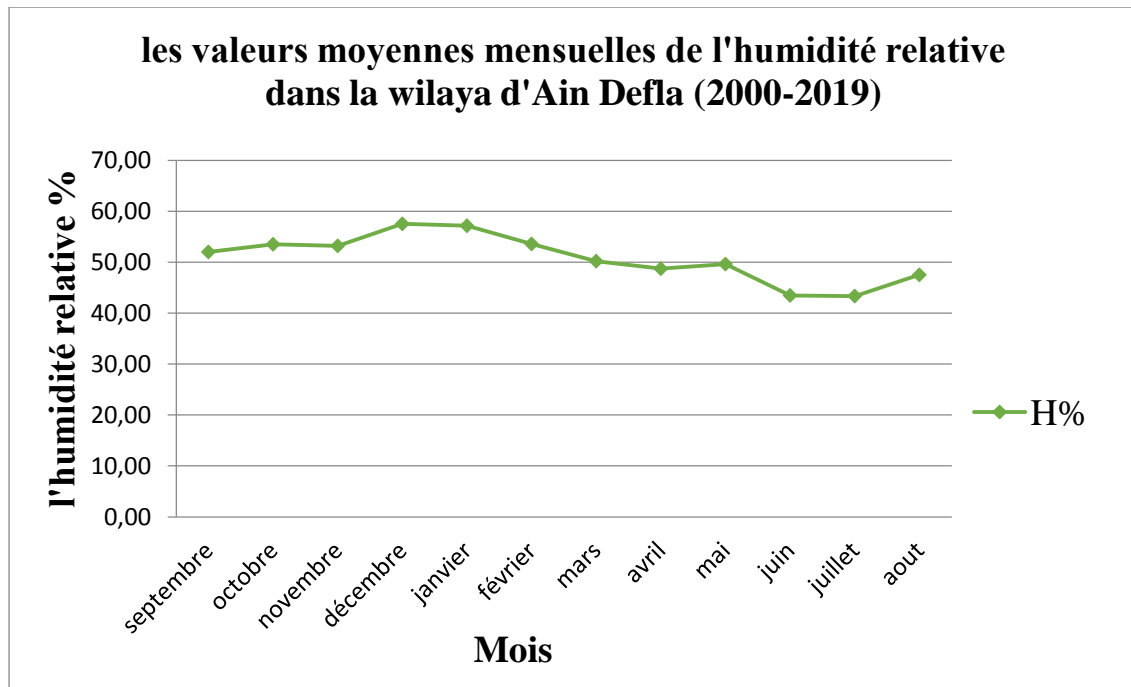


Figure 12 : les valeurs moyennes mensuelles de l'humidité relative dans la wilaya d'Ain Defla.

D'après la figure de l'humidité relative de la région Ain Defla, les mois de décembre et janvier sont les mois les plus humides où le taux d'humidité atteint les 57,53 % et 57,15% respectivement, alors que les mois les moins humides sont celles les mois de Juin et Juillet avec 43.48% ; 43.35%. Avec une moyenne annuelle de 50.82%.

Chapitre V
Résultats et discussions des travaux
antérieurs

Dans cette partie nous avons mené une étude des différents travaux antérieurs sur les mécanismes d'adaptation de la culture du blé face aux variations climatiques. La synthèse des travaux antérieurs réalisés dans ce domaine de recherche nous a permis d'étudier le changement climatique et ses effets sur le développement et la croissance du blé, ainsi que d'identifier les différentes formes d'adaptation face aux changements de climat.

V .1. Le changement climatique

Désignent une variation statistiquement significative de l'état moyen du climat ou de sa variabilité persistant pendant de longues périodes. Les changements climatiques peuvent être attribués aux activités humaines altérant la composition de l'atmosphère, et à des causes naturelles (**Hamel, 2005**).

V .1.1. Effet de serre

L'effet de serre est un phénomène naturel qui se définit comme une absorption importante du rayonnement terrestre par les traces gazeuses. En effet, Les gaz à effet de serre sont naturellement peu abondants dans l'atmosphère mais du fait de l'activité humaine, la concentration de ces gaz s'est sensiblement modifiée.

V. 2. Stresse abiotique et effet sur la plante

L'amélioration génétique du blé dur des zones sèches reste basée sur la recherche d'une meilleure tolérance aux stress abiotiques, pour adopter la plante à la variabilité du milieu de production (**Amokrane, 2001**).

V.2.1. L'éclairement

La lumière est un facteur climatique essentiel et nécessaire pour la photosynthèse, qui permet à la plante de décomposer le CO₂ atmosphérique pour en assimiler le carbone (**Diehl, 1975**).

V.2.2. La température

La température rythme la croissance et le développement de la plante. Son action est permanente tout le long du cycle (**Van Oosterom et al., 1993, Mekhlouf et al., 2006**).

V.2.2.1. Les basses températures

Les basses températures hivernales affectent rarement les blés sous climat méditerranéen, sauf au dessus de milles mètres, lors des années où le froid survient sans enneigement des sols (**Baldy, 1993**).

V.2.2.2. Les températures élevées

Les hautes températures réduisent la taille et le poids des organes, et sont parmi les facteurs importants intervenant dans la limitation des fruits, ainsi que le fonctionnement de l'appareil photosynthétique (**El Madidi et Zivy, 1993**).

V.2.3. Le stress hydrique

Le manque d'eau ou déficit hydrique représente le stress abiotique le plus sévère auquel la culture du blé dur fait face dans les conditions de productions des zones Arides et semi- arides (**Chennafi et al., 2006**). Ce déficit précoce affecte principalement la croissance des racines, le développement des feuilles et des organes reproducteurs (**Debaeke et al., 1996**).

V.3. Mécanisme d'adaptation aux stress

Selon **Levitt (1982)** l'adaptation des végétaux au déficit hydrique obéit à 3 formes distinctes ; l'esquive, l'évitement et la tolérance.

V.3.1. L'esquive

Est basée sur la plasticité de la phénologie de la variété. Elle consiste à réaliser le cycle pendant la période favorable en réduisant voire en annulant les effets du stress hydrique qui se produit au cours d'une phase sensible ou critique (**Mr Morsli Lakhdar, 2010**).

La précocité chez les céréales en zones méditerranéennes est un mécanisme largement exploité par les agriculteurs. Mais il n'est pas sans présenter des inconvénients (**Blum 1988**).

V.3.2. L'évitement

Permet de maintenir par divers mécanismes un statut hydrique ou thermique élevé dans la plante lui permettant de maintenir un statut hydrique interne nécessaire à un fonctionnement plus ou moins normal des fonctions physiologiques sans trop grande perturbation. Il est peut être obtenu par la limitation de la transpiration par la fermeture des stomates ou par le phénomène d'enroulement foliaire. Ces derniers ont des incidences plus ou moins grandes sur la perte de turgescence (**Hsiao et Bradford 1984**).

V.3.3. La tolérance

Cette stratégie permet le maintien de la turgescence cellulaire grâce à une diminution du potentiel osmotique qui permet de compenser la baisse du potentiel hydrique foliaire. C'est le phénomène de l'ajustement osmotique (**Morgan, 1983-Blum, 1989**).

Tableau 5 : Principaux caractères impliqués dans les mécanismes de tolérance à la sécheresse (**Turner et al., 2001**).

Mécanisme	Utilité	Facilité de sélection
1- Esquive		
Phénologie	Très haute	Facile
Plasticité de développement	Haute	Facile
2- Evitement de la déshydratation		
Contrôle stomatique	Haute	Difficile
ABA	Discutable	Difficile
Ajustement osmotique	Fonction des espèces	Difficile
Développement racinaire	Haute	Très difficile
3- Tolérance à la déshydratation		
Stabilité membranaire	Haute	Facile
Potentiel hydrique létal	Haute	Difficile
Proline	Discutable	Facile

V.4. Rôles des paramètres d'adaptation

V.4.1 Paramètres phénologiques

Pour éviter les périodes critiques du manque d'eau, certaines variétés accomplissent leur cycle de développement avant l'installation de la contrainte hydrique. La précocité constitue, de ce fait, un important mécanisme d'esquive du déficit hydrique de fin de cycle. La précocité assure une meilleure efficacité de l'utilisation de l'eau. En effet, en produisant la biomasse la plus élevée, les génotypes à croissance rapide et à maturité précoce utilisent mieux l'eau disponible et ils sont

moins exposés aux stress environnementaux que les géotypes tardifs (**Bajji, 1999**). La précocité de l'épiaison est efficacement utilisée comme critère de sélection pour améliorer les productions des zones sèches (**Ali Dib, 1992 ; Ben Salem et al., 1997**).

V.4.2 Paramètres morphologiques

L'adaptation peut prendre forme, suite à des modifications d'ordre morphologiques pour améliorer l'absorption de l'eau, et diminuer la transpiration et la compétition entre organes pour les assimilates produits. Ainsi certaines variétés réduisent de la surface foliaire et le nombre de talles, pour ajuster leur consommation en eau. Elles sont dites plantes économes. D'autres possèdent la capacité d'enrouler le limbe foliaire pour minimiser la transpiration et réduire l'effet du stress lumineux. D'autres variétés investissent dans le développement d'un système racinaire profond, pour avoir accès à des horizons plus humides, et ainsi elles s'assurent une meilleure alimentation hydrique. Ces plantes sont dites dépendantes en eau (**Slafer et al., 2005**).

V.4.2 Paramètres Physiologiques

La diminution du potentiel hydrique du sol en conditions de sécheresse provoque une perte importante de la turgescence au niveau de la plante (**Henchi, 1987**). L'augmentation de la production, dans ces conditions, dépend des mécanismes de tolérance qui assurent l'hydratation cellulaire et diminuent la perte en eau en maintenant un statut hydrique favorable au développement foliaire (**Sorrells et al., 2000**).

Le stress hydrique provoque la mise en place d'un état de régulation hydrique de la plante qui se manifeste par la fermeture stomatique et un ajustement du potentiel osmotique (**Brisson et Delecolle, 1992**). Ces osmolytes jouent un rôle important dans l'ajustement osmotique et l'adaptation de la plante au manque d'eau (**Morgan, 1984 ; Zhang et al., 1999**).

Conclusion

Conclusion

La production agricole en zone semi aride est fortement limitée par plusieurs contraintes abiotiques, dont le principal est la sécheresse. Ce phénomène très fréquent, crée des variations importantes du rendement en grain d'une année à l'autre. Stabiliser la production sous ces conditions est aussi importante que de chercher à l'améliorer. Cette modeste étude a essayé de mettre en relief les effets néfastes de la sécheresse qui caractérise du milieu semi-aride.

La régularité du rendement est une caractéristique liée à la capacité d'adaptation d'un cultivar aux variations climatiques. Les agriculteurs adoptent, cependant, les nouvelles variétés sur la base de leur capacité de rendement grain et de la régularité spatio-temporelle de leur production.

Compte tenu de l'importance de la céréaliculture, de son impact politique, économique et social en Algérie et dans le monde, cette étude de sélection, d'identification du comportement et d'adaptation variétale à l'environnement, reste parmi les études de recherche les plus prioritaires en Agriculture algérienne, pour assurer une production toujours satisfaisante.

La plante utilise plusieurs mécanismes pour s'adapter à son environnement immédiat, d'ordre morphologique, phénologique, physiologique, et peut avoir plusieurs origines (esquive, évitement, tolérance).

Selon les résultats obtenus, l'adaptation se traduit comme suit :

- Réduise le cycle de développement
- Limitation de la transpiration par la fermeture des stomates ou par le phénomène d'enroulement foliaire
- Maintien de la turgescence cellulaire grâce à une diminution du potentiel osmotique qui permet de compenser la baisse du potentiel hydrique foliaire qui joue un rôle important dans l'ajustement osmotique et l'adaptation de la plante au manque d'eau
- La précocité constitue, un important mécanisme d'esquive du déficit hydrique de fin de cycle
- Réduisent de la surface foliaire et le nombre de talles, pour ajuster leur consommation en eau

Référence bibliographiques

- AFP, 2007.** Algérie – la France continuera à exporter son blé. Déclaration C.N.I.L. n°645 103, 4 p. www.terre-net.fr, un titre Terre-net Média.
- Ali Dib, T., (1992).** Contribution à l'étude de la tolérance à la sécheresse de blé dur. Etude de la diversité de caractères physiologiques d'adaptation. Thèse de doctorat ; Montpellier, 196.p.
- Amokrane A., 2001.** Evaluation et utilisation de trois sources de germoplasme de blé dur (*Triticum durum Dref*). Thèse de Magister, institut d'agronomie, Université El Hadj Lakhder, Batna, 80 P.
- Annichiarico p, Abdellaoui Z, kelkouli M, Zerargui H. (2005).** Grain yield, straw yield and economic value of tall and semi-dwarf durum wheat cultivars in Algeria. J. Afr. Sci. 143: 57-64.
- Bajji, M., (1999).** Étude des mécanismes de résistance au stress hydrique chez le blé dur : caractérisation de cultivars différant par leurs niveaux de résistance à la sécheresse et de variants somaclonaux sélectionnés in vitro. Thèse de doctorat, faculté des sciences, université catholique de Louvain.
- Baldy C.,1993.** Effets du climat sur la croissance et le stress hydrique des blés en méditerranée occidentale. Relationships with osmotic potential, carbon isotop ratio and grain yield. In tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétale. (Monneveux, P & Benselam, M. eds.). *Colloque 55* : 83-99 INRA ed, Paris.
- Ben Salem, M., Boussen, H., Slama, A., (1997).** Évaluation de la résistance à la contrainte hydrique et calorique d'une collection de blé dur : recherche de paramètres précoces de sélection. Sixièmes Journées scientifiques du réseau Biotech.-Génie Génétique des plantes, Agence francophone pour l'enseignement supérieur et la recherche (AUPELF/UREF), Orsay.
- Benaouda H., Karrou M., 1994.** Installer les céréales d'automne. Guide du développeur en Aridoculture n°10. Service Recherche et Développement, INRA Settat. Dounia eds., Maroc. 2p.
- Blum A – 1988:** Plant breeding for stress environment – Baco.reaton.Florida – Ed CRC Press INC – 223p.
- Blum A – 1989:** Osmotic adjustment and growth of barley genotypes under drought stress – Crop.sci 29: 230- 233.
- Bonjean A., 2001.** Histoire de la culture des céréales et en particulier de celle du blé tendre (*Triticum aestivum L.*). Eds. Le Perchec S., Guy P. et Fraval A.

Agriculture et biodiversité des plantes. Dossier de l'environnement de l'INRA, n°21, pp : 29-37.

Bonnefoy. M Moynier J-L (2014) ; Besoins en eau des céréales. Colloque au champ Irrigation-le Magneraud, Arvalis, France.

Bouazza Z. Jalil M. Charfi R. et Zerouali A., 2002. Vulnérabilité et adaptation du secteur irrigué au Maroc aux impacts des changements climatiques, Des Travaux Publics, Casablanca, Maroc Département de l'Environnement; MATHUE, Rabat, Maroc. Conférence Internationale Organisée à Agadir par l'ANAFID. Pp.1-13.

Boulal Hakim, Zaghouane Omar, El Mourid Mohammed, Rezgui Salah, 2007. Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). P20, 21, 40.

Bouzerzour H., Dekhili M. (1995) Heritability, gain from selection and genetic correlation for grain yield of barley grown in two contrasting environments. *Field Crop Research* 41:173-178.

Brisson N., 2002 : Le cadre conceptuel des modèles de culture. Note Présentée par Michel- Claude GIRARD, correspondant de l'académie, section 7. Unité Climat, Sol et environnement. INRA -Avignon .E-mail : brisson@avignon.inra.fr. p.1-6. **Brisson N., et al., 1998 :** Modèle de culture : simulations sous contraintes à partir d'un potentiel de production. INRA, Département de Bioclimatologie, Service de Formation Permanente, Tome 2: du couvert végétal à la petite région agricole. Écoles chercheuses INRA en bioclimatologie. p.39 -52.

Brisson N., et Delecolle R., 2001 : Développement et modèles de simulation de culture. *Agronomie* 12. p.253-263.

Brisson, N., Delecolle, R., (1992). Développement et modèles de simulation des cultures. *Agronomie*, 12(3): 253-263.

Chebbi H.E; El Mourid M; (2005). L'agriculture au Maghreb : une lecture du contexte économique.

Chenafi, H., Aidaoui, 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 Journal of Plant Sciences* 5: 854-860.

Debaeke, P., Purch, J., Casal, M.L., (1996). Elaboration du rendement de blé d'hiver en condition de déficit hydrique; I ; Etude en Iysimètre ; *agronomie* 16: 3-23.

- Diehl R., 1975.** Agriculture générale. Edition J.B. Baillière. 396 page
- Doorembos J. et Kassam A. H., 1980 :** réponse de rendement à l'eau. Bul. Irr.Dari. N°33 FAO, Rome 235p.
- Doussinault G., Kaan F., Lecomte C., Monneveux P., 1992.** Les céréales à paille : présentation générale. In : Amélioration des espèces végétales cultivées ; A. Gallais et H. Bannerot, ed. INRA (eds), pp : 13-21.
- DSA, 2020.** Bureau statistiques agricoles (BSA),
- El Gharous M., Azzaoui A., Ambri A., 1993.** Fertilisation des Céréales et Analyse de sol. In : La recherche sur les Céréales d'Automne. Journée d'Information et d'Etude. Ministère de l'Agriculture et de la Mise en Valeur Agricole. INRA. Rabat 13 décembre 1993, pp : 39-44
- El Jaafari S., Paul R. (1993).** Accumulation foliaire de proline et résistance à la sécheresse chez le blé (*Triticum aestivum* L.) Arch. Int. Phys. Bioch. Biochys. 101, 88-92.
- El Madidi S et Zivy M. 1993.** Variabilité génétique des protéines de choc thermique et thermo-tolérance chez le blé. In : Le progrès génétique passe-t-il par le repérage et l'inventaire des gènes. Edition AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext. Pp 173-181.
- El Mourid M., Lamine M., Boutfirass M., Farihane H., 1992.** Simulation de l'effet de l'irrigation d'appoint sur la productivité du blé tendre dans les régions semi-arides du Maroc. In: International Conference on "Supplementary irrigation and drought water management. Volume 1. Septembre 27 - October 2, 1992. Valenzano-Bari (ITALY), pp: S1-11.1 -- S1-11.14.
- Entz M.H., Fowler D.B., 1988.** Critical stress periods affecting productivity of no-till winter wheat in western Canada. Agron. J. 80 (6) : 987-992.
- Faostat,** « Division de la statistique », OAA. Octobre 2006.
- Feillet P (2000),** Le grain de blé : composition et utilisation. Paris, FRA : Editions INRA : p308. Actes Mondiat, ITV ed. France. p.12-15.
- Garcia de Cortázar Atauri I., Brisson N., et Seguin B., 2004 :** Estimation de l'impact du changement climatique sur les résultats agronomique de la vigne avec le modèle STICS.
- Garcia de Cortazar-Atauri, I., 2006 :** Adaptation du modèle STICS à la vigne (*Vitis vinifera* L.). Utilisation dans le cadre d'une étude du changement climatique à l'échelle de la France. Thèse de doctorat Ecole Nationale Supérieure

d'Agronomie de Montpellier, 349pp.

Gate P., 1991. La date et la densité de semis se raisonnent. Cultivar n°288: 36-38.

Gate P., 1995. Ecophysiologie du blé. Ed. ITCF. Technique et Documentation. Lavoisier, Paris, 419 p.

Hadria R., 2006 : Adaptation et spatialisation du model STICS pour la gestion d'un périmètre irrigué en milieu semis aride .Thèse Doctorat. .Université Cadiayad .Faculté des sciences Semalalia-Marakeche. p. 6-23.

Hamel khalissa, 2005. La ville compacte: une forme urbaine d'une durable en régions arides. Mémoire de Magistère en Architecture. Biskra : Département d'architecture de l'université de Biskra, p76.

Harlan J.R., 1976. Barley. In: Evolution of crop plants; NW. Simmonds, ed. Longman Inc., New York, pp: 93-98

Henchi, B., (1987). Effets des contraintes hydriques sur l'écologie et l'écophysiologie de *Plantago albicans*. L. Thèse de doctorat d'État, univ Tunis.

Hsiao Tc, Bradford Jj – 1984 : Physiological consequent of cellular water deficit in Taylor Hm, Jordan Wm, Sinclair. Ed limitation to efficient water – Society of agronomy.

Jamieson, P.D., Semenov, M.A., Brooking, I.R., Francis, G.S., 1998. Sirius: a mechanistic model of wheat response to environmental variation. European Journal of Agronomy 8, 161- 179.

Mekhlouf A., Bouzerzour H., Benmahammed A., Hadj Sahraoui A., Harkati N., 2006. Adaptation des variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) au climat semi- aride. Sécheresse (sous presse).

Moragues, M., Garcí'a del Moral, L.F., Moralejo, M., Royo, C., (2006), Yield formation strategies of durum wheat landraces with distinct pattern of dispersal within the Mediterranean basin: II.Biomass production and allocation. Field Crop. Res, 95: 194–205.

Morgan Jm – 1983: Osmoregulation as a selection criterious for drought tolerance in wheat – Aust. J. agro- Res 34.

Mr Morsli Lakhdar, 2010, Adaptation du blé dur (*triticum durum* desf) dans les conditions des hautes plaines constantinoises. Thèse de Doctorat es Sciences, Biologie végétale et Amélioration des plantes, Université Badji Mokhtar Zannaba. P 13-1.

Niasse, M., A. Afouda et A. Amani, 2004, Réduire la vulnérabilité de l'Afrique de l'Ouest aux impacts du climat sur les ressources en eau, les zones humides et la désertification : Eléments de stratégie régionale de préparation et d'adaptation, UICN, Gland (Suisse) et Cambridge (Royaume Uni), 71 p.

Nouibat B., (1997), Adaptation d'un COS optimal a L'habitation individuelle en milieux arides et semi-arides (cas de la ville : Bou-Saada), Thèse de magister, université de Biskra, p27.

Pecetti, L., Hollington, P.A., 1997: Application of the CERES-Wheat simulation model to durum wheat in two diverse Mediterranean environments. European Journal of Agronomy 6, 125-139.

Pindard A., 2000 : La relation stress hydrique – rendement du maïs - Utilisation d'un simulateur de culture (STICS). Mémoire d'Ingénieur d'Agronomie. p. 7-42

Rana et Kataji ; 2000 : Estimation of actual evapotranspiration in the field under Mediterranean climat, European agronomy : page 125-130.

Revue semestrielle n°27 décembre 2015 ; Recherche Agronomique, Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie INRAA.

Sassi Y., (2007). Transformation des céréales. Recueil des fiches sous sectorielles. PP 47-76. ED PME Edition 2007.

Simon H., Codaccioni P., Lecoeur X. 1989. Produire des céréales à paille. Tec & doc Lavoisier. Paris 333p.

Site1: <https://www.aquaportail.com/definition-5191-facteurs-climatiques.html>
climatiques.html

Slafer, G.A., Araus, J.L. Royo C., Del Moral, L.F.G., (2005). Promising eco physiological traits for genetic improvement of cereal yields in Mediterranean environments. An. Appl. Biol. 146: 61–70.

Smadhi D, 2000 : Evapotranspiration potentielle et besoins en eau de la culture de blé dur dans la région de Sétif (cas du bassin versant de Bousselam).Recherche Agronomique INRAA, 6, 29-40

Smadhi D.et Zella L.2009.Céréaliculture en sec et précipitations annuelles : le cas de l'Algérie du nord.rev.sech, n°20 ,199-203.

Turner N.C., Wright GC, Siddique K.H.M., 2001. Adaptation of grain legume to water limited environments. Adv Agron ; **71** : 193-231.

UNFCCC, 1992, Convention Cadre des Nations unies sur les changements climatiques, 33 p.

Van Oosterom E.J., Ceccarelli S., Peacock J.M., 1993. Yield response of barley to rainfall and temperature in Mediterranean environments. *Journal of Agricultural Sciences Cambridge* **121** : 304-313.

Yves. H et De buyser. J. 2000, L'origine des blés. Pour la science, hors série n°26.60-62 PP.

Zhang, J., Nguyen, HT., Blum, A., (1999). Genetic analysis of osmotic adjustment in crops plants. *J Exp Bot*; 50: 291-302.