



## **MEMOIRE**

Présenté

À la Faculté des Sciences

Département des Sciences Agronomiques

Pour obtenir le Diplôme de

# **Master Académique en Production végétale et Environnement**

**Domaine** : Science de la Nature et de la Vie

**Filière** : Sciences Agronomiques

## **Thème**

*Étude des caractères de production et d'adaptation de  
quelques variétés d'orge (*Hordeum vulgare* .L)  
Sélectionnées en zone semi-aride, cas de la région de Sétif*

Présenté par :

M<sup>elle</sup> Naidji Mouna

M<sup>elle</sup> Djellal Afaf

Devant le membre de jury :

<b>Président</b>	M <sup>r</sup> HAMADANI M.	MAA	Université de M'sila
<b>Encadreur</b>	Dr BEN KHERBACHE N.	MCB	Université de M'sila
<b>Examineur</b>	M <sup>r</sup> BAHLOULI F.	Per	Université de M'sila

## REMERCIEMENTS

Je remercier avant tout, Dieu puissant de m'avoir donné la volonté et la puissance pour terminer ce travail.

J'exprime, agréablement mes sincères remerciements à Mme **BEN KHERBACH.N** Pour ses conseils et ses encouragements qui ont été très précieux pour terminer ce travail.

Mes remerciements vont également à :

Monsieur **HAMADANI.M** : Pour m'avoir fait l'honneur de présider mon jury.

Monsieur **BAHLOULI.F**: Pour avoir accepté d'être membre de jury et d'évaluer ce document.

Je tiens également à remercier :

Le groupe d'ingénieurs d'I.T.G.C de Sétif,

Le directeur de l'ITGC : **Mr SERSOUB .Dj**.

La technisa Monsieur : **HASHOSE .K .**

Les ingénieurs de station : **Mr BELGATTE.H. TAYEBI.M. FOUJIL.K MELLE MOHGNE .F MOKRANE.H.**

Les ingénieurs des laboratoires de Msila qui nous ont assuré le local et les moyens nécessaires à la réalisation de ce travail.

Je tiens également à remercier tous ceux qui m'ont aidé et encouragé de près ou de loin à réaliser ce travail.

# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail :*

*A celle qui m'a donnée l'amour et l'espoir*

*Ma mère*

*A ce qui m'a guidé à la voie de la réussite*

*Mon père*

*A mes très chers frères, mes souris et mon  
famille :*

*Hassina.Laila.Hizia.Tamani.Hanan.Ahemad  
Riyad.Farid.*

*A mes amies et mes collègues:*

*Walid.Souria.Habiba.Barkahoum.Hada,  
Meriem.Aicha.ouahida.*

*Mon binôme Mouna*

*Enfin, à tous ceux que j'ai connus de près ou  
de loin.*

*Afaf*

*Dédicace :*

*Je dédie ce modeste travail :*

*A celle qui m'a donnée l'amour et l'espoir*

*Ma mère*

*A ce qui m'a guidé à la voie de la réussite*

*Mon père*

*A mes très chers frères, mes souris et mon  
famille: Grand-mère ,Samir, Ilyas, Habib,  
Zino, Abd-Elnour , Issam, Adal,  
Houda,Nadjla,chams,soumai,Fatima,Yasmin,  
Aziza, sabah.et Lamri.*

*A mes amies et mes  
collègues:Rayhana,chfia,soumia,Nsrine,  
Meriem,Aicha,Ahlam,Habiba,Barkahoum,Ha  
da,Marwa,Wissam, Ibtissam ,Amal ,Nour ,  
Ibrahim.Ziane,Mounir*

*Mon binôme : Afaf*

*Enfin, à tous ceux que j'ai connus de près ou  
de loin*

*MOUNA*



## SOMMAIRE

LISTE DES ABREVEATIONS

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION

### PREMIERE PARTIE :BIBLIOGRAPHIQUE

#### CHAPITRE I: GÉNÉRALITÉ SUR L'ORGE

1.1 Généralité sur l'orge .....	02
1.1.1 Importance et production de l'orge .....	02
1.1.1. Dans le monde.....	02
1.1.2. En Algérie .....	02
1.2. L'utilisation de l'orge.....	02
1.2.1. En alimentation animale .....	02
1.2.2. En alimentation humaine.....	03
1.3. Origine géographique et génétique de l'orge.....	03
1.4 Les caractères botaniques et généraux de la plante.....	04
1.4.1. Classification botanique de l'orge.....	04
1.5 Description morphologique .....	07
1.5.1 Grain .....	07
1.5.2 Appareil végétatif .....	07
1.5.2.1 L'appareil aérien.....	07
1.5.2.2 L'appareil racinaire.....	07
1.5.2.3 Appareil reproducteur.....	07
1.6 Cycle biologique de développement.....	09
1.6.1 Période végétative .....	10
1.6.2 Période reproductrice .....	11
1.6.3 phase de maturation.....	11
1.7 Les exigences de l'orge.....	11
1.7.1 Exigences thermiques.....	11
1.7.2 Exigences hydriques.....	12
1.7.3 exigences édaphiques.....	13
1.7.4 exigences en éléments nutritifs.....	13
1.8 Les techniques culturales.....	13

1.8.1 Place dans la rotation .....	14
1.8.2 Préparation du sol.....	14
1.8.3 Le semis.....	14
1.8.4 La fumure.....	14
1.8.5 Le désherbage.....	15
1.8.6 L'irrigation.....	15
1.8.7 Les ennemis de la plante .....	15
1.8.8 La récolte.....	16

## **CHAPITRE II: L'ADAPTATION DE L'ORGE AUX ENVIRONNEMENTS ARIDES**

2. L'adaptation de l'orge aux environnements arides.....	17
2.1. Notion D'aridité.....	17
2.2.2 Causes de l'aridité.....	17.
2.2 Les environnements arides.....	18
2.3 Classement des zones aride en fonction de l'aridité.....	18
2.3.1 Régions sub-humides sèches P/ETP 0.65-0.50.....	18
2.3.2 Régions semi arides P/ETP 0.50-0.20.....	18
2.3.3 Régions arides P/ETP 0.05-0.20.....	18
2.3.4 Régions hyper arides P/ETP <0.05.....	18
2.4 Répartition des environnements arides.....	18
2.4.1 Dans le monde.....	18
2.4.2 Les systèmes de production dans la méditerranée.....	19
2.4.3 En Algérie .....	19
2.5 Stress et adaptation des céréales aux environnements arides.....	20
2.5.1 Notion de stress.....	20
2.5.1.1 Le stress thermique.....	20
2.5.1.1.1 Les hautes températures.....	21
2.5.1.1.2 Les basses températures .....	21
2.5.1.1.3 Le stress hydrique .....	22
2.6 Concepts de la sécheresse .....	22.
2.6.1 Définition .....	22
2.6.2 Les types de sécheresse.....	22
2.6.2. 1 La sécheresse édaphique ou agronomique.....	22.

2.6.2.2	La sécheresse hydrologique .....	22
2.6.2.3	La sécheresse météorologique .....	22
2.6.2.4	La sécheresse socio-économique .....	23
2.7	Adaptation des céréales aux environnements arides.....	23
2.7.1	Notion d'adaptation.....	23
2.7.1.1	Adaptations Phénologiques .....	23
2.7.1.2	Adaptations Morphologiques .....	24
2.7.1.3	Adaptations Physiologiques.....	24
2.7.2	Caractères d'adaptation .....	24
2.7.2.1	Caractères phénologiques .....	24
2.7.2.2	Caractères morfo- physiologiques.....	25
2.7.2.2.1	Hauteur de la plante.....	25
2.7.2.2.2	Longueur du col d'épi .....	26
2.7.2.2.3	Surface foliaire.....	26
2.7.2.2.4	Port de la feuille.....	27
2.7.2.2.5	Longueur de l'épi .....	27
2.7.2.2.6	Présence de barbes .....	27
2.7.2.2.7	Glaucescence, cire et pilosité .....	27
2.7.3	Mécanismes d'adaptation des plantes au stress hydrique .....	28
2.7.3.1	Adaptation phénologique.....	28
2.7.3.2	Adaptation morphologique.....	28
2.7.3.3	Adaptation physiologique.....	29

## **DEUXIÈME PARTIE : EXPERIMENTATION**

### **CHAPITRE I : RÉGION D'ÉTUDE**

2.1.	Milieu Physique.....	30
2.1.2.1	Relief.....	30
2.1.2.1.1	Zone montagneuse.....	31
2.1.2.1.2	Zone des hautes plaines .....	31
2.1.2.1.3	La frange semi-aride.....	31
2.1.2.2	Pédologie.....	33
2.1.2.3	Le climat.....	34
2.1.2.4	Hydrologie.....	35

## Chapitre II: MATERIEL ET METHODES

2.2. Matériel et méthodes.....	36
2.2.1. Localisation du site expérimental .....	36
2.2.2 Conditions édapho-climatiques.....	36
2.2.2.1 Conditions édaphiques.....	36
2.2.2. conditions climatiques de l'essai.....	36
2.2.2.1 Les précipitations.....	37
2.2.2.2 Températures.....	37
2.2.2.3 Les Gelées.....	38
2.2.2.4 La Neige.....	38
2.2.3 Matériel végétal.....	39
2.2.3.1 Dispositif expérimental.....	39
2.2.3.2 conduites de l'essai.....	41
2.2.2.3.2.1 précédent cultural.....	41
2.2.2.3.2.2 Préparation du sol.....	41
2.2.2.3.2.3 Le semis.....	41
2.2.2.3.2.4 La fertilisation.....	41
2.2.2.3.2.4 la récolte .....	41
2.2.4 les paramètres étudiés.....	41
2.2.4.1 synthèse climatiques de la région centre de Sétif ....	42
2.2.4.2 Les indicateurs de sécheresse météorologique et d'aridité.....	42
2.2.4.2.1 L'indice de l'écart à la moyenne (Em)....	42
2.2.4.2.2 L'indice de pluviosité (IP).....	42
2.2.4.2.3 L'indice de déficit pluviométrique(IDP)...	42
2.2.4.2.4 L'indice standardisé de précipitations (SPI)	
2.2.4.2.5 L'indice d'aridité .....	43
2.2.4.2.5.1 L'indice d'aridité de De Martonne (I)....	43
2.2.4.2.5.2 L'indice pluviométrique de Moral (IM)..	44
2.2.4.2.5.3 Diagramme ombrothermique.....	45
2.2.5 Paramètres mesurés .....	45

2.2.5.1	Étude de la Précocité.....	45
2.2.5.2	Caractères morphologiques.....	46
2.2.5.2.1	Hauteur des plantes .....	46
2.2.5.2.2	Longueur du col de l'épi .....	46
2.2.5.2.3	Longueur de l'épi.....	46
2.2.5.2.4	Longueur des barbes.....	46
2.2.5.2.5	Surface foliaire .....	46
2.2.5.2.6	Teneur relative en eau (TRE).....	46
2.2.5.2.7	Teneur en cire ou glaucescence.....	47
2.2.5.3	Caractères de production.....	47
2.2.5.3.1	Nombre de plante par m <sup>2</sup> .....	47
2.2.5.3.2	Le Tallage Herbacé (TH).....	47
2.2.5.3.3	Étude de la Précocité.....	47
2.2.5.3.4	Nombre d'épis par m <sup>2</sup> (NE/M).....	48
2.2.5.3.5	Nombre de grains par épi (NG/E).....	48
2.2.5.3.6	Poids de 1000 grains (g) PMG .....	48
2.2.5.3.7	Le Rendement.....	48
2.2.5.3.7.1	La biomasse aérienne à la maturité.....	48
2.2.5.3.7.2	Biomasse épi et rendement paille.....	48
2.2.5.3.7.3	Le rendement réel.....	48
2.2.5.3.7.4	Le rendement théorique.....	48
2.2.6	Analyse statistique des données.....	49

## **TROISIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET DISCUSSION**

### **CHAPITRE I : ANALYSE CLIMATIQUE DE LA DANS LA RÉGION CENTRE DE SÉTIF DE 1981 À 2015**

3.1	Analyse climatique de la dans la région centre de Sétif de 1981 à 2015.....	50
3.1.1.	Variabilité des précipitations à l'échelle mensuelles et annuelles....	53
3.1.2.	Variabilité des Températures à l'échelle mensuelle.....	56
3.1.3	Les indicateurs de sécheresses .....	56
3.1.4	Description de l'aridité dans la région de Sétif (Sfiha) de 1981 à 2015.....	57
3.1.4.1	L'indice d'aridité de De Martonne.....	58

3.1.4.2 L'indice de De Moral.....	59
3.1.4.3 Le diagramme Ombrothermique de Gaussen.....	60
3.1.5 Description de la sécheresse météorologique dans la région de Sétif de 1981 à 2015.....	61

**CHAPITRE II : ÉTUDE DU COMPORTEMENT DE QUELQUES  
VARIÉTÉS D'ORGE DANS LA RÉGION DE SÉTIF**

3.2.1 La Précocité .....	64
3.2.2 Caractères morphologiques.....	68
3.2.2.1 Surface foliaire.....	68
3.2.2.2 Hauteur des plantes .....	70
3.2.2.3 Longueur du col de l'épi.....	71
3.2.2.4 Longueur des épis .....	73
3.2.2.5 Longueur de barbes.....	75
3.2.3 Paramètres physiologiques.....	76
3.2.3.1 Teneur relative en eau .....	76
3.2.3.2 Taux de cire .....	78
3.2.4 Composantes du rendement et rendement.....	79
3.2.4.1 Densité de peuplement.....	79
3.2.4.2 Densité d'épis.....	81
3.2.4.3 Nombre de grains par épi.....	83
3.2.4.4 Poids de mille grains (PMG).....	85
3.2.4.6 Biomasse de la paille.....	88
3.2.4.7 Rendement grains.....	90
3.2.4.7.1 Rendement théorique.....	90
3.2.4.7.2 Rendement réel.....	93

**CONCLUSION GENERALE**

**RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

**ANNEXES**

## LISTE DES ABREVIATIONS

**%**: pourcentage

**\***: significative

**°C**: degré Celsius

**ACS** : Acsad176

**Avr**: Avril

**Cm**: centimètre

**CV**: Coefficient de variation

**Déc** : Décembre

**ET**: Écart-type

**EXP**: Express

**F.A.O**: Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation

**FDPS**: La Ferme de Démonstration et de Production des Semences

**Fév**: Février

**G** : gramme

**Ha** : hectare

**Q/Ha**: Quintaux à Hectare

**HI** : indice de récolte.

**HS**: les traitements et hautement significative

**ICARDA**: International Center for Agricultural Research in the Dry Areas

**IDP**: indices de déficit pluviométrique

**IP**: indices de pluviosité

**IS**: indices de sécheresses

**ISP**: indices standardise des précipitations

**ITGC**: Institut Technique des Grandes Cultures

**Jan**: Janvier

**JD**: Jaïdor

**Jui** : Juin

**Km<sup>2</sup>**: Kilo mètre carrée

**S**: Les traitements est significative

**M:** Mai

**m:** meter

**MADR :** Ministère de l'agriculture et du développement rural

**Mar :** Maras

**Max:** Maximum

**Min:** Minimum

**Mm:** millimètre

**Moy:** moyenne

**NG/E:** Nombre de grains par épi

**NP /M<sup>2</sup> :** Nombre de plante par m<sup>2</sup>

**Nov:** Novembre

**Oct:** Octobre

**P.M.G :** Poids de 1000 grains

**PF:** Poids frais

**Pi:** précipitation annelle

**Pm:** moyenne annelle précipitation

**PS:** poids sec.

**PT :** le poids de turgescence

**RDT:**Rendement Théorique

**RH:** Rihane

**RM :** Rahma

**SA:** Saida

**Sep:** Septembre

**SL :** surface du limbe de la feuille

**SO:** Soufara

**T :** Températures

**TC :** taux de cire par

**TH:** Tallage Herbacé

**THS:** les traitements sont très hautement significatifs

**TN:** Tina

**TS:** Tissa

**TSP:** Triple super phosphate

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure N°1:</b> Distribution de l'orge sauvage ( <i>Hordeum spontaneum</i> ) dans le croissant fertile..	04
<b>Figure N°2:</b> Orge à six rangs à gauche et orge à deux rangs à droite.....	05
<b>Figure N°3:</b> Section de l'épi d'orge à six rangs à gauche et à deux rangs à droite.....	06
<b>Figure N°4</b> Vue ventrale et dorsale du grain d'orge .....	06
<b>Figure N°5:</b> Epillet d'orge à deux rangs à gauche et d'orge à six rangs à droit.....	08
<b>Figure N°6:</b> Glume à gauche et glumelle à droite.....	08
<b>Figure N°7:</b> Epi d'orge à deux rangs.....	09
<b>Figure N°8</b> Évolutions des besoins en eau et période critique de sensibilité à la sécheresse chez les céréales.....	10
<b>Figure N°9:</b> Évolutions des besoins en eau et période critique de sensibilité à la sécheresse ..	12
<b>Figure N°10:</b> Carte mondiale des zones arides.....	19
<b>Figure N°11:</b> Situation et découpage administratif de la wilaya de Sétif .....	30
<b>Figure N°12:</b> Carte des reliefs de la wilaya de Sétif .....	31
<b>Figure N°13:</b> Répartition des zones agro-écologies de la wilaya de Sétif .....	32
<b>Figure N°14 :</b> Carte des grandes zones géographiques de la région de Sétif.....	33
<b>Figure N°15:</b> Carte bioclimatique de Sétif.....	34
<b>Figure N°16 :</b> Répartition des niveaux de précipitations dans la région de Sétif .....	34
<b>Figure N°17:</b> Le réseau hydrographique de la région de Sétif .....	35
<b>Figure N°18:</b> Les précipitations perçues au cours de la campagne 2015/2016.....	38
<b>Figure N°19:</b> Schéma du dispositif expérimental de l'essai et photo réelle après levée de l'orge.....	40
<b>Figure N°20:</b> Mesure de la surface foliaire des feuilles des variétés d'orge par planimètre...	46
<b>Figure N°21:</b> Evolution de la moyenne mensuelle de pluviométrie de 1981 à 2015 dans la région de Sétif-Sfiha.....	50
<b>Figure N°22:</b> Cumul de pluviométrie annuel allant de 1981 à 2015 dans la région de Sétif...	51
<b>Figure N°23:</b> Variation des Températures maximales mensuelle de 1981 à 2015 dans la région de Sétif-Sfiha.....	54
<b>Figure N°24:</b> Evolution des Températures minimales mensuelles de 1981 à 2015 dans la région de Sétif-Sfiha .....	55
<b>Figure N°25:</b> Evolution de le Températures moyennes mensuelles de 1981 à 2015 dans la région de Sétif-Sfiha. ....	56

<b>Figure N°26:</b> Évolution du climat de Sétif selon l'indice annuel de Moral, période (1981-2015).....	59
<b>Figure N°27:</b> Le diagramme Ombrothermique de Gaussen de la région de Sétif pour la période 1981-2015.....	61
<b>Figure N°28:</b> Écart à la moyenne ( <b>Em</b> ) de la région de Sétif (Sfiha) de 1981 à 2015 .....	62
<b>Figure N°29 :</b> Indice de pluviosité ( <b>IP</b> ) de la région de Sétif (Sfiha) de 1981 à 2015.....	62
<b>Figure N°30:</b> Rapport à la moyenne (RN) de la région de Sétif (Sfiha) de 1981 à 2015.....	63
<b>Figure N°31:</b> Indice de déficit pluviométrique (IDP) de la région de Sétif (Sfiha) de 1981 à 2015.....	63
<b>Figure N°32:</b> Taille de l'apex du bourgeon apical (mm) au stade début montaison de quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016). .....	66
<b>Figure N°33 :</b> La Précocité à l'épiaison de quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016). <b>A</b> : degré jour, <b>B</b> : jour.....	67
<b>Figure N°34 :</b> Surface foliaire de quelques variétés d'orge (mm <sup>2</sup> ) conduites dans la région de Sétif (2015/2016). .....	69
<b>Figure N°35 :</b> Hauteur de quelques variétés d'orge (cm) conduites dans la région de Sétif (2015/2016). .....	71
<b>Figure N°36 :</b> La Longueur du col d'épi d'orge (cm) de quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016).....	73
<b>Figure N°37:</b> Longueur d'épi de quelques variétés d'orge (cm) conduites dans la région de Sétif (2015/2016) .....	74
<b>Figure 38:</b> Longueur des barbes de quelques variétés d'orge (cm) conduites dans la région de Sétif (2015/2016).....	76
<b>Figure N°39:</b> Teneur relative en eau de quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016).....	77
<b>Figure N°40:</b> Le Taux de cire de quelques variétés d'orge (G) conduites dans la région de Sétif (2015/2016).....	79
<b>Figure N° 41:</b> La Densité de peuplement de quelques variétés d'orge (plante/m <sup>2</sup> ) conduites dans la région de Sétif (2015/2016).....	81
<b>Figure N° 42:</b> Le nombre d'épi par m <sup>2</sup> de quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016) .....	83
<b>Figure N° 43:</b> Le nombre de grains par épi de quelques variétés d'orge (grains /épi), conduites dans la région de Sétif (2015/2016). .....	85
<b>Figure N° 44:</b> Le Poids de mille grains de quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016).....	86

<b>Figure N°45:</b> Biomasse totale à maturité de quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016).....	88
<b>Figure N° 46:</b> Poids de la paille de quelques variétés d'orge (Kg) conduites dans la région de Sétif (2015/2016) .....	89
<b>Figure N° 47:</b> La Rendement théorique quelques variétés d'orge (G) conduites dans la région de Sétif (2015/2016). .....	91
<b>Figure N°48:</b> Rendement réel (q/ha) de quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016). .....	93

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau N°1:</b> Classification botanique de l'orge cultivée .....	05
<b>Tableau N°2:</b> Superficies des zones arides d'Algérie.....	20
<b>Tableau N°3:</b> Résultats analytique du sol de site expérimental.....	36
<b>Tableau N°4:</b> Répartition mensuelle des précipitations au cours la campagne 2015-2016 de la région de Sétif. ....	37
<b>Tableau N°5:</b> Répartition mensuelle des températures moyennes, minimales et maximales au cours la campagne 2015-2016 de la région de Sétif .....	37
<b>Tableau N°6:</b> Répartition mensuelle du nombre de jour de gelées durant la campagne (2015-2016) dans la région de Sétif.....	38
<b>Tableau N°7:</b> Répartition mensuelle de la neige au cours la campagne 2015-2016 dans la région de Sétif.....	39
<b>Tableau N°8:</b> Liste, origine, cycle et nombre de rangs des différentes variétés étudiées.....	43
<b>Tableau N°9:</b> classes de sévérité de la sécheresse selon l'indice standardisé de précipitations.....	44
<b>Tableau N°10:</b> Classification des climats selon l'indice d'aridité de De Martonne.	50
<b>Tableau N°11:</b> Descriptions statistique de la moyenne mensuelle de la pluviométrie de la région de Sétif-SFIHA (1981/2015) .....	51
<b>Tableau N°12:</b> descriptions statistique du cumul annuel de pluviométrie allant de 1981à2015dans la région de Sétif -Sfiha.....	53
<b>Tableau N°13 :</b> Fréquence d'occurrence des précipitations annuelles cumulées de 1981 à 2015 dans la région de Sétif-Sfiha.....	53
<b>Tableau N°14:</b> Descriptions statistique des Températures maximales mensuelles de 1981 à 2015 dans la région de Sétif-Sfiha.....	53

<b>Tableau N°15:</b> Descriptions statistique des températures minimales mensuelles de 1981 à 2015 dans la région de Sétif-Sfiha.....	54
<b>Tableau N°16:</b> l Descriptions statistique des températures moyennes mensuelles de 1981 à 2015 dans la région de Sétif-Sfiha.....	55
<b>Tableau N°17 :</b> Récapitulatif des indicateurs de sécheresses météorologiques dans la région de Sétif de 1981 à 2015. ....	57
<b>Tableau N°18:</b> valeurs et interprétation de l'indice de De Martonne la région de Sétif (Sfiha) de 1981 à 2015.....	58
<b>Tableau N°19:</b> Valeurs et interprétation de l'indice de De Moral la région de Sétif (Sfiha) de 1981 à 2015.....	59
<b>Tableau N20°:</b> Indice de Moral mensuel de la région de Sétif. ....	60
<b>Tableau N21:</b> Fréquences des années pluviométriques en fonction de l'Indice de Précipitations Standardisé (SPI) de la région de Sétif (Sfiha) de 1981 à 2015.....	64
<b>Tableau N22°:</b> Moyennes et résultats statistiques de la taille de l'apex du bourgeon apical (mm) de quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016).....	65
<b>Tableau N°23:</b> Date et durée en jour et en degrés jour de l'épiaison de quelques variétés d'orges conduites dans la région semi-aride.....	66
<b>Tableau N24°:</b> Moyennes et résultats statistiques de la Surface foliaire quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016).....	69
<b>Tableau N°25:</b> Moyennes et résultats statistiques de la hauteur de quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016).....	70
<b>Tableau N°26:</b> Moyennes et résultats statistiques de longueur du col de l'épi de quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016).....	72
<b>Tableau N°27:</b> Moyennes et résultats statistiques de la longueur de l'épi de quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016).....	73
<b>Tableau N°28:</b> Moyennes et résultats statistiques de la Longueur des barbes de quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016).....	75

<b>Tableau N°29:</b> Moyennes et résultats statistiques de la teneur relative en eau de quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016).....	76
<b>Tableau N°30:</b> Moyennes et résultats statistiques du taux de cire en eau de quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016).....	78
<b>Tableau N°31:</b> Moyennes et résultats statistiques de la Densité de peuplement de quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016).....	80
<b>Tableau N°32:</b> Moyennes et résultats statistiques de la Densité de peuplement de quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016).....	82
<b>Tableau N°33:</b> Moyennes et résultats statistiques du nombre de grains par épi de quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016).....	83
<b>Tableau N°34:</b> Moyennes et résultats statistiques du Poids de mille grains quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016).....	85
<b>Tableau N°35:</b> Moyennes et résultats statistiques du Biomasse totale quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016).....	87
<b>Tableau N°36:</b> Moyennes et résultats statistiques de la Poids de paille de quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016).....	89
<b>Tableau N°37:</b> Moyennes et résultats statistiques de la Rendement théorique en quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016).....	90
<b>Tableau N°38:</b> Moyennes et résultats statistiques de la Rendement machine quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016).....	92

## INTRODUCTION

L'orge (*Hordeum vulgare* L.) est considérée comme étant la quatrième céréale la plus consommée au niveau mondial après le blé, le maïs et le riz (SAHABI *et al.*, 2001). Elle nourrit un quart de la population mondiale. Elle est destinée principalement à l'alimentation animale mais reste encore un aliment important pour la population rurale.

La céréaliculture algérienne est située en grande partie dans la zone semi-aride où peu de pluviométrie est disponible avec une répartition inégale et irrégulière durant la saison de croissance des cultures. Développer des cultures bien adaptées pourrait améliorer les rendements dans de telles conditions (GONZALEZ *et al.*, 2007), comme c'est le cas de l'orge. Sa distribution apparaît naturellement la plus vaste du fait de sa précocité, de son potentiel de productivité en zones arides.

Le manque d'humidité adéquate menant à un stress hydrique est un phénomène fréquent dans les zones pluviales, provoquées par des pluies peu fréquentes et une mauvaise ou absence des irrigation (WANG *et al.*, 2005). Ce qui impose la sécheresse, qui affecte le rendement des cultures de façon drastique.

La sécheresse est un terme qui décrit un état dans lequel l'humidité du sol disponible est réduite au point où la plante ne peut l'absorber assez rapidement pour compenser la transpiration. La sélection pour des variétés tolérantes à la sécheresse est une approche qui permet de répondre à ce problème.

La sélection variétale est en faveur de variétés résistantes qui peuvent produire des rendements élevés et réduire les dangers économiques d'une mauvaise récolte, non seulement dans les zones semi-arides, mais aussi dans les zones tempérées où la sécheresse et la chaleur sont temporairement menaçantes (BENKHERBACHE, 2013). L'amélioration des rendements en grain, dans une région passe essentiellement par la recherche d'une meilleure adaptation à l'environnement et de trouver des variétés qui réalisent des bons résultats.

Une meilleure compréhension des mécanismes d'adaptation au déficit hydrique et du maintien de la croissance, le développement et la productivité au cours des périodes de stress aident dans l'amélioration à la tolérance à la sécheresse (TURNER, 1997).

C'est dans ce programme de sélection des variétés d'orge susceptibles d'avoir une meilleure adaptation aux conditions agroclimatiques de la zone haute plaine que le présent travail s'intègre. Il consiste à étudier le comportement de 17 variétés d'orge sélectionnée en région semi aride, en vue de dégager celles qui répondent mieux aux critères recherchés, un rendement élevé et une bonne capacité d'adaptation au milieu.

## **1.1 Généralité sur l'orge**

### **1.1.1 Importance et production de l'orge**

#### **1.1.1.1 Dans le monde**

La production mondiale de l'orge a évolué au cours de la période 1970 à 2010 de 119 à 178 millions de tonnes (**F.A.O STAT, 2011**).

Entre 2000 et 2010, les plus grands pays producteurs ont été l'Allemagne (104 millions de tonnes), la France (10,1 millions de tonnes), l'Ukraine (8,5 millions de tonnes), l'Espagne (8,2 millions de tonnes), le Canada (7,6 millions de tonnes), l'Angleterre (5,3 millions de tonnes), les USA (3,9 millions de tonnes), la Pologne (3,5 millions de tonnes), l'Iran (3,2 millions de tonnes) et le Maroc (2,6 millions de tonnes).

Selon la **F.A.O. (2004)**, la production mondiale de l'orge a atteint 155 millions de tonnes pour une surface emblavée de 57 millions d'hectares, soit un rendement moyen de 27,2 q/ha. Seize (16) pays ont réalisé 80% de cette production.

#### **1.1.1.2 En Algérie**

En Algérie, l'orge occupe la deuxième place après le blé, sa superficie varie annuellement de 300.000 à 1.600.000 ha, c'est-à-dire 35 à 40% de la superficie réservée aux grandes cultures (**BENMAHAMED, 2004**).

L'orge est cultivée essentiellement sur les hautes plaines, plus à l'Est que les autres régions de l'Algérie. Cette zone emblave plus de 50% de la superficie totale d'orge (**MALKI et al, 2002**). Les superficies qui lui sont consacrées varient d'une année à l'autre avec une moyenne, sur plus d'un siècle (1901-2005), de 1 million d'hectares, une production moyenne variant de 3 à 16 millions quintaux et une moyenne de rendement grain de 7q/ha (**FAOSTAT 2008**). Les régions agro-pastorales telles que Batna, Khenchela, Tébessa et M'sila, représentent actuellement les principales zones de production d'orge en Algérie, elles sont le domaine naturel de l'élevage ovin et caprin (**MALKI et al., 2002**).

### **1.1.2 L'utilisation de l'orge**

#### **1.1.2.1. En alimentation animale**

L'orge est prise comme base pour le calcul de ration animale ; 1 kg d'orge équivaut une unité fourragère (**GONDE et al., 1968**). Le grain d'orge a une grande valeur nutritive, il contient (**GONDE et al., 1968**):

- 8 à 10 % de matières azotées brutes.
- 2 à 3% de matières grasses.
- 60 à 65% d'extractif non azotés.
- 5 à 6% de matières cellulosiques.
- 2 à 3% de matières minérales.

Les caractéristiques de l'orge font de lui une spéculatation très versatile, qui est à destination fourragère. Elle peut être pâturée en début de cycle puis laissée pour faire du grain ou bien pâturée entièrement (**BENMAHAMMED et al., 2001**).

L'importance de l'orge est prouvée dans son utilisation dans l'alimentation des ovins avec un taux de 90%. Aussi, l'orge constitue une source de fourrage vert précoce puisqu'elle lie entre la paille et les concentrés fourragers (**BENMAHAMMED, 2004**).

D'après **MANTOUCHE et BOUSSADI (1993)**, l'orge apparaît la plus adaptée au double exploitation en fournissant pour la moyenne des variétés près de 17 à 20 q/ha de matière sèche (coupe au début-montaison) et environ 40 à 45 q/ha de grains, cependant la coupe réduit de près 20 q/ha le rendement en paille pour ces orges.

### **1.1.2.2. En alimentation humaine**

Selon **BENMAHAMMED (2004)**, 10% de la production d'orge en Algérie est destinée à l'alimentation humaine. L'orge est de plus en plus demandée au cours de ces dernières années, avec le retour à la fabrication traditionnelle des produits tel que : le couscous, le pain et le Mermez, Ainsi l'orge occupe la deuxième place après le blé dur dans la consommation alimentaire chez les agriculteurs.

L'orge de brasserie est destinée à la fabrication du malt (l'orge qui a subi un début de germination), principale matière pour la fabrication de boisson alcoolique. La qualité recherchée en orge de brasserie étant (**LE CLECH, 1999**) :

- Le taux de protéine inférieur à 11,5%
- Un calibre élevé (diamètre >2,5 mm)
- La germination homogène et rapide.

### **1.1.3. Origine géographique et génétique de l'orge**

Harlan et **ZOHARY (1966)** ont considéré le Croissant Fertile comme centre unique d'origine de l'orge sauvage (*Hordeum spontaneum*) et parent héréditaire de l'orge cultivée à deux et à six rangs, qui a diffusé vers les maquis méditerranéens ouverts, et les bordures de routes (figure 01). Des types à deux rangs remontant au Néolithique (7.000 an avant J.-C.) découverts dans le Croissant Fertile du Moyen Orient paraissent être les restes les plus anciens de l'orge cultivée, en haute Égypte (**ZOHARY, 1973**).

Pour Harlan (1975), l'orge cultivée comprend deux centres d'origines ( figure 01):

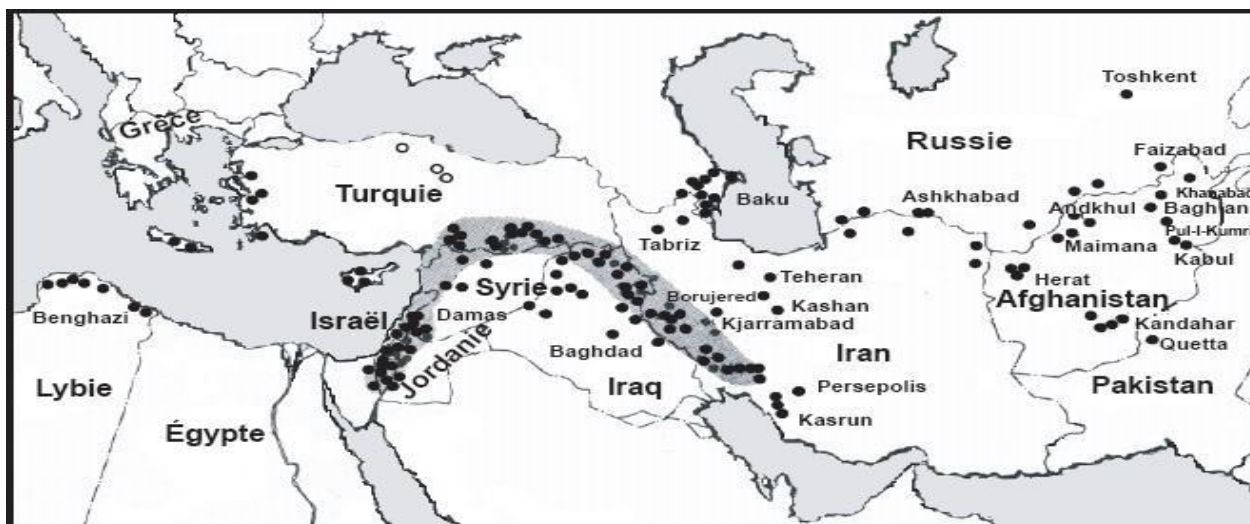
- ✓ le premier couvre l'Éthiopie et l'Afrique du Nord où on rencontre les biotypes avec barbes, à grain couvert,
- ✓ le second comprend la Chine, le Japon et le Tibet où on trouve les biotypes à grain nu et barbes plus au moins courtes voir absentes.

**PEETERS (1988)** a remis en cause que l'orge cultivée est la première céréale à être domestiquée dans le Croissant Fertile. Les fossiles archéologiques effectués depuis le début du siècle en Syrie et en Iraq ont dévoilé la présence de caryopses d'orge provenant d'épis

modifiés par le processus de domestication. Ces épis datent d'environ 10.000 ans avant J.C., quelques centaines d'années avant l'apparition des blés cultivés diploïdes (engrain) et tétraploïdes (amidonnier).

Alors que **GALLAIS et BANNEROT (1992)** ont considéré que l'orge sauvage à deux rangs (*Hordeum spontaneum*) répandue depuis la Grèce et la Libye jusqu'au Nord- Est de l'Inde est presque unanimement reconnue comme la forme ancestrale de l'orge cultivée, avec laquelle elle est parfaitement interfertile. En conditions naturelles, le rachis fragile d'*Hordeum spontaneum* facilite la dispersion des semences.

**ZOHARY et HOPF (1993)** montrent que les parents sauvages des orges cultivées n'ont pas subi de changements génétiques cruciaux pendant les 10000 ans derniers. Évidemment, cette étude montre que l'orge sauvage (*Hordeum spontaneum*) et l'orge cultivée (*Hordeum vulgare* L.) sont morphologiquement semblables.



**Figure 01:** Distribution de l'orge sauvage (*Hordeum spontaneum*) dans le croissant fertile (**HARLAN et ZOHARY (1966)** modifiée par **HARLAN (1975)**)

#### 1.1.4 Les caractères botaniques et généraux de la plante

##### 1.1.4.1 Classification botanique de l'orge

Selon **RASMUSSEN (1987)**, le genre *Hordeum* comprend des espèces diploïdes ( $2n=14$ ) dont les biotypes cultivés comme *Hordeum Vulgare*, *Hordeum Distichum*, *Hordeum intermedium*, et sauvage comme *Hordeum spontaneum*, *Hordeum agriocrithon* et *Hordeum pusillum*.

L'espèce tétraploïde ( $2n=28$ ) est constituée uniquement des biotypes sauvages comme *Hordeum murinum*, *Hordeum bulbosum*, *Hordeum jubatum* et *Hordeum nodosum*.

D'après **CHADEFAUD et EMBERGER (1960)**, **PRATS (1960)** et **FEILLET (2000)**, l'orge cultivée (*Hordeum Vulgare* L.) peut être classée comme suit:

**Tableau 01:** Classification botanique de l'orge cultivée

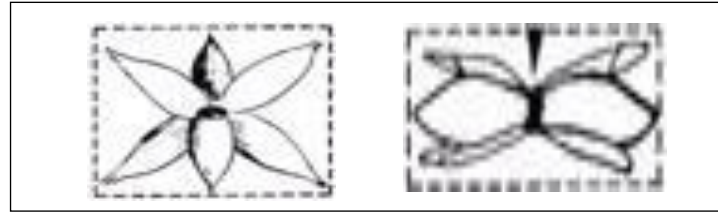
Classification	Orge
Règne	<i>Plantae</i>
Division	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	<i>Liliopsida</i>
S/Classe	<i>Commelinidae</i>
Ordre	<i>Poale</i>
Famille	<i>Poaceae (ex Graminées)</i>
S /Famille	<i>Hordeoideae</i>
Tribu	<i>Hordeae (Hordées)</i>
S/Tribu	<i>Hordeinae</i>
Genre	<i>Hordeum</i>
Espèce	<i>Hordeum vulgare L.</i>

LINNE (1755) in GRILLOT (1959), classent les orges selon le degré de fertilité des épillets et la compacité de l'épi en trois groupes (Figure 2, 3) :

- *Hordeum hexastichum* L. (escourgeon) à épi compact composé sur chaque axe du rachis de 3 épillets fertiles.
- *Hordeum tetrastichum* L. à épi lâche composé sur chaque axe du rachis de 2 épillets fertiles.
- *Hordeum distichum* L. à un épi aplati et lâche composé de deux rangées d'épillets fertiles, sur chaque axe du rachis, entouré de 4 épillets stériles.

**Figure 02:** Orge à six rangs à gauche et orge à deux rangs à droite (GNIS, SD a)

ERROUX (1956) distingue au niveau de l'espèce *Hordeum vulgare* L. les types *Pallidum*, dont l'épi est de faible densité à section rectangulaire, ce sont les orges à quatre rangs et les types *Parallelum* et *Pyramidatum*, dont les épis sont plus denses à section hexagonale dites orges à six rangs.

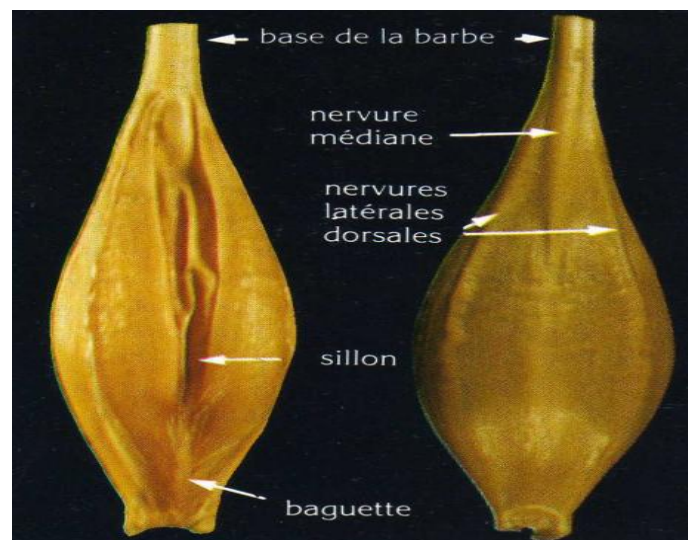


**Figure 03:** Section de l'épi d'orge à six rangs à gauche et à deux rangs à droite (SOLTNER, 2005).

### 1.1.5 Description morphologique

#### 1.1.5.1 Grain

Le grain de l'orge est un caryopse de section arrondie ou ovale, vêtu dans la mesure où il reste inséré dans les glumelles au cours de la dissémination où la glumelle inférieure correspond à la face dorsale du grain (MOULE, 1980). Elle présente une nervure médiane et deux nervures latérales dorsales. Elle est prolongée par une barbe. Alors, que la glumelle supérieure correspond à la face ventrale du grain. Celui-ci présente une dépression ou sillon à la base duquel est insérée une baguette (figure 03).



**Figure 04:** Vue ventrale et dorsale du grain d'orge (GNIS, SD a)

La coupe longitudinale de grain d'orge révèle de l'extérieur vers l'intérieur les parties suivantes (www.fao.org) :

- Le péricarpe ou l'enveloppe, constitué de l'extérieur vers l'intérieur par le péricarpe (parois de l'ovaire), le tégument, et l'assise protéique.
- L'endosperme ou l'amande constitue presque tout l'intérieur du grain et se compose principalement de minuscules grains d'amidon.
- Le germe ou l'embryon comprend 2 parties : la plantule (future plante) et le cotylédon (réserve de nourriture très facilement assimilable, destinée à la plantule) qui contient l'essentiel des matières grasses du grain.

### 1.1.5.2 Appareil végétatif

#### 1.1.5.2.1 L'appareil aérien

La partie aérienne de l'orge est formée d'un certain nombre d'unités biologiques ou de ramifications appelées talles. Ces ramifications partent toutes d'une zone, appelée court-nouée située à la base de la tige : le plateau de tallage (SOLTNER, 2005).

Les tiges sont généralement creuses et minces chez les orges à deux rangs que chez les orges à six rangs et ont donc plus tendance à verser. Elles sont formées d'entre-nœuds, séparées par des nœuds, zones méristématiques à partir desquelles s'allongent les entre-nœuds et se différencient les feuilles. Chaque nœud est le point d'attache d'une feuille, il y a généralement cinq à sept nœuds par tige (PETREQUIN et BAUDAIS, 1997). La hauteur de la tige varie selon les espèces, les variétés, et les conditions de culture. Elle varie de 60 à 150 cm (SOLTNER, 1990 ; PETREQUIN et BAUDAIS, 1997).

Les feuilles sont alternes, longues, étroites et à nervures parallèles d'un vert clair au stade herbacé. Chaque feuille comprend deux parties : une portion inférieure enveloppant l'entre-nœud correspondant à la gaine, et une portion supérieure, le limbe. À la base du limbe se trouvent deux stipules appelées oreillettes plus au moins embrassantes et glabres (SOLTNER, 1990).

#### 1.1.5.2.2 L'appareil racinaire

Le système racinaire est superficiel et la majeure partie des racines se trouve dans une couche superficielle de 50 cm. Cependant quelques racines peuvent dépasser 150cm de profondeur (SEHABI, 2000). Il est composé de deux systèmes successifs :

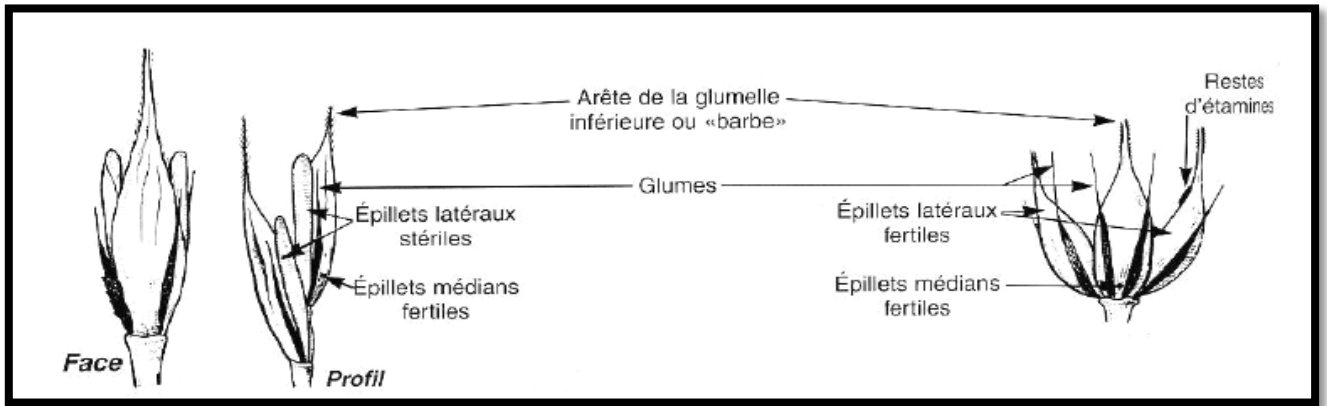
- Un système racinaire séminal, fonctionnel seul de la levée au début du tallage. Les racines de ce système sont au nombre de six, rarement sept (BENLARIBI et *al.*, 1990, HAZMOUNE, 2006).
- Un système racinaire adventif ou coronal, apparaissant au moment où la plante émet ses talles. Ce système se substitue progressivement au précédent durant l'avancement du cycle biologique des céréales à paille. Il est de type fasciculé (SOLTNER, 2005).

#### 1.1.5.2.3 Appareil reproducteur

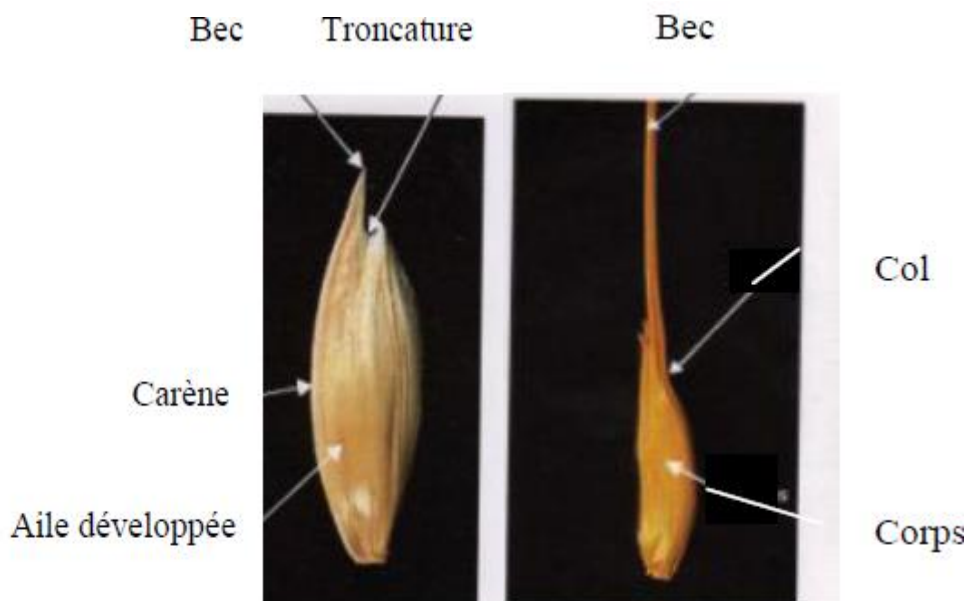
L'inflorescence de l'orge est un épi composé d'un axe central appelé rachis sur lequel s'attachent les épillets. Chaque épillet se compose d'une fleur et de deux glumes (figure 05).

La fleur est hermaphrodite et entourée de deux glumelles (inférieure et supérieure). Elle comporte un ovaire possédant un seul ovule, un stigmate divisé (bifide) plumeux et 3 étamines. Les épillets latéraux atrophiés des orges à 2 rangs sont le plus souvent stériles (GALLAIS ET BANNEROT, 1992).

Chaque glume ou glumelle est formée d'une aile développée et d'une aile réduite séparées par une nervure appelée Carène (figure 06). La carène est prolongée à sa partie supérieure par un bec. A la base de ce bec, sur l'aile développée, on trouve une plage de forme et de dimension variables appelée troncature. Chaque glumelle est formée d'un corps, d'un col et d'un bec (GNIS, SDB).



**Figure 05 :** Epillet d’orge à deux rangs à gauche et d’orge à six rangs à droite (SOLTNER, 2005)



**Figure 06:** Glume à gauche et glumelle à droite (GNIS, SD b)

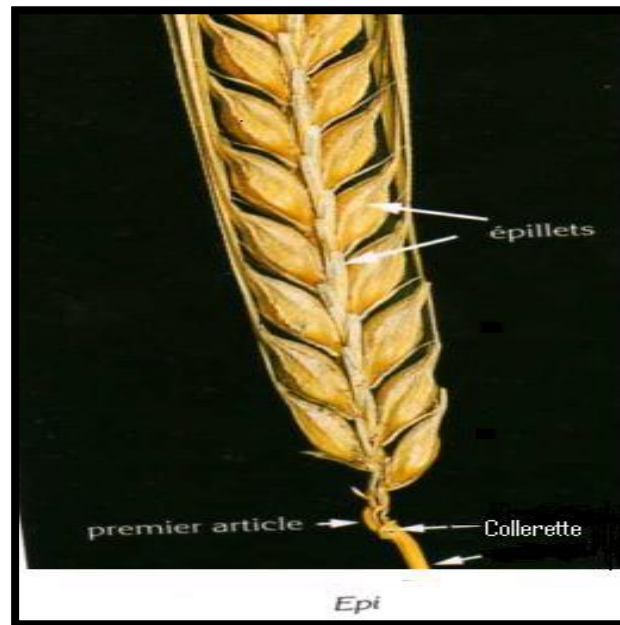
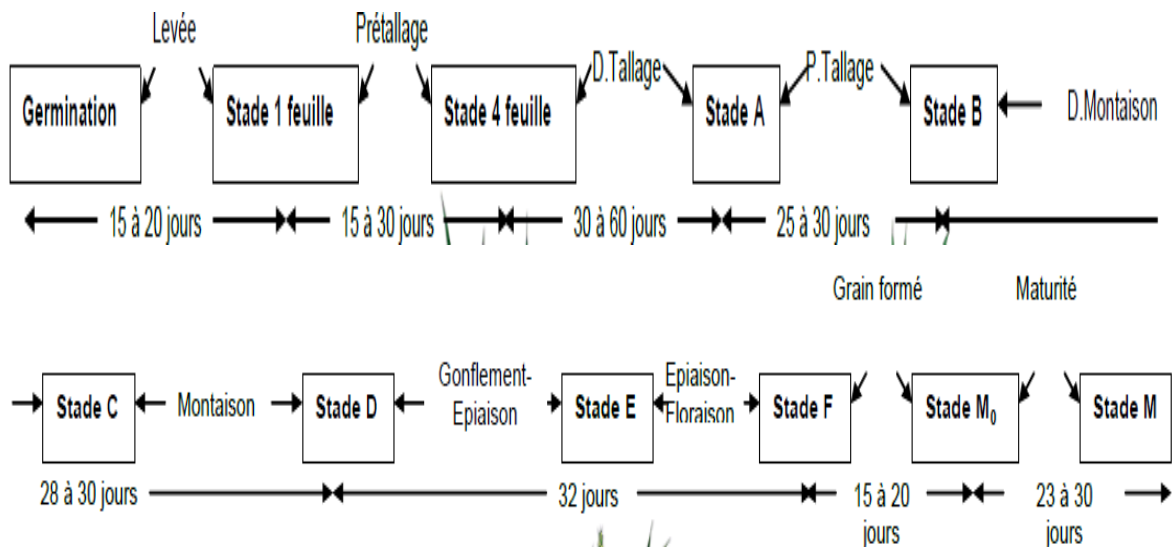


Figure 07: Epi d'orge à deux rangs (GNIS, SD a)

### 1.1.6 Cycle biologique de développement

Les orges (*Hordeum vulgare* L.) sont des plantes annuelles herbacées, effectuant leur cycle évolutif en trois grandes périodes (période végétative, période reproductrice et période de maturation) (Figure 1).

Les mécanismes végétatifs et reproducteurs d'orge, de la germination à la maturation du grain, sont identiques (SOLTNER, 2005). Les différences les plus marquées concernant l'orge sont: une propension plus forte au tallage avec une paille souvent plus fragile, un cycle semis-maturité souvent plus court, et une capacité de survie au froid n'atteignant généralement pas celle des blés (GALLAIS et BANNEROT, 1992). Ces phases sont marquées par plusieurs stades repères dont l'identification se fait essentiellement par repérage sur le maître brin (JONARD, 1952; FEEKES, 1954; BAGGIOLINI, 1954 et ZADOKS, 1974 in COUVREUR et al., 1984).



**Figure 08:** Les stades de développement de l'orge (SOLTNER, 2005)

### 1.1.6.1 Période végétative

Elle s'étend de la germination au tallage. Cette période elle-même est subdivisée en trois phases :

#### ✓ Phase semis-levée

Elle débute par le passage du grain de l'état de vie ralentie à l'état de vie active au cours de la germination qui se traduit par l'émergence de la radicule et des racines séminales et celle du coléoptile. Dès que la première feuille a percé la coléoptile, ce dernier s'arrête de croître et se dessèche (HELLER, 1982 ; MAZLIAK, 1982 ; BOUFENAR -ZAGHOUANE et ZAGHOUANE, 2006).

La réalisation de cette phase est sous la dépendance de facteurs propres à la semence (faculté et énergie germinatives) et de facteurs extérieurs (température et humidité du sol).

#### ✓ Phase levée-début tallage

La première feuille fonctionnelle s'allonge, puis la deuxième, jusqu'à la quatrième toutes en position alterne. Imbriquées les unes dans les autres, les feuilles partent toutes d'une zone proche de la surface du sol appelée plateau de tallage (SOLTNER, 1990). Ce dernier est constitué par l'empilement d'un certain nombre d'entre-nœuds et reliées à la semence par le rhizome (CLEMENT, 1981).

#### ✓ Phase tallage

Elle se caractérise par l'entrée en croissance des bourgeons différenciés à l'aisselle de la première feuille, dont le bourgeon donnera le maître brin. Le nombre de talles émises par

plante est en fonction de l'espèce (l'orge talle beaucoup plus que le blé), de la variété, du climat, de l'alimentation de la plante en azote, de la profondeur de semis (**SOLTNER, 1990**).

### **1.1.6.2 Période reproductrice**

Le début de cette phase est marqué par une différenciation de l'ébauche d'épillet sur l'apex (stade A), ce stade marque la transformation du bourgeon végétatif en bourgeon floral.

Le stade B est repéré par l'apparition de deux renflements latéraux qui apparaissent sur l'épillet, ce sont les ébauches des glumes (**BOUZERZOUR H. et OUDINA M.M., 1986**).

Dès le début de la montaison, on assiste à une différenciation des pièces florales: glumelles, organes sexuels; et en parallèle, la tige et l'inflorescence s'allongent. Les apex des talles différencient des ébauches d'épillets puis des pièces florales et montent. C'est le tallage épi.

Au stade gonflement, l'inflorescence monte en grossissement dans les gaines des différentes feuilles. Ainsi, la gaine de la dernière feuille s'allonge et gonfle. Peu après, l'inflorescence l'épi sort de la gaine de la dernière feuille : c'est le stade épiaison. La fécondation et l'anthèse suivent de quelques jours l'épiaison (**BOUFENAR ZAGHOUANE et ZAGHOUANE, 2006**).

### **1.1.6.3 phase de maturation**

Au cours de cette dernière phase, l'embryon se développe et l'albumen se charge de substances de réserves. On observe une augmentation du volume et du poids des grains .La phase se termine par le stade laiteux. Ensuite, le poids frais des grains continue à augmenter alors que celui des tiges et des feuilles diminue. La phase se termine par le stade pâteux. Enfin, le grain devient dur et de couleur jaunâtre. C'est le stade de la maturation physiologique (**BOUFENAR- ZAGHOUANE et ZAGHOUANE, 2006**).

## **1.1.7 Les exigences de l'orge**

### **1.1.7.1 Exigences thermiques**

Le zéro de germination de l'orge est très voisin de celui de blé (0 °C).Le seuil de température de germination de l'orge se situe entre 3 et 5°C et l'optimum de croissance est voisin de 18 °C (**SIMON et al ,1989**). Le stress thermique est ressenti à partir de 27 °C et la croissance est fortement perturbée dès que la température ambiante atteint 33°C (**BONJAEN et PICARD, 1990 in HAMOUCHE, 2001**).

A  $-8^{\circ}\text{C}$  on constate des dégâts foliaires, à  $-12^{\circ}\text{C}$  certaines plantes sont tuées, et à  $-16^{\circ}\text{C}$  les dégâts sont très importantes (SOLTNER, 1986).

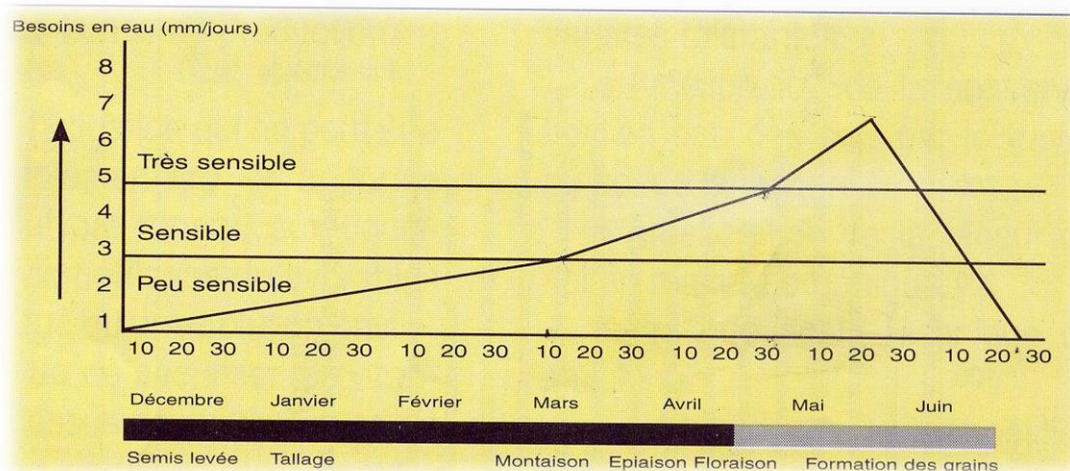
Chez les céréales, deux stades apparaissent comme particulièrement sensibles aux températures élevées, la méiose et la floraison, dans les deux cas, c'est la même composante de rendement, le nombre de grain par épi qui est affectée (GATE, 1995). Une température maintenue à  $12$  ou  $15^{\circ}\text{C}$  le jour et  $12^{\circ}\text{C}$  la nuit avec une photopériode de 16 heures, se traduit par un nombre supérieur de fleurs fertiles par épillet. Au-delà de cet optimum, le nombre de fleurs fertiles décroît progressivement quand la température s'élève (RAWSSON et BAGGA 1979 in GATE, 1995).

Les besoins en températures basses associés à la photopériode, permettent de distinguer trois groupes d'orges (SOLTNER, 2005):

- Les orges d'hiver dont le cycle de développement varie de 240 à 265 jours, s'implantent en automne. Ces orges ont besoin pour assurer leur montaison, de température vernalisante qui manifeste un degré plus au moins élevé de résistance au froid hivernal.
- Les orges de printemps dont le cycle de développement est très court (environ 120 à 150 jours), s'implantent au printemps. Ces orges n'ont aucun besoin de vernalisation pour assurer leur montaison.
- Les orges alternatives qui sont intermédiaires, sur le plan tolérance au froid, entre les orges d'hiver et celles de printemps.

### 1.1.7.2 Exigences hydriques

Les besoins en eau de l'orge sont de 500mm d'eau pour atteindre le niveau de rendement économique (ANONYME, 1993). D'après FELIACHI et al., (2001), la période critique à la sécheresse se situe entre fin montaison et stade grain laiteux. (Figure 09). En raison de son enracinement plus profond, l'orge résiste mieux à la sécheresse que le blé



**Figure 09:** Évolutions des besoins en eau et période critique de sensibilité à la sécheresse chez les céréales (KHALDOUNE et al, 1997 in FELIACHI et al, 2001).

### **1.1.7.3 exigences édaphiques**

L'orge est une espèce très rustique et peut donc être cultivée dans les zones marginales à sols plus ou moins pauvres. Elle s'adapte mieux aux sols légers et profonds avec un sous-sol calcaire. Elle préfère un sol se réchauffant bien au printemps et ne présentant pas d'excès d'acidité, de ce fait, elle est plus répondeuse dans les régions riches en calcaires (**BAGAYOKO, 1989**).

En outre, cette espèce est assez intéressante compte tenu de sa tolérance au sel et à la sécheresse (**BOUZIDI, 1979**). Selon **HEHER (1989)** et **DERDOUR (1994)**, l'orge est une plante résistante à la salinité. Elle tolère jusqu'à 10g/l, sa vitesse de végétation est plus influencée par la salinité du sol. Il faut éviter les sols acides (**LE CLECH, 1999**).

### **1.1.7.4 exigences en éléments nutritifs**

La carence en phosphore sur les céréales est caractérisée par une coloration des feuilles qui peut aller du brunâtre à rouge violacé et un faible développement végétatif (faible tallage, hauteur faible, retard du stade). Ces symptômes signalent un manque très grave en cet élément et il est essentiel d'apporter des engrais phosphatés en quantité abondante dans ces terres (**HACHEMI et al., 1978**).

Une décoloration blanche de la végétation est un symptôme de carence en potassium. Cette carence peut être induite par une concurrence de calcaire avec le potassium. Dans les terres à fort taux de calcaire actif il sera difficile de lutter contre cet effet (**HACHEMI et al., 1978**).

D'après **GARCIA DELMORA et al., (1992)** in **ABABSA, (2003)**, l'apport de 12,5 kg/ha de soufre ou 0,05kg/ha d'éthéphon au tallage favorise la formation et la survie des talles et donc le nombre final d'épis.

Une carence en azote se traduit par des plantes chétives et par un jaunissement des feuilles (chlorose), consécutif à l'arrêt de la synthèse de la chlorophylle (**GATE, 1995**).

D'après **GATE (1995)**, si l'azote est en trop forte concentration nuit à la croissance et devient toxique. Chez les céréales, cette décroissance est due principalement à un excès d'azote. Pour **GONZALES et al., (1987)** in **BAHLOUL (1989)**, la teneur normale en nitrate du jus de la tige est de 1200 mg d'N/l, en dessous de ce seuil la croissance est limitée.

### **1.1.8 Les techniques culturales**

Toute augmentation du rendement, doit passer nécessairement par une amélioration des techniques culturales qui permettent à un cultivar donné de s'exprimer au maximum (**BOUZERZOUR et al., 1986**).

#### **1.1.8.1 Place dans la rotation**

D'après **BENMAHAMED (2004)**, la rotation généralisée dans les zones céréalières en Algérie, est "céréale/jachère". Cependant, l'orge peut venir après le blé ou se succéder à elle-même pendant deux à trois ans. L'orge de printemps peut venir après les plantes sarclées

récoltées tard (maïs, betterave ou choux fourragères), l'orge d'hiver vient derrière ces mêmes précédents s'ils libèrent le sol avant le 15 octobre (SOLTNER, 1980).

### **1.1.8.2 Préparation du sol**

L'orge nécessite un sol bien préparé et ameubli sur une profondeur de 20 à 25 cm, et présentant une structure fine en surface (ANONYME, 1993). La préparation du sol consiste à réaliser un déchaumage précoce en été, un labour moyen en automne et enfouissement de la fumure de fond en fin septembre – début octobre (SOLTNER, 1980).

D'après BENMAHAMED (2004), la culture de l'orge souffre d'une mauvaise préparation du sol en Algérie, négligeant l'intérêt de cette pratique culturale qui conserve l'humidité du sol d'une part et augmente la production d'autre part.

### **1.1.8.3 Le semis**

Une dose optimale de semis est nécessaire pour avoir un bon peuplement – épi conditionnant ainsi un bon rendement. D'après SOLTNER (1986), l'orge est une céréale qui talle bien, une densité de 450 à 600 épis/m<sup>2</sup> est nécessaire pour un objectif de rendement en grains de 50 à 60 q/ha.

Selon TOUTAIN (1977), l'orge nécessite l'utilisation de semences sélectionnées et traitées, dont la faculté germinative se situe entre 95 et 98%.semis est pratiqué à la volée, ou en ligne à raison de 120 à 140 kg, à une profondeur de 4 cm.

La période de semis se situe entre la fin octobre et le fin du mois de novembre (ANONYME, 1993).L'orge sont très sensibles au froid durant le stade 1-2 feuilles mais néanmoins plus résistante durant le stade 3-4 feuilles. Partant de là, la culture doit donc atteindre ce stade avant les grands froids de janvier ; d'où l'intérêt d'un semis précoce dans la pratique céréalière (MALKI et al., 2002).Les semis précoces donnent significativement plus de talles fertiles que les semis tardifs. D'après BOUZERZOUR et al., (1986), les semis précoces tallent mieux et donc produisent beaucoup plus de matière sèche relativement aux semis tardifs.

### **1.1.8.4 La fumure**

En conseille un épandage avant le semis de 4 q/ha de triple super – phosphate 46%.En sol pauvre en potasse, il faut prévoir un apport de 2 q/ha de sulfate de potasse 50% une année sur deux (ANONYME, 1994).

D'après ZAIR (1994), lorsque le facteur eau n'est pas limitant, une fertilisation azotée bien raisonnée, peut améliorer sensiblement le rendement. Le fractionnement des apports d'azote, permet d'augmenter les chances d'une meilleure utilisation de l'engrais et de diminuer les pertes (BAHLOOL et al., 1989).

### **1.1.8.5 Le désherbage**

Les mauvaises herbes concurrencent les céréales pour l'alimentation hydrique et minérale, et affectent le rendement. Pour lutter contre les mauvaises herbes, il existe deux moyens :

- ✓ Lutte mécanique : dès le mois de septembre, les premières pluies d'automne vont favoriser la germination des graines des mauvaises herbes et du précédent cultural, après leur levée leur enfouissement est réalisé par utilisation de hersage, un binage ou un roulage, il peut être aussi manuel (**SOLTANER, 1999**).
- ✓ Lutte chimique : à l'aide des désherbants polyvalent (**ANONYME, 1993**). D'après **HAMADACHE et al., (2001)**, le désherbage chimique effectué entre le tallage et la montaison améliore positivement le peuplement – épi, le taux d'amélioration est de 33%.

### **1.1.8.6 L'irrigation**

D'après **TOUTAIN (1977)**, l'orge a besoin de 5400 m<sup>3</sup>d'eau d'irrigation dans Le recours à l'irrigation complémentaire semble représenter un moyen de palier au déficit en eau et maintenir le rendement au niveau élevé (**ZAMANI, 1978, ZAIR, 1994**). **CHADOULI (1997)** a enregistré un gain de 15 q/ha avec trois apports (210mm) aux stades : montaison, épiaison et remplissage du grain.

### **1.1.8.7 Les ennemis de la plante**

D'après **BENMAHAMED (2004)** l'entretien de la culture consiste en la lutte contre les mauvaises herbes par le désherbage, en la lutte contre les maladies et les ravageurs. Les problèmes de la diminution de l'utilisation des désherbants et des pesticides par les agriculteurs au cours des dernières années est dû à la cherté de ces produits.

Les maladies et les insectes par leurs effets directs sont à l'origine d'une réduction significative à la production à 30% (**BENBELKACEM et al 1997 in ABABSA, 2003**).

D'après **SAYOUD (1987)**, les maladies les plus fréquemment rencontrées en Algérie par ordre d'importance sont: L'oïdium, L'hélmintosporiose, La jaunisse nanissante, les charbons et caries.

Les moineaux tendent à devenir un fléau à l'échelle nationale, des vols importants de ces passereaux causent des dégâts considérables aux céréales au stade grain pâteau (**HACHIMI et al., 1979**).

Les paysans maghrébins, surtout les algériens et les marocains, ont bien connu des invasions cyclique des criquets pèlerin en provenance de l'Afrique de l'Est via le Sahel ayant

été parfois une cause de famine, le passage de ce redoutable ravageur laisse derrière lui un désastre (MALKI *et al.*, 2002).

D'après LE CLECHE (1999), les ravageurs qui causent des dégâts sur l'orge sont:

- Limaces: elles peuvent provoquer des dégâts très importants en début de cycle (au semis et à la levée).
- Les pucerons: ils sont vecteurs de la jaunisse nanissante (J.N.O) le seuil d'intervention est 15% des plantes contaminées par les pucerons.

Les dégâts causés par les mauvaises herbes sont énormes entre 20 à 50%, la lutte devient une donnée de plus en plus importante, l'élimination des mauvaises herbes se fait par l'utilisation des herbicides. Or, expérience a montré que les techniques culturales telles que le labour combiné avec les façons aratoires superficielles avant le semis peuvent contribuer à la destruction de la végétation adventice (BARRALIS *et al.*, 1989).

#### **1.1.8.8 La récolte**

Le grain est mûr lorsqu'il cesse d'être rayable à l'ongle et devient cassant sous la dent (SOLTNER, 1980). La maturité mécanique est atteinte lorsque le taux d'humidité du grain est de 14 à 16% (OUDINA et BOUZERZOUR, 1988). Un taux d'humidité excédant les 20% rend la récolte mécanique très difficile, et un taux d'humidité réduit en dessous de 12% est aussi préjudiciable suites aux pertes par les cassures des grains (NAÏT-DAHMANE, 1987).

La période de récolte demeure également importante, d'après MALKI *et al.*, (2002), tout retard peut entraîner des pertes importantes par égrenage. Les pertes totales admises sont estimées à un taux moyen de 5-6% de la récolte (NAÏT-DAHMANE, 1987).

## 1.2. L'adaptation de l'orge aux environnements arides

### 1.2.1. Notion D'aridité

Selon le Glossaire International d'Hydrologie, l'aridité peut être définie comme étant la condition dans laquelle l'évaporation potentielle excède toujours les précipitations. C'est une caractéristique d'un climat où les précipitations sont insuffisantes pour assurer le maintien de la végétation (aride : du latin *aridus* «sec, desséché»).

Selon **AGGOUSSINE(2003)**, l'aridité ne peut être définie uniquement par de faibles précipitations moyennes annuelles, mais aussi par leur irrégularité dans l'espace et dans le temps et par une forte évapotranspiration.

L'aridité ne doit pas être confondue avec la sécheresse, concept météorologique à référence temporelle, phénomène conjoncturel (période, année sèche). Selon **LE FOC'H et al., (1992)**, le mot aridité est réservé à la description d'un état ou à la qualification d'un milieu alors que «sécheresse» caractérisera plutôt l'évolution des milieux sous l'effet de phénomènes climatiques dont le principal est bien entendu la rareté et la variabilité des précipitations atmosphérique. Évidemment, l'aridité est le résultat de la sécheresse

L'aridité a de fortes implications hydrologiques et édaphiques dont elle est indissociable (**AGGOUSSINE, 2003**). En effet, pour une répartition identique de la pluviosité au cours de l'année et pour une même hauteur annuelle des précipitations efficaces, les différents types de sols ne présentent pas les mêmes réactions à l'aridité climatique. C'est ainsi que certains sols permettent au végétal d'avoir une période de végétation plus longue et ceci uniquement en fonction des caractéristiques physico- chimiques de leurs horizons (**FLORET et PONTANIER, 1984**)

### 1.2.2. Causes de l'aridité

L'aridité n'est pas due uniquement au climat, mais essentiellement à une action humaine (le déboisement, l'incendie, le pâturage intensif, etc.) : la dégradation anthropique du tapis végétal entraîne une augmentation des maximums des températures et celle du sol à pour effet de diminuer les capacités de stockage de l'eau : ce type de dégradation concluent **STEWART (1968)**, **DAGET (1977)**, **POUGET (1980)**, **FLORET et PONTANIER (1982)**, conjuguent les effets pour renforcer l'aridité d'origine climatique.

L'aridité est due à la présence d'un air sec descendant. Aussi la trouve-t-on surtout dans des lieux où les conditions anticycloniques sont persistantes, comme c'est le cas dans les régions situées sous les anticyclones des zones sub-tropicales **DAGET (1977)**.

Les conditions arides se rencontrent du côté sous le vent des grandes chaînes de montagne qui déstructurent les cyclones lorsqu'ils passent par-dessus elles, créant des effets "d'ombre" où la pluie ne tombe pas. D'autre part, la présence de surfaces de terres fortement chauffées empêche également les précipitations ; aussi existe-t-il loin de la mer de vastes étendues de climat sec **DAGET (1977)**.

## 1.2.2 Les environnements arides

Les environnements arides sont des régions diverses par leurs formes de terrain, leurs sols, leur faune, leur flore, leurs équilibres hydriques et les activités humaines qui s'y déroulent, et dont l'élément en commun est l'aridité.

Selon Le **HOUEROU (1995)**, il est difficile de définir un milieu aride, une telle définition tient compte des notions diverses relevant de la climatologie, de la morphologie et de la biologie (surtout végétale), Cependant, la zone aride est caractérisée à la fois par son climat toujours peu pluvieux, et parfois très sec, et très irrégulier, et par sa végétation herbacée ou frutescente, rarement arborée.

## 1.2.3 Classement des zones aride en fonction de l'aridité

Le milieu aride est subdivisé en zone désertique (hyper aride), zone aride proprement dite et zone sub-aride (semi-aride), en fonction des conditions climatiques, et, partant, des caractères de la végétation, à chacune d'elles correspondent des sols typiques (**AUBERT, 1960**).

L'aridité est exprimée par le rapport P/ETP, P : les précipitations, ETP : les évapotranspirations. Sur cette base **LE PNUE (1997)** a défini les catégories suivantes :

### 1.2.3.1 Régions sub-humides sèches P/ETP 0.65-0.50

Ce sont des régions à régime pluviométrique saisonnier où l'agriculture pluviale est possible et fortement répandue, ce sont des régions exposées à une aridification progressive sous l'effet d'actions anthropiques.

### 1.2.3.2 Régions semi arides P/ETP 0.50-0.20

Les précipitations annuelles sont de 500 mm, C'est le domaine des steppes buissonnantes avec plus ou moins une grande fréquence de graminées pérennes. Régions propices à l'élevage et à l'agriculture sédentaires.

### 1.2.3.3 Régions arides P/ETP 0.05-0.20

Régions où les précipitations annuelles ne dépassent pas 200 mm, la végétation naturelle est clairsemée, dominée par des espèces épineuses ou succulentes. L'élevage sédentaire est encore possible mais pas d'agriculture sans irrigation.

### 1.2.3.4 Régions hyper arides P/ETP <0.05

C'est le désert vrai et les périodes de sécheresse peuvent dépasser 12 mois, la productivité biologique y est très faible et la seule activité viable demeure le pastoralisme nomade. La végétation naturelle se réfugie surtout dans les cours d'eau.

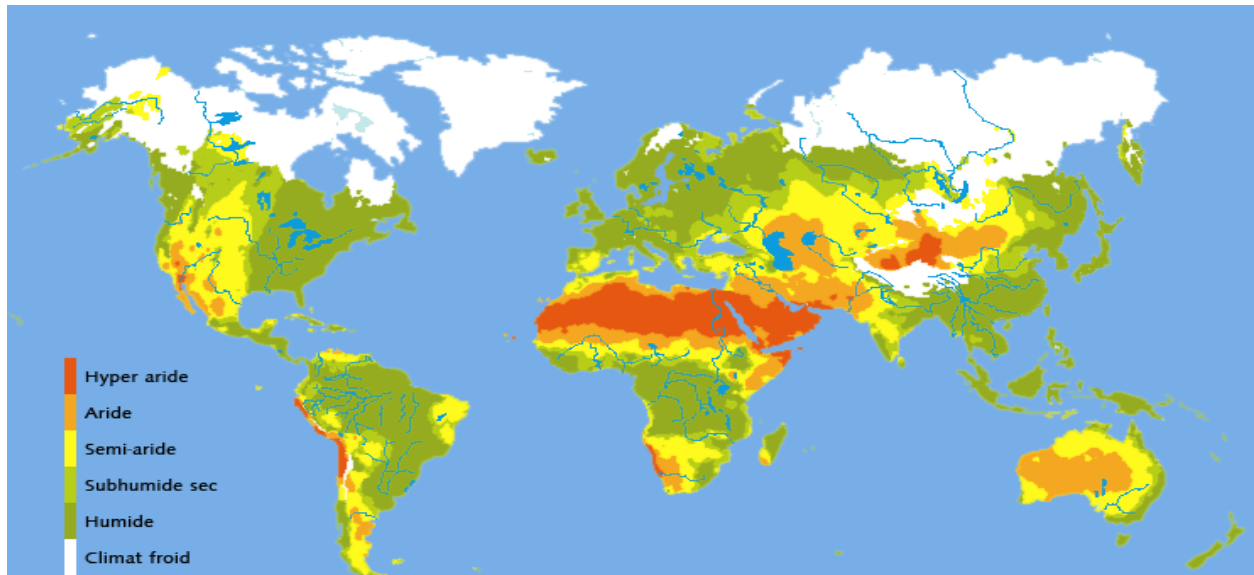
## 1.2.4 Répartition des environnements arides

### 1.2.4.1 Dans le monde

**WRI (2002)** classe la zone aride par les valeurs du rapport ratio précipitation annuelle / évapotranspiration potentielle moyenne annuelle. Selon l'Atlas mondial de la désertification

(1997), 47 % de la surface terrestre appartient aux régions sèches ce qui équivaut à 6,45 milliards d'hectares. Elles se répartissent dans toutes les grandes régions de la planète :

- ✓ La zone hyper aride couvrant environs 11 millions de Km<sup>2</sup>, soit 8% des terres totales et elle correspond principalement au désert du Sahara.
- ✓ Les zones arides, semi-arides et subhumides sèche et couvrent près de 54 Km<sup>2</sup>, se rencontrent surtout dans continents, mais elles sont principalement concentrées en Asie et Afrique.



**Figure 10** : Carte mondiale des zones arides (source : [www.suds-en-ligne.ird.fr](http://www.suds-en-ligne.ird.fr) 2016)

Dans les zones arides du monde, des ressources hydrauliques importantes sont disponibles mais elles sont de qualité médiocre ou saumâtre.

#### 1.2.4.3 En Algérie

Selon **HALITIM (1988)**, la zone aride couvre près de 95% du territoire algérien, dont 89,5% dont le domaine hyper aride dit saharien (**NEDJRAOUI, 2003**). La classification bioclimatique d'Emberger et sauvage a été largement adoptée en régions méditerranéennes. Cinq étages du bioclimat méditerranéen ont été définis pour l'Algérie : Saharien, aride, semi-aride, subhumide et humide.

Selon le **HOUEROU (1995)**, la superficie des zones arides en Algérie est de 216000 Km<sup>2</sup>, et 386000 Km<sup>2</sup> de zones hyper arides supérieur (**Tableau 02**).

Tableau02: Superficies des zones arides d'Algérie

Pluviosité moyenne (mm)	La superficie (10 <sup>3</sup> Km <sup>2</sup> )
Semi- aride à humide P> 400	181
Aride supérieur 400> P> 300	59
Aride moyenne 300> P> 200	70
Aride inférieur 200> P> 100	87
Zone aride totale	216
Hyper aride supérieur	386

Source : LE HOUEROU (1995)

Selon HALITIM (1988), les sols des régions arides se caractérisent par :

- Des sols en général peu fertiles, peu profonds, trop calcaires ou trop gypseux, salés, pauvres en matière organique, à structure défavorable.
- Un pH basique et une voie de salinisation neutre.
- Une sensibilité à la dégradation et à la désertification.

Le climat se distingue par des précipitations qui varient entre l'été et l'hiver et également d'une année à l'autre. Il est caractérisée par une longue période de sécheresse estivale variant de 3 à 4 mois sur le littoral, de 5 à 6 mois au niveau des Hautes Plaines et supérieure à 6 mois au niveau de l'Atlas Saharien, reflétant l'aridité du milieu (NEDJRAOUI, 2003).

Les caractères édaphiques et climatiques déterminent les potentialités agricoles des zones. La variabilité de la production en zone aride est en fonction de la texture du sol, des paramètres pluviométriques et des techniques de gestion (LE HOUEROU, 1992). Les techniques culturales destinées à réduire l'évaporation du sol, à augmenter son taux d'infiltration, à éliminer la compétition des mauvaises herbes et à réduire la transpiration de l'arbre par des tailles sévères en année sèche sont toutes utilisées dans le cadre d'une stratégie destinée à limiter l'impact de la variabilité pluviométrique, c'est-à-dire de la sécheresse (LE HOUEROU, 1992).

Selon LE HOUEROU (1992), l'isohyète de 400 mm constitue la limite bioclimatique supérieure des steppes et la limite inférieure de la culture commerciale des céréales, avec une récolte assurée 4 années sur 5, ainsi que des cultures fourragères et des pâturages semés. La culture céréalière pluviale au-dessous de l'isohyète de 400 mm a été abandonnée au profit de l'élevage ou à l'arboriculture fruitière avec l'olivier.

#### 1.2.4.2 Les systèmes de production dans la méditerranée ; cas de hautes plaines Sétifiennes

Le bassin méditerranéen est dominé par l'agriculture pluviale. La culture la plus pratiquée est celle des céréales d'hiver, blé et orge, en rotation avec une jachère qui peut durer de 16 à 18 mois. Lorsque l'humidité le permet, les céréales sont accompagnées de l'olivier, l'amandier et la vigne. En présence d'irrigation la diversification et l'intensification se pratiquent :

Arbres fruitiers (pommiers, poiriers, pêchers, agrumes, oliviers), légumes (fèves, lentilles, pois chiche), fourrages (vesce, luzerne), pomme de terre, cultures industrielles (tournesol, betterave, coton, colza). Les zones les plus arides sont dédiées à l'élevage extensif. Sur les rives sud de la Méditerranée, l'élevage est pratiquement présent dans tous les agroécosystèmes ; son interaction avec les cultures est forte, notamment dans les zones céréalières où il a été et continue d'être la

principale sinon la seule base de l'activité économique de ces régions (**CANTERO-MARTÍNEZ et GABIÑA, 2004**).

L'occupation de l'espace rural méditerranéen se caractérise par une dualité croissante entre l'espace de plaine cultivé intensivement par les productions arboricoles ou viticoles et soumis à l'urbanisation, et les espaces marginaux d'arrière-pays traditionnellement voués à l'élevage. Il en résulte au Nord une forte diminution des activités d'élevage avec abandon progressif de l'espace rural, défrichement et risques d'incendies (**GINTZBURGER et al., 1990; HUBERT et al., 1993**), et au Sud de la Méditerranée, un repli de l'élevage sur des espaces de moins en moins productifs, élevage qui ne peut se développer pour répondre à la demande qu'en faisant appel à la complémentation généralisée et à une pression croissante sur les espaces pastoraux (**LE HOUÉROU, 1992**).

Les hautes plaines sétifiennes sont habituellement présentées comme un terroir dominé par les céréales pluviales, blé et orge, et l'élevage ovin. Le système de culture est basé sur une rotation céréale/jachère. La jachère occupe actuellement 40 % de la surface agricole utile (**ABBAS et ABDELGUERFI, 2005**).

Le système céréale/jachère/fourrage est présent dans les moyennes et grandes exploitations, notamment en dessous de 400 mm. le système céréale/céréale semble spécifique des petites et moyenne exploitations (**LAHMAR et BOUZERZOUR, 2010**). Toutes ces jachère semble être des jachère pâturés, le système blé dur jachère travaillées typique de dry-farming se concentrerait plus dans la zone recevant plus de 400 mm et de manière plus marquée dans les exploitations de taille supérieure à 50 ha, mieux structuré et ayant accès au matériel agricole et aux intrants (**LAHMAR et BOUZERZOUR, 2010**).

## 1.2.5 Stress et adaptation des céréales aux environnements arides

### 1.2.5.1 Notion de stress

Le stress chez les plantes apparaît avec des significations différentes en biologie, qui convergent principalement en attribuant le stress à n'importe quel facteur environnemental défavorable pour une plante (**LEVITT, 1982**).

Selon **JONES et al., (1989)**, un stress désigne à la fois l'action d'un agent agresseur et les réactions qu'il entraîne dans l'organisme agressé, une force qui tend à inhiber les systèmes normaux. D'autre part, les stress environnementaux nés de la fluctuation des facteurs abiotiques (sécheresse, salinité, température) affectent les conditions de croissance, le développement et le rendement des plantes (**MADHAVA RAO et al., 2006**).

**LA ROUSSE AGRICOLE (2002)** définit le stress comme étant une agression ou contrainte provoquée sur une plante par des variations des facteurs climatiques ou liés au sol. On parle par exemple de stress hydrique (manque d'eau), de stress thermique (chaud ou froid), de stress salin (brusque élévation de la teneur en sel dans le milieu racinaire), de stress azoté (carence momentanée en azote), de stress lumineux (intensité lumineuse excessive). Nous nous contenteront d'étudier les stress lié à la température et manque d'eau.

#### 1.2.5.1.1 Le stress thermique

Le stress thermique est souvent défini quand les températures sont assez hautes ou basses pendant un temps suffisant pour qu'elles endommagent irréversiblement la fonction ou le développement des plantes (**HOPKINS, 2007**). La contrainte thermique est une fonction complexe qui varie selon l'intensité (degré de la température), la durée et les taux d'augmentation ou de diminution de la température (**OUKARROUM, 2007**).

La gamme de températures compatibles avec une vie active est assez étroite : en général de -5 ou -10°C à 45°C (**RENÉ, 1977**). Par ailleurs, les températures critiques sont les températures

minima et maxima au-dessous et au-dessus desquelles le végétal est tué (DIEHL, 1975). Elles sont extrêmement variables suivant les espèces et selon le stade de végétation.

#### 1.2.5.1.1.1 Les hautes températures

RAWSON (1988) a montré que l'effet pénalisant de l'élévation de la température est surtout dû au fait que la plante n'arrive pas à absorber les éléments nutritifs et l'eau et les utiliser au rythme imposé par le stress thermique.

L'effet des hautes températures au semis se manifeste par une réduction de la longueur du coléoptile (HAZMOUNE, 2000). KAROU *et al.*, (1998) observent une forte réduction du nombre de plantes levées par unité de surface, suite aux effets des hautes températures automnales. Ces effets s'amenuisent à mesure que le semis est fait tardivement (Fischer, 1985). HAUCHINAL *et al.*, (1993) remarquent une réduction du rendement des semis tardifs, liée à une diminution du nombre d'épi et du poids moyen du grain, causée par les effets des hautes températures. Ils notent aussi que l'effet pénalisant du stress thermique se matérialise par une accélération du développement et une réduction des dimensions des organes constitutifs de la plante. La résultante est un effet négatif sur la productivité globale de la plante. L'élévation de la température, tard au cours du cycle de développement de la plante, et particulièrement après anthèse, est une contrainte à l'augmentation des rendements en zone semi-aride (BOUZERZOUR *et* BENMAHAMMED, 1994).

L'effet des hautes températures se manifeste par une accélération de la sénescence foliaire et l'arrêt de la croissance du grain (DAKHEEL *et al.*, 1993). WARDLAW *et al.*, (1989) montrent que la température optimale pour le développement et le remplissage du grain, varie de 12 à 15 °C pour de nombreux géotypes de céréale à paille. Ils observent une diminution de 3 à 5 % du poids du grain pour chaque degré d'augmentation de la température à partir de la base des 12 à 15 °C. Dans l'écart des moyennes de températures de 12 à 15 °C, une réduction de la durée de remplissage est compensée par une augmentation du taux de remplissage, avec pour effet peu de variation du poids moyen du grain (WARDLAW *et al.*, 1989).

#### 1.2.5.1.1.2 Les basses températures

L'abaissement brutal de la température, en dessous de 0 °C, provoque de nombreuses perturbations au sein du végétal (LEVITT, 1982). 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.

Les dégâts de gel tardif sont très fréquents sur céréales, rendant l'adoption des variétés précoces trop risquée (BOUZERZOUR *et* BENMAHAMMED, 1994).

L'adoption de la stratégie de l'esquive comme moyen pour échapper au stress thermique de fin de cycle, est peu opérante dans le cas où les géotypes précoces sélectionnés ne sont pas génétiquement résistant au froid (MEKHLOUF *et al.*, 2006).

La réversibilité du phénomène n'a lieu que si la structure cellulaire n'est pas fortement endommagée. Lors du dégel, les cellules intactes se réhydratent et redeviennent fonctionnelles (BLOUET *et al.*, 1984). La déshydratation des cellules s'accompagne d'une augmentation de la concentration en substances organiques, et en sels minéraux.

D'après PASSIOURA (1996), si le froid persiste, il y a dessèchement foliaire. Les basses températures réduisent la croissance durant l'hiver alors que les plantes peuvent utiliser plus efficacement l'eau stockée dans le sol suite à la faible demande climatique qui caractérise cette période (MADHAVA RAO *et al.*, 2006).

### 1.2.5.1.1.3 Le stress hydrique

Le stress hydrique est l'un des stress environnementaux les plus importants, affectant la productivité agricole autour du monde (**BOYER, 1982**). Il occupe et continuera d'occuper une très grande place dans les chroniques agro-économiques. C'est un problème sérieux dans beaucoup d'environnements arides et semi-arides, où les précipitations changent d'année en année et où les plantes sont soumises à des périodes plus ou moins longues de déficit hydrique (**BOYER, 1982**).

## 1.2.6 Concepts de la sécheresse

### 1.2.6.1 Définition

Le terme général de sécheresse recouvre des notions différentes. Nous distinguerons donc un manque d'eau ponctuel (sécheresse) d'un déficit d'eau structurel traduisant une aridité (**GAUFICHON et al., 2010**)

D'après **PASSIOURA (1996)**, la sécheresse est les circonstances dans lesquelles les plantes accusent une réduction de croissance et de production causée par une alimentation hydrique insuffisante des tissus. Alors que **MCKAY (1985)**, la définit comme étant un déficit marqué qui réduit significativement les rendements agricoles par rapport à la normale pour une région de grande étendue.

**CRUISAT (1980)** in **CASALS (1996)** considèrent qu'une plante est en situation hydrique limitant quand son évapotranspiration réelle est inférieure à l'évapotranspiration maximale. L'intensité et l'avènement de ce stress sont d'autant plus imprévisibles que l'aridité s'accroît (**JOUE, 1984**), ce qui engendre l'instabilité des rendements en grains (**RUIVENKAMP et RICHARDS, 1994**).

Les différents éléments quantitatifs peuvent caractériser la sécheresse sont (**JONES ,1992**) :

- La durée sécheresse intermittente ou prolongée) ;
- La période d'occurrence ;
- L'extension géographique ;
- La dynamique de mise en place (brutale ou progressive) ;
- L'époque d'adaptation par rapport au cycle cultural s'agissant des conséquences pour l'agriculture.

### 1.2.6.2 Les types de sécheresse

Au-delà du seul déficit pluviométrique, on est amené à distinguer :

#### 1.2.6.2.1 La sécheresse édaphique ou agronomique

Selon **ANNEROSE (1990)**, la sécheresse agronomique est la manifestation de périodes de déficit hydrique dans le sol, la plante ou l'atmosphère, provoquant une baisse de la productivité .Elle est causée par une insuffisance de l'eau dans le réservoir superficiel du sol pendant la saison de culture. Elle se manifeste lorsque la faible humidité du sol, associée à la rareté de l'eau la croissance végétale, diminue les rendements et met en danger le bétail (**GAUFICHON et al., 2010**).

#### 1.2.6.2.2 La sécheresse hydrologique

C'est la baisse du débit des cours d'eau, du niveau de remplissage des barrages, de la recharge des nappes phréatiques (**BIED-CHARRETON, 2007**). Elle est causée par une reconstitution déficiente des réserves hydrographiques, résultant plutôt de l'insuffisance des pluies hors des saisons de culture (**GAUFICHON et al., 2010**).

### 1.2.6.2.3 La sécheresse météorologique (climatologique)

C'est une sécheresse (climatologique) qui est, tout simplement, un déficit pluviométrique prolongé. C'est un phénomène naturel dû à des causes multiples, qui varient d'une région à l'autre (JONATHAN et ANGELA, 2006). On parlera surtout du << nombre de jours sans pluies >>.

Elle est définie par BIED-CHARRETON(2007) comme étant le temps écoulé entre deux pluies efficaces, C'est-à-dire capables d'apporter réellement de l'eau dans sol .L'état de sécheresse est signalé quand le pluviomètre annuelle est en dessous de 20% de la normale (BIED-CHARRETON ,2007).

### 1.2.6.2.4 La sécheresse socio-économique

On parle de sécheresse socio-économique lorsque l'insuffisance d'eau commence à affecter les gens et leurs vies. Elle associe les biens économiques et l'élément de la sécheresse météorologique, agricole, hydrologique et même forestière (KARROU, 2006).

Elle diffère fortement des autres types de sécheresse du fait qu'elle reflète la relation entre l'offre et la demande de certaines denrées ou certains biens économiques (eau, fourrage pour le bétail, énergie hydrologique ,etc.) qui sont tributaires des précipitations .

L'offre varie annuellement en fonction des précipitations ou de l'eau disponible. La demande varie également et est associée à une évolution positive due, par exemple, à une augmentation de la population, au développement ou à d'autres facteurs (OMM, 2006).

## 1.2.7 Adaptation des céréales aux environnements arides

### 1.2.7.1 Notion d'adaptation

L'adaptation fait suite à l'action modificatrice des facteurs extérieurs qui influencent le comportement et la structure de plante. L'adaptation est définie aussi comme la capacité d'une plante à croître et à donner des rendements satisfaisants dans des zones sujettes à des stress de périodicités connues PAPADAKIS J.S. (1938).

La notion d'adaptation se confond parfois avec celles de résistance et de tolérance au stress. En fait l'adaptation n'est que la résultante de la tolérance aux contraintes. Une plante adaptée est donc celle qui tolère ou résiste à un stress donné et réussit à produire à un niveau satisfaisant par rapport à une plante qui sera dite non adaptée (CECCRARELLI, 1987).

Selon BERTHET (2006), l'adaptation c'est la modification d'une structure ou d'une fonction favorable à la survie de l'individu ou à sa multiplication dans un milieu donné.

On a trois types d'adaptation :

#### 1.2.7.1.1 Adaptations 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 génotypes tardifs (BAJJI, 1999). De ce fait le rendement grain est positivement corrélé à la précocité d'épiaison (GONZALEZ, 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).

#### 1.2.7.1.2 Adaptations Morphologiques

L'adaptation peut prendre forme, suite à des modifications d'ordre morphologiques pour améliorer l'absorption de l'eau, et/ou diminuer la transpiration et la compétition entre organes pour

les assimilâtes 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 dépensières en eau (SLAFER *et al.*, 2005).

### 1.2.7.1.3 Adaptations 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 maintien d'un potentiel hydrique élevé est lié à l'aptitude à extraire l'eau du sol et à la capacité à limiter les pertes d'eau par transpiration (TURNER, 1986). La diminution de la transpiration engendre la réduction de la photosynthèse, et donc du rendement. Cependant, il apparaît que les géotypes qui ont la capacité photosynthétique intrinsèque la moins affectée par le déficit hydrique présentent une meilleure efficacité.

### 1.2.7.2 Caractères d'adaptation

La plupart des caractères végétatifs sont influencés par les conditions climatiques et agronomiques et qu'ils peuvent subir sur le terrain des modifications, comme il a été souligné par L'UPOV (1994 B) et certains auteurs comme GODON et LOISEL (1997) et BOUFENAR-ZAGHOUANE et ZAGHOUANE (2006). Ces modifications peuvent être :

Des fluctuations (modifications non héréditaires) qui sont dues à l'influence du milieu (la hauteur de la plante, les différences de glaucescence, la longueur des barbes, la longueur des épis, les caractères du bec et de la troncature des glumes et des glumelles...etc.).

**Des variations génétiques (modifications génétiques héréditaires)** cela veut dire que quel que soit l'année ou le milieu, l'aspect du caractère se maintient (la couleur et la forme du grain...etc.).

### 1.2.7.2.1 Caractères phénologiques

Selon CLÉMENT (1981) la phénologie c'est l'étude de la chronologie des stades de la vie végétale, en relation avec le temps et le climat. BERTHET (2006) définit la phénologie comme l'étude des relations entre les variations climatiques saisonnières et les phénomènes biologiques périodiques (germination, floraison, migration, reproduction).

Les paramètres phénologiques d'adaptation ou bien les paramètres de précocité définissent le calage du cycle vis-à-vis des contraintes environnementales. En jouant avec ces paramètres il est possible d'éviter la coïncidence des phases critiques du cycle avec les dates d'occurrence maximales de certains accidents climatiques (hautes températures, déficit hydrique). Ils renvoient au concept d'évitement, ou d'esquive, ou de tolérance définie par LEVITT (1972).

La précocité constitue donc un important mécanisme d'évitement. Ceci peut être réalisé soit par la voie des techniques culturales (choix de la date de semis), soit par la voie génétique (sélection de variétés précoces). La précocité à l'épiaison peut donc être utilisée comme critère de sélection pour améliorer les productions dans les zones sèches (BENLARIBI, 1990 ; BEN SALEM *et al.*, 1997). Chez les céréales, la période la plus sensible au déficit hydrique élevé est celle qui va de la

formation du grain de pollen (stade gonflement) à la fécondation. Tout déficit hydrique survenant à ce moment affecte le nombre de grains/épillet (**GATE et al., 1990**).

### 1.2.7.2.2 Caractères morfo- physiologiques

#### 1.2.7.2.2.1 Hauteur de la plante

La hauteur de la plante apparaît comme un critère de sélection important particulièrement pour les zones arides. **MEZIANI et al., (1992)**, considèrent que la recherche de la tolérance à la sécheresse passe par l'augmentation de la hauteur de la paille. Ceci se justifie, par trois points principaux :

-Les variétés à paille haute ont une meilleure adaptation au déficit hydrique (**BEN ABDALLAH et BEN SALEM., 1993**) car, dans ces conditions ils ont l'aptitude à remplir un grain qui est lié, chez un génotype donné, aux quantités d'assimilates stockés dans la tige et en particulier au niveau du col de l'épi, et à la capacité de remobiliser ces réserves (**BLUM, 1988**).

-La taille élevée du chaume est souvent associée à un système racinaire profond et donc à une meilleure extraction de l'eau du sol (**BAGGA et al., 1970**).

-Le poids du grain se forme à partir de l'activité photosynthétique et des translocations des réserves acquises et stockées pendant la montaison essentiellement au niveau de la tige (**GATE et al., 1990**).

#### 1.2.7.2.2.2 Longueur du col d'épi

Ce paramètre est considéré comme un critère de sélection de génotypes tolérants au déficit hydrique (**FISCHER et MAURER, 1978**).

Son rôle est important dans l'amélioration du rendement. Ce rôle peut s'expliquer, d'une part par la photosynthèse courante, et d'autres part, par la migration des quantités d'assimilates stockés à son niveau (**GATE et al., 1990**).

#### 1.2.7.2.2.3 Surface foliaire

**KIRKHAM et al. (1980)** suggèrent qu'une surface foliaire réduite peut être avantageuse, du fait qu'elle réduit effectivement les pertes en eau totale de la plante. Alors que **JOHANSON et al. (1983)**, concluent que les plantes à surface foliaire plus grande peuvent tolérer la déshydratation en maintenant le potentiel hydrique élevé.

La feuille étandard est l'organe principal donneur des photo synthétats nécessaires au développement du grain de blé (**PATRICK et WARDLAW, 1984**). La durée de vie de cette feuille est estimée par sa surface verte qui apparaît comme un révélateur du niveau de fonctionnement de l'appareil photosynthétique en présence du déficit hydrique (**GATE et al., 1992**).

La surface foliaire est déterminée par la phénologie, la morphologie de la tige, la moyenne de l'émergence foliaire et le niveau du potentiel hydrique foliaire (**BLUM, 1996**). Ce dernier, ajoute que la variation de la surface foliaire est un moyen important, les plantes stressées tendent à maintenir le contrôle de l'utilisation d'eau. C'est ainsi que la diminution de photosynthèse observée chez le sorgho (à un taux allant de 14 à 26 %) sujet à un stress, est due beaucoup plus à la réduction de la surface foliaire qu'à la réponse stomatique. Cette diminution s'explique par la réduction de l'activité de l'expansion des cellules méristématiques (réduction de la division cellulaire).

#### 1.2.7.2.2.4 Port de la feuille

**BOROJOVIC et DENICIC (1986)** montrent que les feuilles verticales et les feuilles étroites sont plus aptes à tolérer un stress hydrique que les feuilles larges.

Selon **PORCEDDU et al. (1992)** les feuilles inclinées peuvent maintenir leur température modérée, même pendant les heures d'irradiations les plus élevées et maintenir une photosynthèse à un niveau élevé aux heures où le soleil est bas (ce qui ne peut se faire pour un feuillage à l'horizontale). Il en ressort une importance du port de la feuille qui est étroitement lié à l'état hydrique.

#### 1.2.7.2.2.5 Longueur de l'épi

L'épi a une fonction photosynthétique importante au cours du remplissage du grain (**FEBRERO et al., 1990**); sa contribution à la photosynthèse de la plante entière varie de 13 % (**BISCOPE et al., 1975**) à 76 % (**EVANS et RAWSON, 1970**) ; en cas de stress hydrique, il participe même plus activement à la photosynthèse que la feuille étendard (**JOHANSON et MOSS, 1976**) en raison de la sénescence des feuilles, des caractéristiques particulières de son fonctionnement photosynthétique (**FEBRERO et al., 1990**) et en particulier de sa transpiration élevée (**BLUM, 1985**), de la proximité source puit (**CARRE et WARDLAW, 1985**) et de la meilleure capacité d'ajustement osmotique de l'épi (**MORGAN, 1984**).

Le rôle essentiel des épis (et en particulier des glumes) en tant qu'organes photosynthétiques a enfin été confirmé chez le blé à l'aide de la méthode de discrimination isotopique de carbone (**ROMAGOSA et ARAUS, 1990**).

#### 1.2.7.2.2.6 Présence de barbes

La présence de barbes est un caractère souvent considéré en cas de déficit hydrique. En effet, la présence de barbes, par leurs port dressé et leur position au voisinage immédiat de la graine augmente la possibilité d'utilisation de l'eau et l'élaboration de la matière sèche lors de la phase de formation du grain surtout après la sénescence des feuilles étendards (**MONNEVEUX et NEMMAR, 1986** ; **GATE et al., 1992**).

#### 1.2.7.2.2.7 Glaucescence, cire et pilosité

La glaucescence se caractérise par une pellicule poudreuse- cireuse donnant un aspect blanc-bleuté (**ANONYME, 1991**).

Elle permet à la plante de se protéger contre la sécheresse en diminuant sa transpiration qui s'accroît par un temps sec (**UPOV, 1994**).

Donc la glaucescence est un caractère qui réduit le taux de perte d'eau (transpiration cuticulaire) en condition de déficit hydrique et qui influence fortement le rendement et l'EUE en retardant la sénescence foliaire (**RICHARD et al., 1986**; **LUDLOW et MUCHOW, 1990**).

La production de cire est liée à des facteurs environnementaux : faible humidité, forte radiation lumineuse, et réduction de la disponibilité de l'eau du sol (**LEVITT, 1980** ; **JOHANSON et al., 1983**). Chez le blé, la réduction des pertes d'eau s'obtient en partie par la mise en place des barrières morphologiques des tissus foliaires dont les cires, caractère génétique ayant la faculté de s'extérioriser et de mieux s'exprimer en condition de déficit hydrique (**QARIANI et al., 1997**).

La pilosité des feuilles et des tiges, la glaucescence et la présence de cires sont considérées comme des facteurs d'adaptation à la sécheresse ; elles sont associées à un abaissement de la température des feuilles et à une réduction de la transpiration (**CECCARELLI, 1987** ; **QARIANI et al., 1997**). Ces caractères induisent une augmentation de la réflectance des radiations incidentes

et limitent donc les pertes d'eau par transpiration (ANDERSON *et al.*, 1984; ARAUS *et al.*, 1997; QARIANI *et al.*, 1997).

### 1.2.7.3 Mécanismes d'adaptation des plantes au stress hydrique

Pour lutter contre le manque d'eau, les plantes développent plusieurs stratégies adaptatives qui varient en fonction de l'espèce et des conditions du milieu (esquive, évitement et tolérance) (TURNER, 1986 A). La résistance d'une plante à une contrainte hydrique peut être définie, du point de vue physiologique, par sa capacité à survivre et à s'accroître et du point de vue agronomique, par l'obtention d'un rendement plus élevé que celui des plantes sensibles (MADHAVA RAO *et al.*, 2006). La résistance globale d'une plante au stress hydrique apparaît comme le résultat de nombreuses modifications phénologiques, anatomiques, morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires qui interagissent pour permettre le maintien de la croissance, du développement et de production (HSISSOU, 1994).

#### 1.2.7.3.1 Adaptation phénologique

Pour éviter les périodes difficiles pour la croissance et le développement, certaines variétés accomplissent leur cycle de développement avant l'installation de stress hydrique.

La précocité constitue donc un important mécanisme d'évitement au stress hydrique de fin de cycle (BEN NACEUR *et al.*, 1999). Dans ces conditions, les paramètres phénologiques d'adaptation ou paramètres de précocité définissent le calage du cycle vis-à-vis des contraintes environnementales (BEN NACEUR *et al.*, 1999). 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 génotypes tardifs (BAJJI, 1999). Le rendement en grains est positivement corrélé à la précocité d'épiaison (GONZALEZ *et al.*, 1999).

En effet, les variétés qui ont une vitesse de croissance élevée ont la capacité de mieux utiliser les sources nutritives à la fin du cycle de développement lorsque celles-ci deviennent limitantes (POORTER, 1989). La précocité à l'épiaison peut donc être utilisée comme critère de sélection pour améliorer la production dans les zones sèches. C'est l'un des traits les plus importants dans l'adaptation des plantes au stress hydrique (BEN SALEM *et al.*, 1997).

#### 1.2.7.3.2 Adaptation morphologique

L'effet du stress hydrique peut se traduire, selon la stratégie adaptative de chaque espèce ou génotype, par des modifications morphologiques pour augmenter l'absorption d'eau et pour diminuer la transpiration et la compétition entre les organes pour les assimilés. Ces modifications affectent la partie aérienne ou souterraine (BAJJI, 1999).

##### ➤ Au niveau de la plante

La diminution de la surface foliaire des feuilles et du nombre de tiges est considérée comme une réponse ou adaptation au manque d'eau (BLUM, 1996). Chez le blé, l'enroulement des feuilles chez certaines variétés peut être considéré comme un indicateur de perte de turgescence en même temps qu'un caractère d'évitement de la déshydratation, il entraîne une diminution de 40 à 60 % de la transpiration (AMOKRANE *et al.*, 2002).

La longueur des barbes est un paramètre morphologique qui semble également étroitement lié à la tolérance au stress hydrique (HADJICHRISTODOULOU, 1985). La hauteur de la plante apparaît comme un critère de sélection important particulièrement dans les zones arides, ceci s'expliquerait par là qu'une paille haute s'accompagne souvent d'un système racinaire profond ce qui conférerait à la plante une capacité d'extraction de l'eau supérieure (BAGGA *et al.*, 1970). Les

plantes à enracinement superficielle et peu dense souffrent plus du déficit hydrique que ceux à enracinement profond (EL HASSANI et PERSOONS, 1994).

#### ➤ Au niveau structurel

Une des principales modifications structurelles observées sur des plantes ayant subi un stress hydrique, concerne l'altération des propriétés physico-chimiques des parois cellulaires (DIXON et PAIVA, 1995). Ces changements peuvent être induits par des modifications au niveau des enzymes impliquées dans la biosynthèse des monolignols ou dans leur assemblage dans la paroi. L'augmentation de l'expression de ces gènes peut être reliée à l'arrêt de la croissance et à l'épaississement de la paroi (DIXON et PAIVA, 1995).

Un autre composant majeur de la paroi correspond aux composés issus de la polymérisation des sucres (cellulose et hémicellulose). XU *et al.*, (1996) ont mis en évidence des modifications au niveau de l'hémicellulose via, notamment, la modulation de l'expression d'une famille multigénique appelée XET (xyloglucane endo-trans-glucanase).

Les XET effectuent des coupures internes dans les polymères de xyloglucanes, pour ensuite lier les fragments générés à d'autres chaînes de xyloglucanes (XU *et al.*, 1996). BRAAM *et al.*, (1997) ont proposé l'idée qu'à l'instar des gènes impliqués dans la lignification, les XET pourraient intervenir dans l'altération des propriétés (exemple: extensibilité) de la paroi lors des stress abiotiques et notamment hydriques.

#### 1.2.7.3.3 Adaptation physiologique

La stratégie de la tolérance est mise en œuvre par les plantes grâce à l'abaissement du potentiel hydrique qui maintient la turgescence (SORRELLS *et al.*, 2000). Les mécanismes intervenant dans la tolérance assurent l'hydratation cellulaire et diminuent la perte en eau en maintenant un statut hydrique favorable au développement foliaire. La réduction des pertes en eau par la fermeture stomatique est un moyen d'adaptation des plantes au stress. Cette diminution de la transpiration engendre une réduction de la photosynthèse. Les génotypes qui ont la capacité photosynthétique intrinsèque la moins affectée par le stress présentent une efficacité de l'utilisation de l'eau élevée et une plus grande capacité de survie (ARAUS *et al.*, 2002).

L'adaptation à des milieux aux régimes hydriques variables est en partie associée à l'ajustement osmotique (RICHARDS *et al.*, 1997). L'ajustement osmotique constitue le processus majeur permettant à la cellule de maintenir sa turgescence sous contrainte hydrique (ZHANG *et al.*, 1999). L'ajustement osmotique est réalisé grâce à une accumulation des solutés conduisant à un maintien du potentiel de turgescence. Les solutés responsables de la régulation osmotique sont essentiellement des acides organiques, des acides aminés (proline, glycine bêtaïne), des sucres solubles et certains constituants inorganiques (RICHARDS *et al.*, 1997).

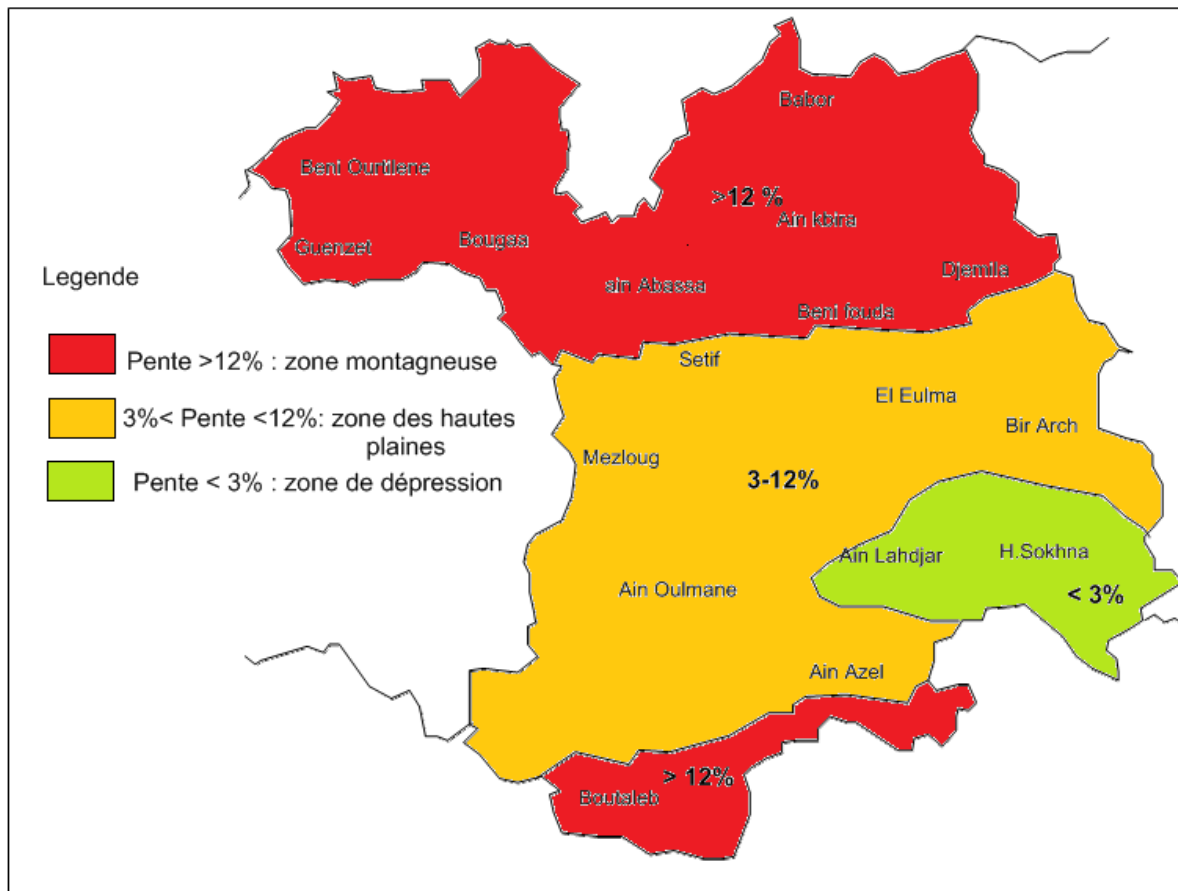


## 2.1.2 Milieu Physique

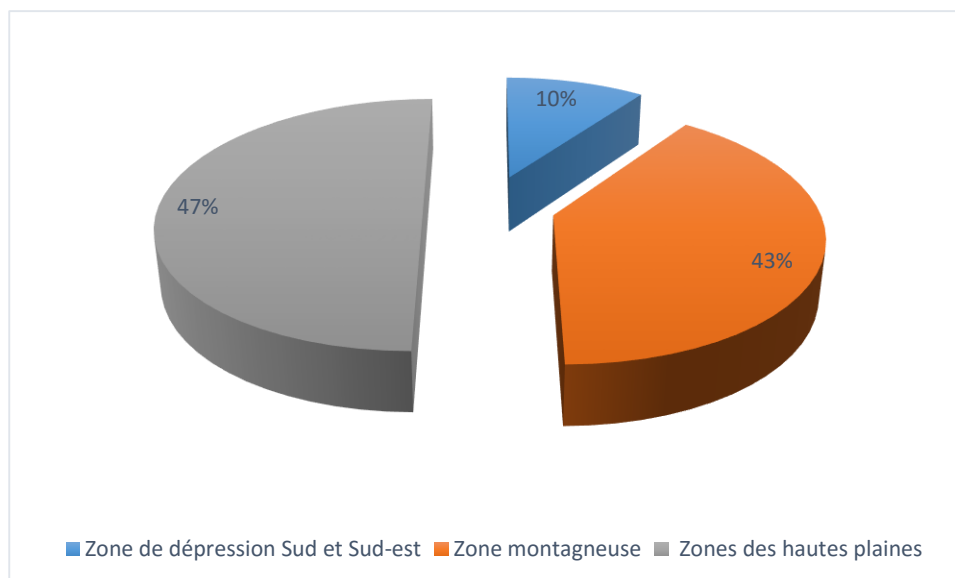
### 2.1.2.1 Relief

La wilaya de Sétif est appelée capitale des hauts plateaux, elle est décomposée de 3 grandes Zones (Figure 12) :

- La zone montagneuse.
- Les hautes-Plaines.
- La frange semi-aride.



**Figure 12:** Carte des reliefs de la wilaya de Sétif (DSA Sétif 2004).



**Figure 13:** Répartition des zones agro-écologiques de la wilaya de Sétif (DSA de Sétif, 2011).

#### 2.1.2.1.1 Zone montagneuse

Cette zone occupe 2.871,61km<sup>2</sup> soit 43,84% de la superficie de la wilaya avec 34 communes. (ZEROUG, 2012). Trois (3) masses montagneuses sont rencontrées :

- *Les monts de Babor* : Représentée par la chaîne des Babors qui s'étend sur une centaine de kilomètres couvrant pratiquement le Nord de la wilaya où se rencontrent des cimes élevées dont djebel Babor avec 2004 m d'altitude. C'est le domaine de la petite agriculture dominée par l'olivier et d'autres espèces rustiques (MIHI, 2012).
- *Les monts des Bibans* : dont l'extrémité orientale couvre le Nord-Ouest de la wilaya (MIHI, 2012).
- *Les monts de Hodna*: s'étalent sur le Sud et Sud-Ouest de la wilaya. L'altitude atteint 1.890m à Djebel-Afgane (Boutaleb). La zone montagneuse du Djebel Boutaleb est une zone au relief très escarpé, couverte par une végétation forestière dense .

#### 2.1.2.1.2 Zone des hautes plaines

Cette région s'enferme entre les masses montagneuses. Elle occupe la partie centrale de la wilaya dont la superficie est de 3.217,19km<sup>2</sup> et occupe 22 communes. L'altitude de cette région varie entre 900 et 1200m (ZEROUG, 2012). Elle constitue le déversoir de nombreux petits oueds des hautes plaines. C'est la région de la céréaliculture semi intensive, voire extensive de l'élevage et du maraîchage de saison (MIHI, 2012).

#### 2.1.2.1.3 La frange semi-aride

Située dans le Sud et le Sud-Est de la wilaya, où l'altitude dépasse rarement les 900m. Selon MOUFOUK (1997), cette zone pratiquement plate couvre une superficie de 10% de



- La frange Sud-Est : les sols sont salins avoisinant les chotts et les sebkhas.

2.2.1.2.3 Le climat

L’orientation du relief provoque le blocage des influences maritimes d’autant plus que Sétif se trouve à moins de 100 km à vol d’oiseau de la mer Méditerranée. Ainsi, la wilaya de Sétif se caractérise par un climat continental semi-aride, avec des étés chauds et secs et des hivers rigoureux (figure 15). La saison sèche s’étale sur 4 à 5 mois, de mars à septembre. Elle est très exposée aux risques précoces de sirocco ainsi qu’au gel printanier (BALDY, 1974).

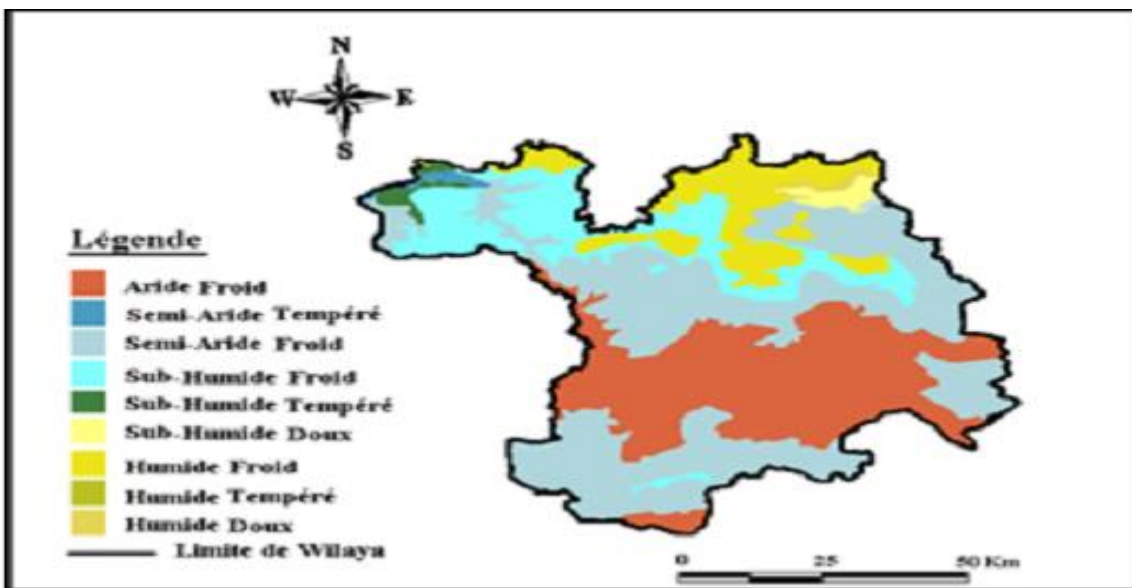


Figure 15: Carte bioclimatique de Sétif. (DGF modifié, 2007)

Les pluies sont insuffisantes et irrégulières à la fois dans le temps et dans l’espace

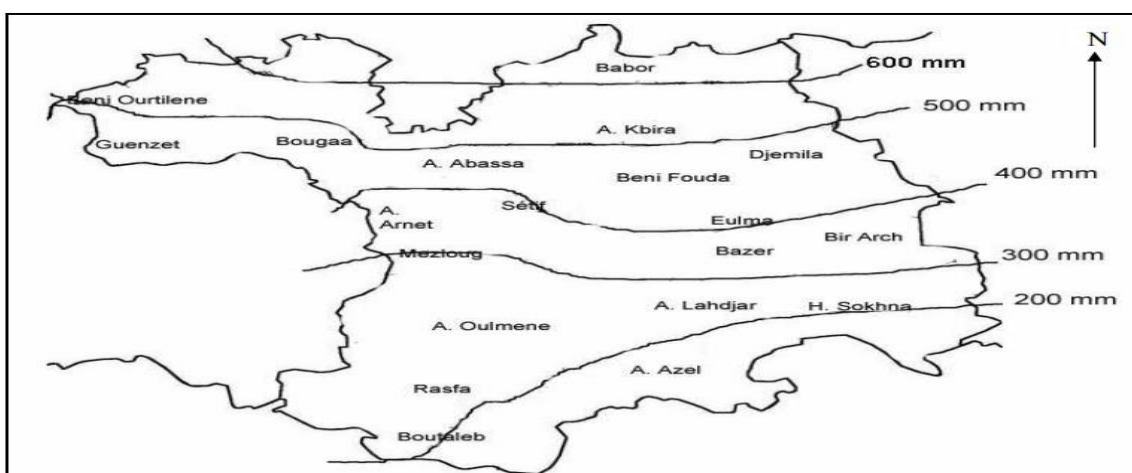


Figure 16: Répartition des niveaux de précipitations dans la région de Sétif (DSA de Sétif 2014)

(Figure16). Lesmonts de Babor sont les plus arrosés avec 700 mm par an. La quantité diminue sensiblement pour atteindre 400 mm en moyenne par an sur les hautes plaines. Par

contre, la zone Sud et Sud-Est sont les moins arrosées ; les précipitations ne dépassant pas les 300 mm .

Les températures moyennes varient selon la saison. Il est noté que la région de Sétif est caractérisée par la longueur de la période de gelée qui peut aller jusqu'à 45 jours par an et des vents de sirocco pendant la saison estivale avec des effets néfastes sur les céréales (DEBECHE, 2010). Les vents sont variables avec une prépondérance des vents Ouest et Nord-Ouest pendant l'hiver (MEBRAK, 2010).

#### 2.1.2.4 Hydrologie

Le réseau hydrographique est organisé autour du dispositif montagneux de la région. La moitié Nord envoie ses eaux de surface vers le bassin méditerranéen par les réseaux de l'Oued Bou Sellam qui rejoint la Soummam, de l'Oued Agrioun, de l'Oued el Kebir, de l'Oued bouSelah et de l'Oued Rhumel (KAABACH et MEBRAK, 2010). Ces réseaux d'Oueds alimentent les barrages et autres retenues collinaires de la région. Le reste possède une hydrographie endoréique centrée sur les Chotts (Figure 17).

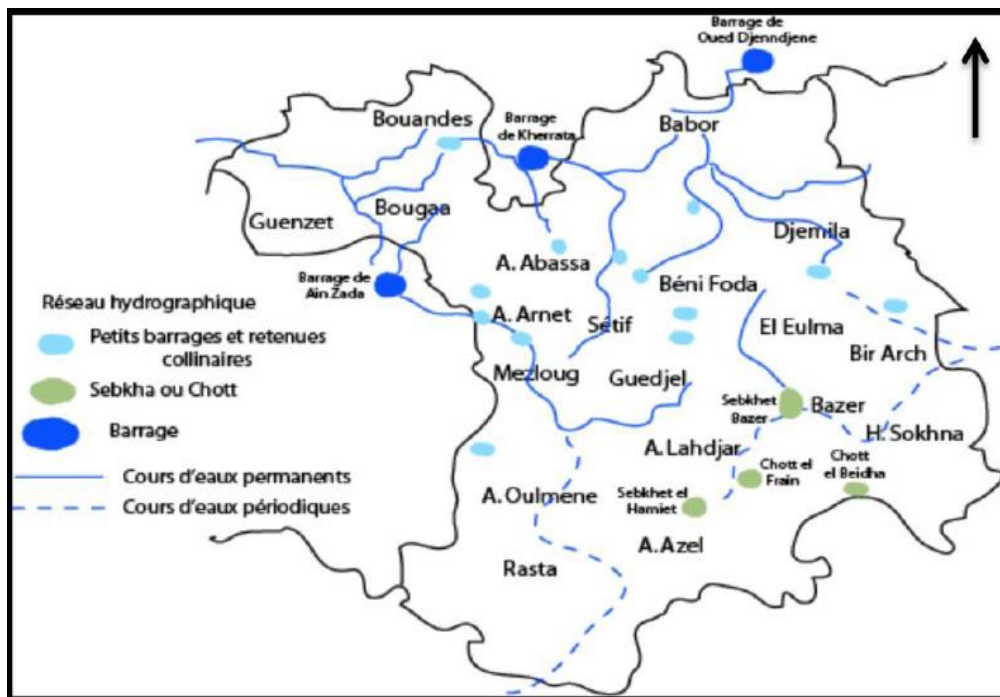


Figure 17 : Le réseau hydrographique de la région de Sétif (MOUFFOK, 1997).

### 2.2.1. Localisation du site expérimental

Notre expérimentation a été réalisée dans la ferme de démonstration et de production de semence de Sétif (ITGC) Situé à 4 Km au sud-ouest du chef-lieu de la wilaya de Sétif (ITGC 2015). La ferme se trouve à une altitude moyenne dépassant les 1080 m, à la latitude 36°5' Nord et la longitude 5° 21' Est.

### 2.2.2 Conditions édapho-climatiques

#### 2.2.2.1 Conditions édaphiques

Les sols du site d'expérimentation appartiennent au groupe des sols steppique (PERRIER et SOYER, 1970).

Le sol de la parcelle expérimentale est de texture limono-argileuse, sa teneur en calcaire total dépasse 35% (CHENNAFI et al., 2008). Le taux de la matière organique est de 1.87%. La densité apparente est de 1.35 g cm<sup>-3</sup>. La capacité au champ est de 25% et le point de flétrissement se situe à 12% (CHENNAFI et al., 2006).

**Tableau 03 : Résultats analytique du sol de site expérimental**

	Caractéristique	Horizon (0 -20 cm)	Horizon (20-40 cm)
Physique	Sable grossier (%)	8.48 %	7.81%
	Sable Fin %	22.08%	13.79%
	Argile + Limon %	69.1%	67.83%
	Classe texturale	Argilo-limoneuse	argilo-limoneuse
chimique	Ph eau	8.42	8.49
	PhKcl	7.35	7.37
	C.E (dS/m)	0.144mM/cm	0.146mM/cm
	Matière Organique (%)	5.35%	5.44%
	Carbone Organique (%)	3.11%	3.16%
	Calcaire total (%)	13.33%	18%
	Calcaire actif (%)	8.83%	10.83%
	Humidité %	28%	26.66%

Source : ITGC 2016

### 2.2.2 Conditions climatiques de l'essai

La région de Sétif est soumise au climat des hautes plaines orientales algériennes, qui se caractérise par des hivers froids, un régime pluviométrique irrégulier, des gelées printanières très fréquentes et des vents chauds et desséchants (BALDY et al., 1993).

Notre essai a été conduit au cours de la campagne 2015/2016 qui s'est distinguée par des conditions climatiques particulières.

### 2.2.2.1 Les précipitations

Les précipitations perçues au cours de la campagne 2015/2016 ont été d'un total de 337,7 mm. Au cour de l'hiver (décembre, janvier et février) seulement 57 mm ont été enregistrées alors que le mois de mars a été le plus pluvieux avec 59.5 mm faisant de la saison printanière (mars, avril et mai) une saison arrosée avec 161,2 mm (Tableau 04).

**Tableau04** :Répartition mensuelle des précipitations au cours la campagne 2015-2016 de la région de Sétif

Mois	sep	oct	nov	dec	jan	fiv	mar	avr	Mai	ju	total
Pluviométries mensuelles (mm)	40,7	49,6	21,6	0	20,2	36,8	59,5	43,9	57,8	7,6	337,7

Source : ONM-Ain Sfiha.Sétif (2016)

### 2.2.2.2Températures

La température représente un facteur limitant de première importance car, elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (**RAMADE, 1984**).

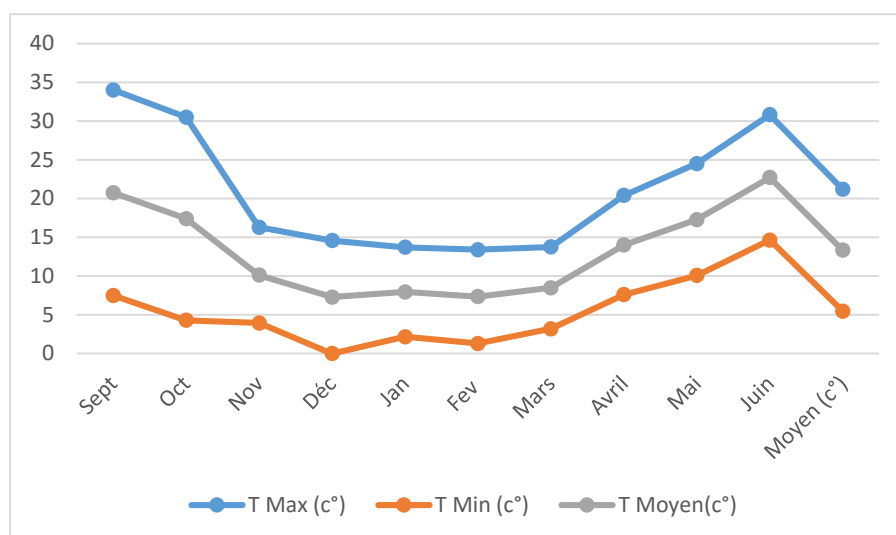
Les températures mensuelles de la campagne 2015/2016 sont présentées sur le tableau 05 La variation annuelle des températures entre les mois est très grande. Les minimales extrêmes commencent le mois de Novembre et se prolongent jusqu'au mois de Mars (tableau 05). Les températures maximales les plus élevées sont notées pour le début et la fin de campagne, la plus basse est enregistrée durant le mois de Décembre (7,29C°), la température la plus élevé s'est manifestée durant le mois Juin, avec une moyenne mensuelle de 22,72C° (figure 18).

L'hiver a été froid avec des minimas atteignant des températures en-dessous du zéro. Le mois le plus froid a été Décembre une moyenne de 7,28°C.

**Tableau05** :Répartition mensuelle des températures moyennes, minimales et maximales au cours la campagne 2015-2016 de la région de Sétif.

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui
T Max (c°)	34	30,5	16,29	14,57	13,7	13,39	13,75	20,4	24,5	30,81
T Min (c°)	7,5	4,3	3,94	0	2,17	1,3	3,2	7,6	10,07	14,63
T Moy(c°)	20,75	17,4	10,12	7,29	7,94	7,35	8,48	14	17,29	22,72

Source : ONM-Ain Sfiha.Sétif (2016)



**Figure 18:** Les précipitations perçues au cours de la campagne 2015/2016

### 2.2.2.3 Les Gelées

D'après SELTZER (1946), le risque de gelées blanches commence lorsque les températures moyennes minimales sont au-dessous de 10°C c'est-à-dire tant que le minimum reste inférieur à cette valeur.

Le nombre de jours de gelées a été de 79 jours, enregistrés au cours de la période allant du mois de novembre au mois d'avril. Les gelées ont commencé dès le mois de Novembre et ont duré tout le mois de décembre. Quelques journées gélives ont été notées au mois de Mars.

**Tableau06 :** Répartition mensuelle du nombre de jour de gelées durant la campagne (2015-2016) dans la région de Sétif.

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Total
Gelée (jours)	0	0	12	29	17	9	11	0	1	0	79

Source : ONM-Ain Sfiha.Sétif (2016)

### 2.2.2.4 La Neige

L'apparition de la neige est très irrégulière. Au cours de la campagne 2015/2016, la neige est tombée en hiver à partir du mois de janvier, février et au printemps au mois de mars seulement (tableau 07).

**Tableau07 :** Répartition mensuelle de la neige au cours la campagne 2015-2016 dans la région de Sétif

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	total
Neige (jours)	0	0	0	0	2	3	5	0	0	0	10

Source : ONM-Ain Sfiha.Sétif (2016)

### 2.2.3 Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué 17 variétés d'orge (*Hordeum vulgare* L.) Annexe(1), maintenues depuis plusieurs années dans les essais expérimentaux de la ferme de l'ITGC de Sétif sous un dispositif appelé « progrès génétique ». Ces variétés sont composées de celles

qui ont été sélectionnées vers les années 1950 avec la variété Tichedrett et de nouvelles sélections ou introductions (tableau 08).

**Tableau 08:** Liste, origine, cycle et nombre de rangs des différentes variétés étudiées

<b>Les Génotypes</b>	<b>Origine</b>	<b>Cycle</b>
<b>Tichedrett</b>	Algérie	Tardive
<b>Tina</b>	Syrie	Tardive
<b>Soufara'S</b>	Syrie	Précoce
<b>Acsad 176</b>	Syrie	Précoce
<b>Barberousse</b>	France	Tardive
<b>Rihane</b>	Syrie	Précoce
<b>Rahma</b>	Syrie	Précoce
<b>Bégoha</b>	Syrie	Tardive
<b>Plaisant</b>	France	Tardive
<b>Jaidor</b>	France	Tardive
<b>Express</b>	France	Tardive
<b>Tissa</b>	Syrie	Précoce
<b>Saida</b>	Sétif	Tardive
<b>El Fouara</b>	Syrie	Tardive
<b>El Bahia</b>	Sétif	Tardive
<b>Barberousse/Chorokhod</b>	Syrie	Tardive
<b>Plaisant /Charan01</b>	Syrie	Tardive

Source : ITGC (2015)

### 2.2.3.1 Dispositif expérimental

L'essai est installé selon un dispositif en blocs en randomisation complètement aléatoire avec 04 répétitions. Les parcelles élémentaires sont de 5 m de long et de 1,20 m de large soit une superficie de 6m<sup>2</sup> (figure 19). L'écartement entre parcelles élémentaires est 0,4 m. les blocs sont espacés de 2 m.

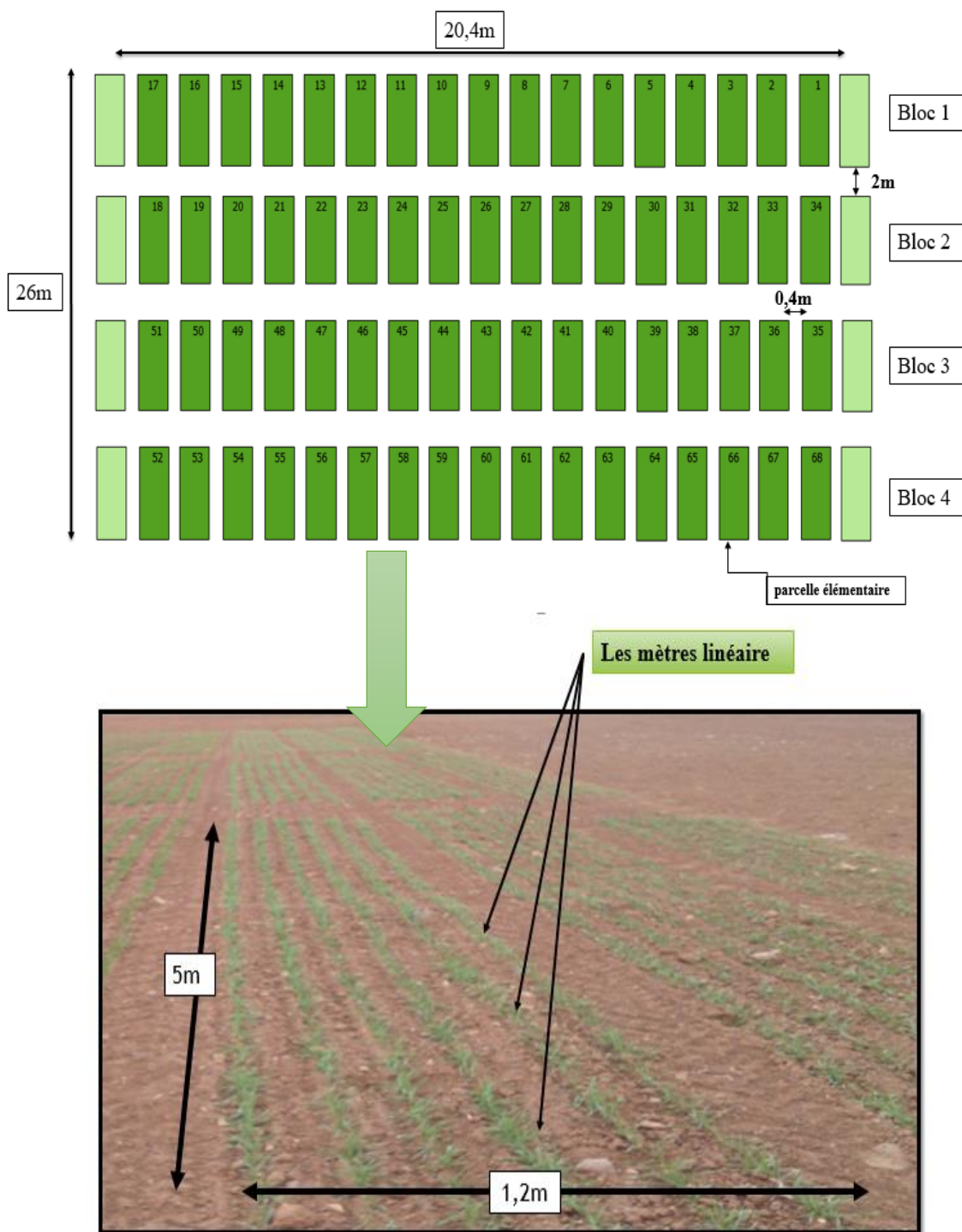


Figure 19 :Schéma du dispositif expérimental de l’essai et photo réelle après levée de l’orge.

**2.2.3.2 conduites de l'essai****2.2.2.3.2.1 précédent cultural**

La rotation appliquée dans la station expérimentale est une rotation biennale céréale/jachère. L'essai a été mis en place sur une parcelle dont le précédent cultural est une jachère travaillée.

**2.2.2.3.2.2 Préparation du sol**

La parcelle a été labourée en période de jachère le 17 mars 2015 dans des conditions d'humidité du sol favorable, avec une charrue à socs. Un passage au covercrop (le premier recroisement) a été effectué le 10 septembre 2015. Cette opération permet d'éviter l'évaporation de l'eau existante dans le sol en période de sécheresse. Le deuxième recroisement a été réalisé le 02 novembre 2015, d'un côté pour l'enfouissement de l'engrais de fond et d'un autre côté à l'ameublissement du sol pour la préparation du lit de semences. Un passage de la herse a été effectué le 05 novembre 2015.

**2.2.2.3.2.3 Le semis**

Le semis a été réalisé le 10 novembre 2015 avec un semoir expérimental du type HEGUE, d'une largeur de 1,2 m. La dose de semis a été de 2,5q/ha, soit une densité de semis de 250g/m<sup>2</sup>. La semence utilisée provient de la récolte de la campagne précédente pour l'ensemble des variétés.

**2.2.2.3.2.4 La fertilisation**

L'engrais de fond apporté est le triple super phosphate 46 % (TSP) à raison de 80 kg/ha. L'apport a été réalisé au mois de novembre 2015 avant le deuxième recroisement pour assurer son enfouissement.

La fumure azotée (urée 46%) est fractionnée en 2 apports avec une dose de 50 kg/ha pour chaque apport. Le Premier apport a été réalisé au début du tallage, la première semaine du mois de février (01 /02/2016), dans le but d'augmenter le nombre des talles. Le deuxième apport a été effectué au stade montaison en mois d'avril (05 /04 / 2016) pour favoriser la masse végétative.

**2.2.2.3.2.5 La récolte**

La récolte a été effectuée à l'aide de moissonneuse batteuse expérimentale du type HEGUE au mois de juin (26/06/2016) à maturité complète de l'orge.

**2.2.4 Les paramètres étudiés****2.2.4.1 Synthèse climatiques de la région centre de Sétif**

L'acquisition des données climatiques a été faite auprès de la station météorologique de Sétif Ain Sfiha (latitude : 36° 11' Nord - longitude : 05° 15' Est - altitude : 1033 m). Les informations considérées au cours de cette enquête sont les précipitations et les températures de 35 ans allant de 1981 à 2015.

Nous avons choisi d'analyser les tendances évolutives des températures et des précipitations au cours des campagnes agricoles. Pour ce faire, nous sommes intéressés à

l'évolution des moyennes des températures et des moyennes de précipitation mensuelles et annuelles pour les périodes allant de 1981 à 2015.

#### **2.2.4.2 Les indicateurs de sécheresse météorologique et d'aridité**

L'étude se base sur l'utilisation de plusieurs indices de sécheresse choisis pour leur facilité d'utilisation et leur efficacité en terme de suivi de la progression de la sécheresse et de l'évaluation des fluctuations climatiques, qui a été démontrée dans plusieurs travaux de recherches : **HOUICINI (2002), BERGAOUI (2001), HAIDA et al., (1999), PROBST (1989), KARROU (2006).**

##### **2.2.4.2.1 L'indice de l'écart à la moyenne (Em)**

L'indice de l'écart à la moyenne est utilisé pour estimer le déficit pluviométrique à l'échelle de l'année. Il est la différence entre la hauteur de précipitation annuelle ( $p_i$ ) et la hauteur moyenne annuelle de précipitation ( $p_m$ ).

$$Em = p_i - p_m$$

Cet indice permet de visualiser et déterminer le nombre d'années déficitaires et leur succession (**JOUILIL I et al., 2013**). L'écart est positif pour d'année humide et négative pour d'année déficitaire quand la pluie est inférieure à la moyenne et d'année excédentaire quand cette moyenne est dépassée.

##### **2.2.4.2.2 L'indice de pluviosité (IP)**

L'indice de pluviosité (IP) est le rapport de la hauteur de précipitation d'une année  $p_i$  à la moyenne annuelle des pluies  $p$  des séries. La formule est :

$$IP = p_i / p_m$$

Une année est dit humide si ce rapport est supérieur à 1 ( $IP > 1$ ) et sèche s'il est inférieur à 1 ( $IP < 1$ ) (**LE GOFF 1985**, cité par **YACOUBI**).

#### **Rapport à la normale des précipitations (RN)**

Le rapport à la normale des précipitations (RN) est un indice qui peut être calculé en utilisant la formule suivante (**AGHRAB, 2005**):

$$RN(\%) = (p_i / p_m) \times 100$$

$p_i$  est les précipitations de l'année  $i$  et  $p_m$  est les précipitations moyennes pour la même période de temps étudiée.

Ce rapport permet une estimation ponctuelle précipitations par rapport à la normale : une année est considérée comme sèche si la pluviométrie se situe au-dessous de la normale : c'est-à-dire lorsque le RN est inférieure à 100% (**ROGNON, 1997**).

##### **2.2.4.2.3 L'indice de déficit pluviométrique (IDP)**

Pour situer une pluviométrie dans une longue série de relevés pluviométrique, on utilise l'écart proportionnel à la moyenne. Elle s'exprime par la formule suivante :

$$IDP (\%) = (p_i - p_m) / p_m \times 100$$

Où :

**IDP**: indice de déficit pluviométrique(%)

**Pi**: précipitation annuelle (en mm)

**Pm**: précipitations moyenne(en mm).

Cet indice nommé aussi écart à la normale, de visualiser et de détermine le nombre d'années déficitaires et leur succession.

#### 2.2.4.2.4 L'indice standardisé de précipitations (SPI)

L'indice standardisé de précipitations (SPI) a été développé par **MCKEE et al., (1993)**. C'est un indicateur statistique utilisé pour la caractérisation des sécheresses locales ou régionales/ basé sur un historique de caractérisation précipitations de longue durée, le SPI permet de quantifier l'écart des précipitations moyenne historique de la période. Cette période varie généralement de 3mois à 2 ans. Selon le type de sécheresse que l'on désire suivre.

$$SPI = (Pi - Pm) / \sigma$$

Avec :

**Pi** : précipitation de l'année i à une échelle de temps donnée

**Pm** : précipitations moyenne d'une longue série de donnée

**σ** = écart type

**Tableau09** : classes de sévérité de la sécheresse selon l'indice standardisé de précipitations

Valeur de SPI	classe
>+2.0	Extrêmement humide
+1.5 à 1.99	Très humide
+1.0 à +1.49	Modérément humide
-0.99 à +0.99	Proche de la normale
-1.0 à -1.49	Modérément sèche
-1.5 à -1.99	sévèrement sèche
>-2.0	Extrêmement sèche

#### 2.2.4.2.5 L'indice d'aridité

L'aridité est un phénomène spatial (limitée aux régions à faible précipitation). C'est une situation structurelle. Elle caractérise une partie de la surface de la planète peu propice aux activités agricole. Dans une région dites aride ; les précipitations sont inférieures à l'évapotranspiration potentielle. Il existe une multitude d'indice et formules pour caractériser l'aridité, certains basés sur des critères climatologiques, d'autres biogéographiques (**GAUFICHON et al., 2010**).

##### 2.2.4.2.5.1 L'indice d'aridité de De Martonne (I)

L'indice d'aridité de De **MARTONNE (1927)** a été tiré à partir de la modification du facteur de pluie de Lang en 1923. Cet indice permet de caractériser le pouvoir évaporant de l'air à partir de la température, selon l'équation suivante :

$$I = P/T+10$$

Où :

P : est pluviométrie annuelle

T : la température moyenne annuelle.

10 : constante, utilisée pour éviter les valeurs négatives lorsque la température moyenne de l'air est inférieure à 0°C.

Cet indice prend des valeurs d'autant plus élevées que le climat est plus humide et d'autant plus faibles que le climat est plus sec. De Martonne a proposé la classification des climats en fonction des valeurs de l'indice comme présentés dans le tableau suivant :

**Tableau 10** : Classification des climats selon l'indice d'aridité de De Martonne

Indice	Type de climat
$0 < I < 5$	Hyper aride
$5 < I < 10$	Aride
$10 < I < 20$	Semi-aride
$20 < I < 30$	Semi-humide
$30 < I < 55$	Humide

#### 2.2.4.2.5.2L'indice pluviométrique de Moral (IM)

Proposé par **MORAL** en **1964**, cet indice est bien adapté pour la classification des climats dans la zone intertropicale. L'indice pluviométrique de Moral (IM) utilise la hauteur annuelle des précipitations. Il se calcule selon la formule suivante :

$$IM = P / (T^2 - 10T + 200)$$

Où :

P : les hauteurs annuelles des précipitations en mm

T : les températures moyennes annuelles en °C

Le climat est considéré comme :

- ✓ Sec, lorsque  $IM < 1$
- ✓ Humide, lorsque  $IM > 1$

Moral a, aussi, proposé un indice pour la classification des mois secs et des mois humides au cours d'une même année. Cette classification s'appuie sur la formule :

$$Im = P' / ((T^2/10) - T + 20)$$

Où

P' : précipitations mensuelles en mm

T : température moyenne mensuelle en °C.

Les résultats donnent la classification suivante :

- mois pluvieux :  $P > t^2/10 + t + 30$
- mois humide :  $t^2/10 + t + 30 > P > t^2/10 - t + 20$
- mois sec :  $t^2/10 - t + 20 > P > t^2/20 - t + 10$
- mois aride :  $t^2/20 - t + 10 > P$

### 2.2.4.2.5.3 Diagramme ombrothermique

Le diagramme ombrothermique de **GAUSSEN et BAGNOULS (1953)**, permet de déterminer la période de sécheresse et celle humide, à partir des données mensuelles pluviométrique et thermiques.

**GAUSSEN et BAGNOULS (1953)**, considérant qu'un mois sec est celui où le total mensuel de précipitations exprimé en mm est égal ou inférieur au double des températures mensuelles en degrés Celsius.

Soit :  $P \leq 2T \longrightarrow P \leq 2T$  avec

P : Précipitations

T : Températures

En vue de réaliser le diagramme, les Précipitations et les Températures sont portées en ordonnées et le temps(en mois) est porté en abscisses. Les courbes ainsi obtenues se croisent, la courbe des températures T passe au-dessus de la courbe des Précipitations P pendant les mois secs et la surface du croisement délimitée est une mesure de l'importance de la saison sèche.

### 2.2.5 Paramètres mesurés

L'essai a été suivi tout au long du cycle des variétés étudiées, du 10 novembre 2015, date de semis, jusqu'à la récolte, fin juin 2016.

#### 2.2.5.1 Étude de la Précocité

Pour décrire la précocité à l'épiaison nous avons suivi le développement de l'apex du bourgeon apical de chaque variété au stade épi 1cm (début montaison) repère de la précocité de la plante Jusqu'au stade A sur l'échelle de Jonard. Pendant sa période végétative, l'apex initie des nœuds et entre-nœuds, et à chaque nœud, une feuille, un bourgeon de talles et des bourgeons de racines adventives. Le stade A marqué le début de la période reproductrice : l'apex se différencie en épi **JONARD (1964)**.

Le méristème apical de trois plantes individuelles de chaque génotype ont été disséquées à partir du tissu de la couronne et numérisées. Les images de méristèmes ont été capturées à l'aide d'un système numérique Nikon Coolpix 995 et un microscope binoculaire Nikon SMZ-2T. la longueur des méristèmes a été mesurée à l'aide de papier millimétré.

Après avoir mesuré la taille de l'apex du bourgeon apical au stade début montaison des notations des dates de réalisation de l'épiaison de chaque variétés ont été réalisées et par la suite ont été transformées en degrés jours **JONARD (1964)**.

Pour calculer la valeur du nombre de degrés jour (DJ), il faut établir une température de base ( $T_{basse}$  0 °C pour le blé et l'orge), puis noter les températures maximale et minimale d'une journée. Dès lors, la valeur du degré jour se calcule ainsi:

$$DJ = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} - T_{basse}$$

## 2.2.5.2 Caractères morphologiques

### 2.2.5.2.1 Hauteur des plantes

Au stade maturité, un échantillon de 10 plantes a été prélevé de chaque parcelle élémentaire et sur lequel nous avons mesuré la longueur de la plante du ras du sol jusqu'aux sommets des barbes de l'épi. Elle est exprimée en cm.

### 2.2.5.2.2 Longueur du col de l'épi

Les plantes prélevées pour mesurer la hauteur ont servi à mesurer la longueur du col de l'épi à partir du dernier nœud jusqu'à la base de l'épi (1er article du rachis). Elle est exprimée en cm.

### 2.2.5.2.3 Longueur de l'épi

Les plantes prélevées pour mesurer la longueur des plantes ont été séparées de leurs épis. Ces derniers ont été mesurés à l'aide d'une règle graduée de la base de l'épi (premier article du rachis) jusqu'au sommet de l'épillet terminal.

### 2.2.5.2.4 Longueur des barbes

La mesure de la longueur des barbes a été effectuée sur les épis cités plus haut à partir du sommet de l'épillet terminal jusqu'au sommet des barbes.

### 2.2.5.2.5 Surface foliaire

La mesure de la surface foliaire a été effectuée au stade épiaison sur un lot de 04 feuilles étandard (dernières feuilles) prélevées aléatoirement de chaque parcelle élémentaire. La détermination de la surface foliaire mesurée à l'aide d'un planimètre (figure 20) et estimée en mm<sup>2</sup>.



**Figure 20 :** Mesure de la surface foliaire des feuilles des variétés d'orge par planimètre.

### 2.2.5.2.6 Teneur relative en eau (TRE)

La teneur relative en eau est l'un des critères d'évaluation de la tolérance à la sécheresse, proposée par **WEATHERLEY (1950)** modifiée par Barr, elle diminue lorsque le stress hydrique augmente.

Elle consiste à prélever au midi solaire un échantillon de feuilles étendards prises au hasard sur chaque parcelle élémentaire. Les feuilles ont été coupées, pesées (Poids frais PF) et

plongées dans boîtes de pétri remplies d'eau distillée, l'ensemble est mis dans un incubateur à une température de 4°C et à l'obscurité pendant 24h pour obtenir un taux de réhydratation maximal, les feuilles sont pesées de nouveau, pour avoir le poids de turgescence (PT). Par la suite les feuilles ont été mises dans l'étuve à 80°C pendant 24h afin de les sécher et les peser pour avoir leur poids sec (PS). La TRE est estimée selon la formule suivante.

$$\text{TRE (\%)} = (\text{PF} - \text{PS}) / (\text{PT} - \text{PS}) \times 100$$

### **2.2.5.2.7 Teneur en cire ou glaucescence**

La teneur en cire a été estimée sur un échantillon de 04 feuilles au niveau de chaque parcelle élémentaire. Le limbe est passé sous l'eau du robinet pour le nettoyer des poussières. Il est entièrement plongé dans un tube à essai préalablement pesé et contenant du chloroforme, pendant 60 secondes.

Le but de cette opération est de dissoudre la cire déposée sur la surface du limbe. Le tube est séché dans une étuve à 30 C° pour faire évaporer le chloroforme.

La feuille est retirée du tube et photocopiée pour déterminer la surface par planimètre. La quantité de cire par feuille est obtenue par différence de poids du tube à avant et après extraction de la cire

$$\text{TC} = \text{Pt}_2 - \text{Pt}_1 / \text{SL}$$

TC: taux de cire par cm<sup>2</sup> de surface .

Pt<sub>1</sub>: poids du tube avant extraction de la cire.

Pt<sub>2</sub>: poids du tube après extraction de la cire.

SL: surface du limbe de la feuille.

### **2.2.5.3 Caractères de production**

#### **2.2.5.3.1 Nombre de plante par m<sup>2</sup>**

Le comptage du nombre de pieds par mètre carré a été réalisé d'après **BRIFFAUX (1987)**, comme suite :

- On pose une règle de 1 mètre entre deux lignes de semis (aléatoirement)
- On compte les plantes de part et d'autre de cette règle.
- On fait 03 comptages (en diagonale) pour chaque parcelle élémentaire (soit 6 mètre linéaire par chaque parcelle). On fait le total de chaque parcelle puis on calcule la moyenne par traitement identique.

#### **2.2.5.3.2 Le Tallage Herbacé (TH)**

Les coefficients de tallage herbacé de chaque variété ont été déterminés par le comptage de nombre des talles par mètre carré (m<sup>2</sup>).

#### **2.2.5.3.3 Étude de la Précocité**

Pour décrire la précocité à l'épiaison nous avons suivi le développement de l'apex du bourgeon apical de chaque variété au stade épi 1cm repère de la précocité de la plante Jusqu'au stade A sur l'échelle de Jonard. Pendant sa période végétative, l'apex initie des nœuds et entre-nœuds, et à chaque nœud, une feuille, un bourgeon de talle et des bourgeons

de racines adventives (SOLTNER,1986). Le stade A marque le début de la période reproductrice : **l'apex se différencie en épi.**

Le méristème apical de trois plantes individuelles de chaque génotype ont été disséquées à partir du tissu de la couronne et numérisées. Les images de méristèmes ont été capturées à l'aide d'un système numérique Nikon Coolpix 995 et un microscope binoculaire Nikon SMZ-2T. la longueur des méristèmes a été mesurée à l'aide de papier millimétré

#### **2.2.5.3.4 Nombre d'épis par m<sup>2</sup> (NE/M<sup>2</sup>)**

Le comptage du nombre d'épis par mètre carré a été réalisé d'après **BRIFFAUX (1987)**, au stade pleine épiaison à maturité :

On pose une règle de 1 mètre entre deux lignes de semis choisies au hasard;

On compte les épis de part et d'autre de cette règle.

On fait 03 comptages (en diagonale) pour chaque parcelle élémentaire (soit 6 mètre linéaire par chaque parcelle), le comptage de moyenne se fait par parcelle, puis par traitement identique.

#### **2.2.5.3.5 Nombre de grains par épi (NG/E)**

Après égrenage manuel de 10 épis prélevés du même lot qui a servi à la détermination du nombre d'épis par mètre carré au niveau de chaque parcelle élémentaire ont permis le comptage du nombre de grains par épis.

#### **2.2.5.3.6 Poids de 1000 grains (g) PMG**

Le poids de mille grains a été obtenu en pesant 250 grains sur une balance de précision.

Le comptage a été effectué manuellement après récolte des parcelles élémentaires.

#### **2.2.5.3.7 Le Rendement**

##### **2.2.5.3.7.1 La biomasse aérienne à la maturité**

La mesure de la biomasse aérienne a été réalisée à maturité par un prélèvement de 1mlinéaire de chaque parcelle élémentaire. Après pesage, les valeurs obtenues ont été converties en quintaux par hectare

##### **2.2.5.2.3.7.2 Biomasse épi et rendement paille**

Sur le même échantillon qui servi à la détermination de la biomasse, les tiges sont débarrassées de leur épis, puis pesées chacun à part. Les valeurs obtenues ont été converties en quintaux par hectare.

##### **2.2.5.3.7.3Le rendement réel**

La récolte a été effectuée à l'aide de moissonneuse, batteuse expérimentale du type HEGUE(26/06/2016) pour chaque parcelle élémentaire. Les valeurs obtenues sont converties en quintaux par hectare(Rendement machine).

##### **2.2.5.3.7.4 Le rendement théorique**

Le rendement théorique (g/m<sup>2</sup>) a été déterminé selon la formule suivante :

$$Rdt = NE \times NGE \times Pmg/1000$$

Où  $NE$ : nombre d'épis/m<sup>2</sup>

*NGE* : nombre des grains/épis

*Pmg*: poids moyen d'un grain (g).

### **2.2.6 Analyse statistique des données**

Les paramètres mesurés ont été soumis à une analyse de variance à un facteur à l'aide du logiciel **STATBOX** (version 6.40).

La signification des différences est exprimée en fonction de la probabilité:

- $P \leq 0.05 \Rightarrow$  la différence entre les traitements sont significativement différent
- $P \leq 0.01 \Rightarrow$  la différence entre les traitements sont hautement significatifs.
- $P \leq 0.001 \Rightarrow$  la différence entre les traitements sont très hautement significatifs.

### 3.1. synthese climatique de la région de Sétif

#### 3.1.1. Analyse climatique de la dans la région centre de Sétif de 1981 à 2015

##### 3.1.1.1. Variabilité des précipitations à l'échelle mensuelles et annuelles

Les précipitations varient d'un mois à un autre selon les saisons, Les plus importantes dans le cycle de développement des céréales débutent à la fin de l'automne au mois de Novembre,

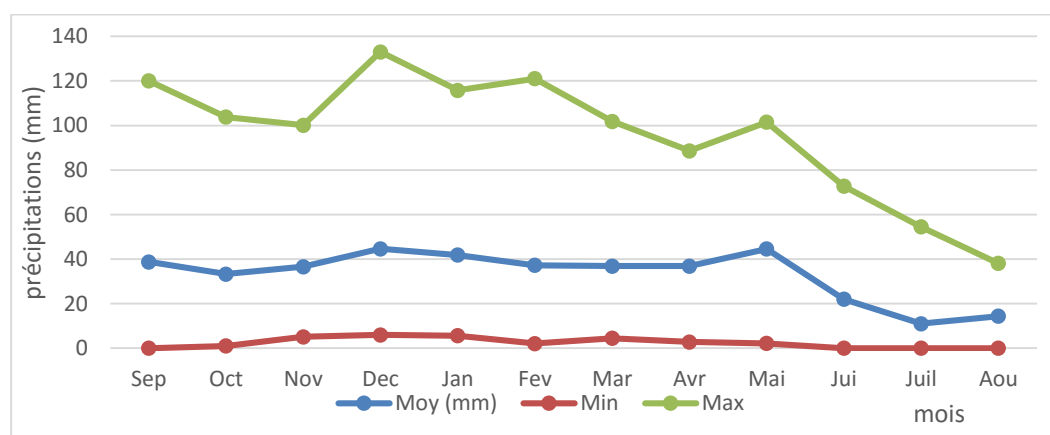
La région centre de Sétif, sur une période de 35 années (1981/2015) reçoit en moyenne une tranche pluviométrique annuelle de 401, 49 mmsur35ans et moyenne mensuelle de 61,87 mm (tableau11).

**Tableau 11:** Descriptions statistique de la moyenne mensuelle de la pluviométrie de la région de Sétif-SFIHA (1981/2015).

Pluie	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou
<b>Moy (mm)</b>	38,77	33,26	36,57	44,66	41,84	37,25	36,87	36,87	44,53	22,02	11,01	14,39
<b>ÉT</b>	28,23	24,05	23,99	30,48	28,86	4,59	23,70	24,10	29,49	18,40	13,82	10,51
<b>Min</b>	0,00	1,00	5,10	6,00	5,60	2,10	4,50	2,80	2,20	0,00	0,00	0,00
<b>Max</b>	120,00	103,80	100,10	133,00	115,80	121,00	101,80	88,60	101,50	72,70	54,50	38,10
<b>Médiane</b>	34,20	26,80	32,60	40,20	35,20	33,20	29,50	41,50	44,20	1,50	8,00	13,90
<b>CV %</b>	72,82	72,30	65,59	68,24	68,99	12,31	64,26	65,36	66,22	83,56	125,52	73,04

La connaissance de la variabilité mensuelle des précipitations est importante dans la mesure où elle exprime l'évolution de la pluviométrie annuelle, Les mois les plus pluvieux ont été Décembre, Janvier et Mai avec en moyenne 44,66 mm, 41,84 mm, et 44,53 mm respectivement, Par ailleurs, Les mois de Juillet et Août ont présenté le cumul (tableau12).

Le coefficient de variation élevé de tous les mois, Montre la variabilité des précipitations interannuelles à l'exception du mois de Février qui ne semble pas varier d'une année à une autre, On note que les précipitations minimales ne dépassent pas 6 mm ceci pour tous les mois.



**Figure21:** Évolution de la moyenne mensuelle de pluviométrie de 1981 à 2015 dans la région de Sétif-Sfiha.

**Tableau 12:** descriptions statistique du cumul annuel de pluviométrie allant de 1981à2015dans la région de Sétif –Sfiha.

Année	Cumul	Résultats statistiques
1981	303,7	
1982	563,2	
1983	200,1	
1984	523,1	
1985	410,8	
1986	432,3	
1987	320	
1988	424,6	
1989	403	
1990	397,8	
1991	401,2	
1992	505,2	
1993	319,9	
1994	272,6	
1995	422,4	Moyenne : 401,49 mm
1996	442,9	CV : 0, 199%
1997	402,4	Écart-type : 79,907 mm
1998	465,3	
1999	384,5	Minimum : 200,1 mm
2000	331,2	Maximum : 584,9 mm
2001	251,3	
2002	370,7	
2003	584,9	
2004	494,1	
2005	373,8	
2006	394,5	
2007	419,7	
2008	421,2	
2009	403	
2010	407,9	
2011	415,7	
2012	367,6	
2013	442	
2014	420	
2015	360	

Les précipitations annuelle de 1981 à 2015 sont représentées sur Tableau, La moyenne de la pluviométrie sur 35 ans a été de 401, 49 mm avec une très forte variabilité, L'écart entre le minimum (200,1mm) et le maximum (584,9 mm) étant de 384,8 explique ce contraste, (tableau12).

L'analyse des précipitations annuelles de Sétif montre une irrégularité temporelle qui se caractérise par une forte variabilité, Donc les précipitations annuelles peuvent varier assez fortement d'une année à l'autre, On distingue de grandes périodes en dessus de la moyenne de 35 ans (Figure22), Les épisodes d'années en dessous de cette moyenne surviennent chaque trois à quatre années, On remarque, Au cours de la dernière décennie une stabilité des précipitations autour de la moyenne de 35 ans.

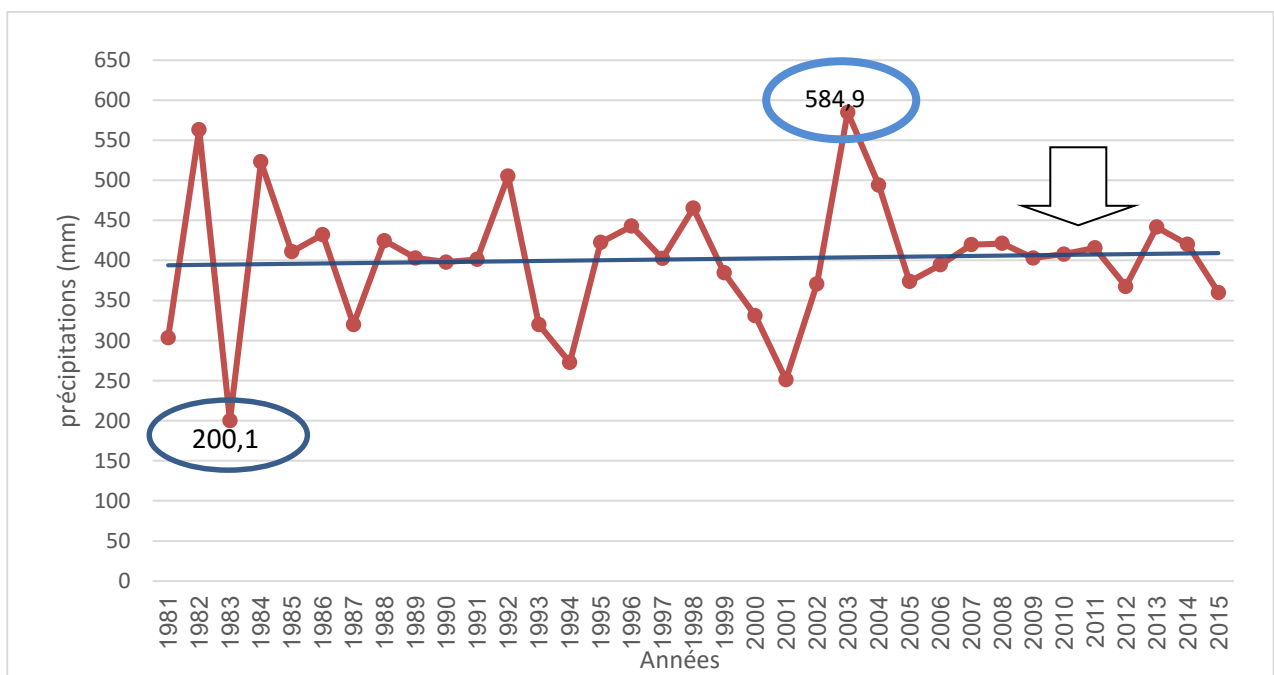


Figure 22 :Cumul de pluviométrie annuel allant de 1981 à 2015dans la région de Sétif.

Le régime pluviométrique fréquent dans la région est situé entre 450 et 350 mm avec une fréquence de 22 années sur 35ans (Tableau13). Les meilleures compagnes sont celles dont la pluviométrie dépasse 450 mm et elles surviennent 6 fois en 35 années, Contrairement aux épisodes secs en dessous de 350 mm qui sont de 7 années.

**Tableau 13 :** Fréquence d'occurrence des précipitations annuelles cumulées de 1981 à 2015 dans la région de Sétif-Sfiha,

Précipitation (mm)	≥550	550-450	450-350	350-250	250-200
Le nombre d'années	2	4	22	6	1

### 3.1.2. Variabilité des Températures à l'échelle mensuelle

Les températures enregistrées dans la région de Sétif ont présenté de très grandes variabilités à travers la période étudiée, Il existe de grands écarts entre les températures de l'hiver et de l'été.

Les températures maximales sont, En général, plus élevées en saison sèche qu'en saison humide (tableau14), Les températures maximales élevées sont en registrées aux mois de Juin (31,16°C), Juillet (36,24°C) et Août (35,64°C) avec une stabilité exprimée par le coefficient de variation faible, Contrairement aux mois de décembre, Janvier et février sont très variables.

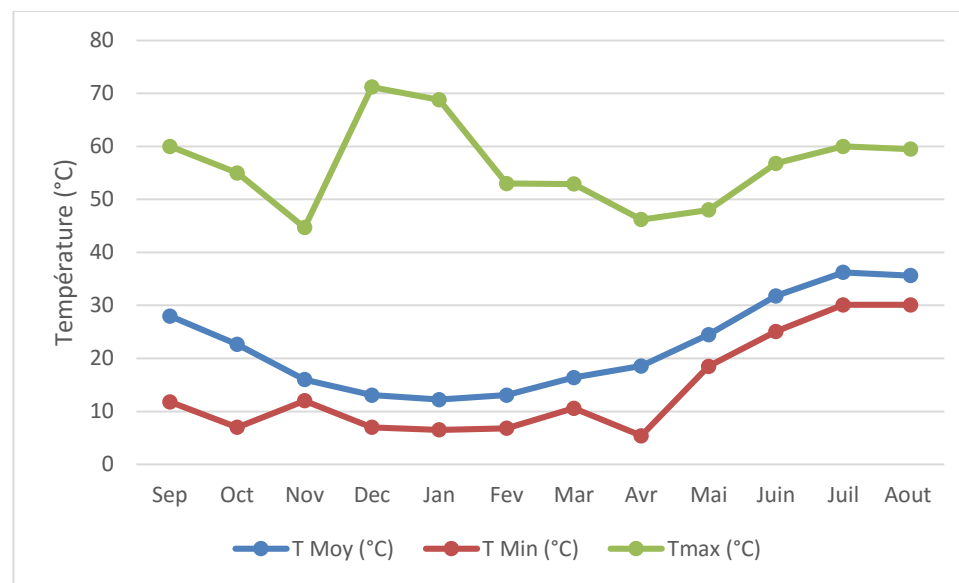
**Tableau14 :** Descriptions statistique des Températures maximales mensuelles de 1981 à 2015 dans la région de Sétif-Sfiha.

TMAX(c°)	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jut	Out
T Moy (c°)	28,52	23,13	16,17	11,31	10,53	11,77	15,32	19,03	24,51	31,16	36,24	35,64
T Min(c°)	24,80	17,00	12,50	7,00	6,50	6,80	10,60	13,70	18,50	25,10	30,10	30,10
T Max(c°)	60,00	55,00	44,70	25,00	25,70	23,70	33,30	46,20	48,00	56,80	60,00	59,50
cv %	0,22	0,29	0,36	0,33	1,00	0,67	0,52	0,34	0,26	0,23	0,20	0,21
Écart-type	6,15	6,74	5,88	3,74	10,57	7,92	7,90	6,56	6,37	7,19	7,15	7,44

Les températures varient considérablement autour du bassin méditerranéen en fonction de l'altitude, de l'éloignement de la mer (**BELAID,1986**), Elles interviennent au niveau de la plante par leurs valeurs extremes, gelées ou coup de chaleur, Les températures élevées provoquent une transpiration exagérée de la plante et par conséquent, une déshydratation rapide des cellules.

Il risque d'y avoir flétrissement de la plante surtout si le sol est sec (**ELIARD,1979**).

le manque d'eau après la florasion, combiné à des températures élevées, entraine une diminution du poids de 1000 grains par altération de ma vitesse de remplissage des grains et de la durée de remplissage (**ABBASSENNE et al., 1998; BOUTHIBA et al., 2010**), Au cours du remplissage des grains, le manque d'eau a pour conséquence une réduction de poids de 1000 grains.



**Figure 23:** Variation des Températures maximales mensuelle de 1981 à 2015 dans la région de Sétif-Sfiha.

Les températures minimales enregistrées de 1981 à 2015 sont résumées dans le Tableau (15). On remarque une grande fluctuation des minimas, Les minimas les plus basses sont atteints en Décembre, Janvier, Février, Et Avril avec, Respectivement 2,84°C, 1,63°C, 2,21°C, et 6,89°C, Les valeurs les plus élevées sont observées en saison estivale (figure 24).

Le coefficient de variation exprime une stabilité des minimas au cours de 35 ans pour tous les mois à l'exception des mois de Janvier et Février qui ont montré une irrégularité des températures minimale à travers les années.

**Tableau 15 :** Descriptions statistique des températures minimales mensuelles de 1981 à 2015 dans la région de Sétif-Sfiha.

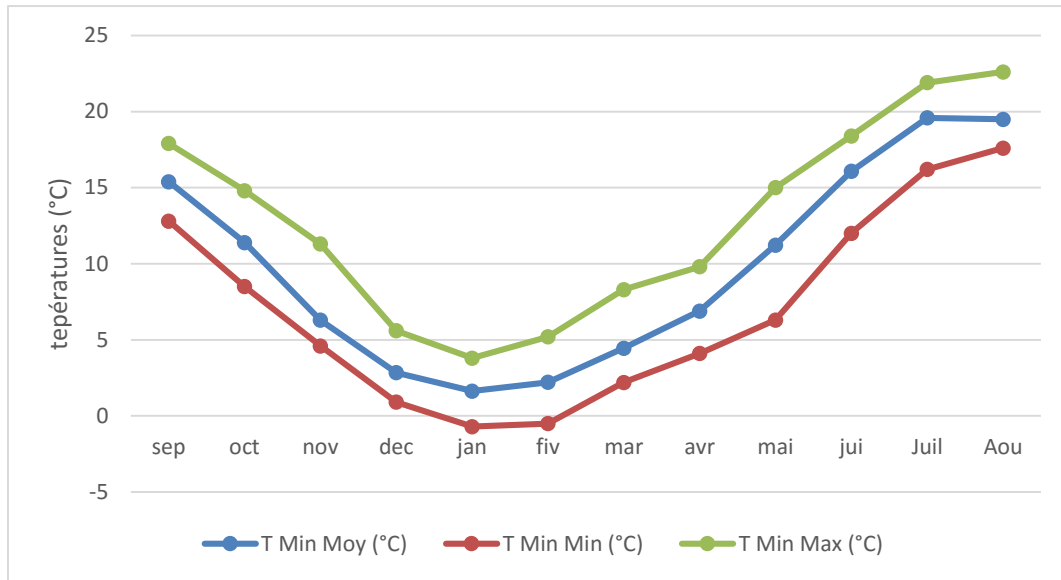
TMIN	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou
T Min Moy (°C)	15,39	11,39	6,29	2,84	1,63	2,21	4,45	6,89	11,22	16,07	19,59	19,49
T Min Min (°C)	12,80	8,50	4,60	0,90	-0,70	-0,50	2,20	4,10	6,30	12,00	16,20	17,60
T Min Max (°C)	17,90	14,80	11,30	5,60	3,80	5,20	8,30	9,80	15,00	18,40	21,90	22,60
CV %	0,07	0,14	0,20	0,45	0,76	0,64	0,31	0,19	0,18	0,10	0,07	0,06
Écart-type	1,06	1,56	1,26	1,28	1,24	1,41	1,36	1,30	1,97	1,61	1,40	1,23

Les basses températures aux mois de janvier et février ont été au-dessous du point de congélation 0°C.

ABBASSENNE *et al.*, (1997) observent une chute de la fertilité des épis des semis précoces qui est liée aux effets des basses températures au cours du stade gonflement, GATE (1995) mentionne que les températures minima les inférieures à -4°C, de la période stade épi-1cm stade 2nœuds, affectent le nombre de grains/épi.

MEKHLOUF *et al.*, (2006) mentionnent qu'en régions méditerranéennes semi-arides, les gelées printanières touchent surtout les variétés précoces au stade début monté, détruisant l'épi du brin maître, Les dégâts sur racines se manifestent particulièrement sur la croissance du rhizome.

Selon OUDINA (1986), les gelées tardives touchent les céréales vers la fin du mois d'avril et le début mois de mai, au stade floraison et provoquent l'avortement/ ou coulure.



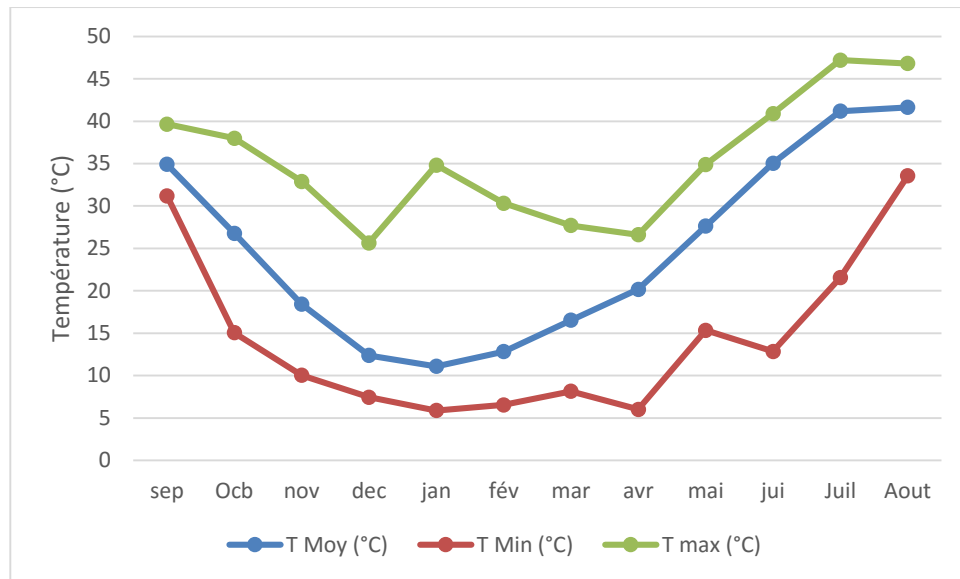
**Figure24:** Evolution des Températures minimales mensuelles de 1981 à 2015 dans la région de Sétif-Sfiha

Les températures moyennes enregistrées dans la région de Sétif(Sfiha) de 1981 à 2015 sont en accord avec les moyennes saisonnières (Tableau 16).

**Tableau16 :** Descriptions statistique des températures moyennes mensuelles de 1981 à 2015 dans la région de Sétif-Sfiha.

TMOY	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou
<b>T Moy (c°)</b>	34,52	26,88	18,51	12,26	10,24	12,07	16,00	20,40	27,63	35,30	40,97	41,28
<b>T Min (c°)</b>	24,38	18,88	13,28	6,20	5,23	4,19	8,15	13,38	15,33	16,26	21,55	33,55
<b>T max (c°)</b>	39,65	38,00	32,90	25,65	15,10	19,50	23,05	26,60	34,90	40,90	47,20	46,80
<b>cv %</b>	0,07	0,14	0,20	0,29	0,24	0,29	0,21	0,16	0,17	0,17	0,15	0,10
<b>Écart-type</b>	2,53	3,69	3,64	3,57	2,41	3,46	3,28	3,20	4,65	6,17	6,34	3,97

Des hivers froids avec une température qui ne dépassé pas une moyenne de 12°C sauf années exceptionnelles où des températures dépassant 30°C sont notées, Le coefficient de variation des mois de janvier et février montrent ces fluctuations, L'été est chaud avec des températures dépassant la quarantaine de degrés (figure 25).



**Figure25:** Évolution de le Températures moyennes mensuelles de 1981 à 2015 dans la région de Sétif-Sfiha.

### 3.1.3 Les indicateurs de sécheresses

Pour décrire l'occurrence des sécheresses de 1981 à 2015 dans la région de Sétif, Nous avons choisi plusieurs indicateurs qui décrivent l'ampleur du phénomène, sa durée et sa sévérité les valeurs de ces indicateurs Pour la région de Sétif station de Sfiha sont résumées dans le tableau(17) suivant.

**Tableau 17:** Récapitulatif des indicateurs de sécheresses météorologiques dans la région de Sétif de 1981 à 2015.

Année	Cumule	IS	IP	RN	IDP	SPI
1981	304	-97,80	0,76	75,64	-24,36	-1,22
1982	563	161,70	1,40	140,27	40,27	2,02
1983	198,66	-201,40	0,50	49,84	-50,16	-2,52
1984	523	121,60	1,30	130,29	30,29	1,52
1985	411	9,30	1,02	102,32	2,32	0,12
1986	432	30,80	1,08	107,67	7,67	0,39
1987	320	-81,50	0,80	79,70	-20,30	-1,02
1988	425	23,10	1,06	105,75	5,75	0,29
1989	403	1,50	1,00	100,37	0,37	0,02
1990	398	-3,70	0,99	99,08	-0,92	-0,05
1991	401	-0,30	1,00	99,93	-0,07	0,00
1992	505	103,70	1,26	125,83	25,83	1,30
1993	320	-81,60	0,80	79,68	-20,32	-1,02
1994	273	-128,90	0,68	67,90	-32,10	-1,61
1995	422	20,90	1,05	105,21	5,21	0,26
1996	443	41,40	1,10	110,31	10,31	0,52
1997	402	0,90	1,00	100,22	0,22	0,01
1998	465	63,80	1,16	115,89	15,89	0,80
1999	385	-17,00	0,96	95,77	-4,23	-0,21
2000	331	-70,30	0,82	82,49	-17,51	-0,88
2001	251	-150,20	0,63	62,59	-37,41	-1,88
2002	371	-30,80	0,92	92,33	-7,67	-0,39
2003	585	183,40	1,46	145,68	45,68	2,30
2004	494	92,60	1,23	123,06	23,06	1,16
2005	374	-27,70	0,93	93,10	-6,90	-0,35
2006	395	-7,00	0,98	98,26	-1,74	-0,09
2007	420	18,20	1,05	104,53	4,53	0,23
2008	421	19,70	1,05	104,91	4,91	0,25
2009	403	1,50	1,00	100,37	0,37	0,02
2010	408	6,40	1,02	101,59	1,59	0,08
2011	416	14,20	1,04	103,54	3,54	0,18
2012	368	-33,90	0,92	91,56	-8,44	-0,42
2013	442	40,18	1,10	110,01	10,01	0,50
2014	420	18,50	1,05	104,61	4,61	0,23
2015	360	-41,50	0,90	89,66	-10,34	-0,52

### 3.1.1.4 Description de l'aridité dans la région de Sétif (Sfiha) de 1981 à 2015

L'aridité du climat de la région a été décrite par utilisation de deux indices à savoir l'indice d'aridité de De Martonne et l'indice de Moral.

### 3.1.1.4.1 L'indice d'aridité de De Martonne

La tendance générale du climat de la région de Sétif est semi-aride, entrecoupée par des années arides (tableau 18)

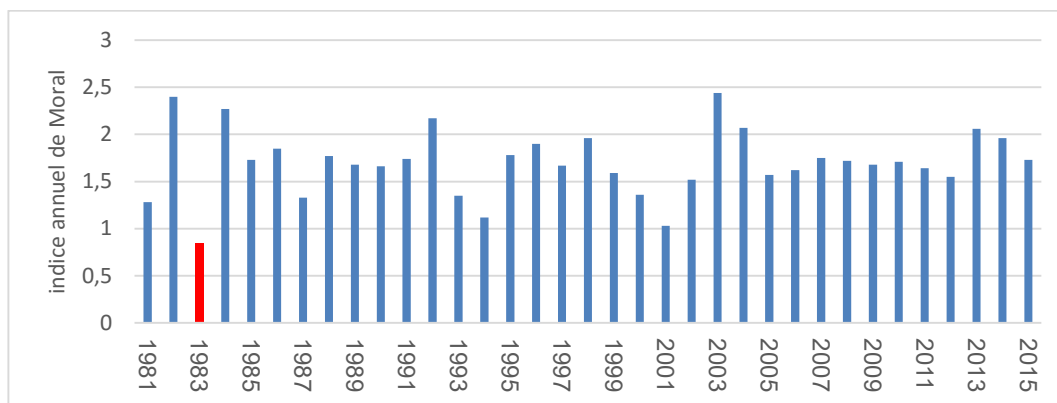
**Tableau 18** : valeurs et interprétation de l'indice de De Martonne la région de Sétif (Sfiha) de 1981 à 2015

Année	Indice de De Martonne	Type de climat
1981	8.68	Aride
1982	16.44	Semi-aride
1983	5.65	Aride
1984	15.75	Semi-aride
1985	11.78	Semi-aride
1986	12.72	Semi-aride
1987	8.98	Aride
1988	11.91	Semi-aride
1989	11.37	Semi-aride
1990	11.20	Semi-aride
1991	12.11	Semi-aride
1992	14.94	Semi-aride
1993	9.16	Aride
1994	7.45	Aride
1995	12.08	Semi-aride
1996	13.11	Semi-aride
1997	11.22	Semi-aride
1998	13.33	Semi-aride
1999	10.62	Semi-aride
2000	9.09	Aride
2001	6.84	Aride
2002	10.18	Semi-aride
2003	16.51	Semi-aride
2004	14.02	Semi-aride
2005	10.64	Semi-aride
2006	10.83	Semi-aride
2007	11.79	Semi-aride
2008	11.42	Semi-aride
2009	11.33	Semi-aride
2010	11.52	Semi-aride
2011	10.77	Semi-aride
2012	10.54	Semi-aride
2013	15.80	Semi-aride
2014	14.98	Semi-aride
2015	10.93	Semi-aride

### 3.1.1.4.2 L'indice de De Moral

L'étude de l'indice de Moral a permis de caractériser le climat de la région de Sétif (station Sfiha) sur 35 ans (1981/2015).

Notre période d'étude est considérée comme humide à l'exception de l'année 1983 dont l'indice de Moral inférieur à 1 (Tableau 19 ; figure 26).



**Figure 26 :** Évolution du climat de Sétif selon l'indice annuel de Moral, période (1981-2015)

**Tableau 19 :** Valeurs et interprétation de l'indice de De Moral la région de Sétif (Sfiha) de 1981 à 2015

Année	Indice de Moral	Type de climat	Année	Indice de Moral	Type de climat
1981	1,28	Humide	1999	1,59	Humide
1982	2,4	Humide	2000	1,36	Humide
1983	0,84	Sec	2001	1,03	Humide
1984	2,27	Humide	2002	1,52	Humide
1985	1,73	Humide	2003	2,44	Humide
1986	1,85	Humide	2004	2,07	Humide
1987	1,33	Humide	2005	1,57	Humide
1988	1,77	Humide	2006	1,62	Humide
1989	1,68	Humide	2007	1,75	Humide
1990	1,66	Humide	2008	1,72	Humide
1991	1,74	Humide	2009	1,68	Humide
1992	2,17	Humide	2010	1,71	Humide
1993	1,35	Humide	2011	1,64	Humide
1994	1,12	Humide	2012	1,55	Humide
1995	1,78	Humide	2013	2,06	Humide
1996	1,9	Humide	2014	1,96	Humide
1997	1,67	Humide	2015	1,73	Humide
1998	1,96	Humide			

Pour mieux caractériser l'évolution intra annuelle du climat dans notre région, nous nous

Sommes basés sur la classification mensuelle de Moral. Les résultats de cette classification sont repris ci-dessous.

**Tableau 20** : Indice de Moral mensuel de la région de Sétif

	<b>P</b>	<b>classement</b>
<b>Janvier</b>	41,84	mois humide
<b>Février</b>	37,25	mois humide
<b>Mars</b>	36,87	mois humide
<b>Avril</b>	41,03	mois sec
<b>Mai</b>	44,53	mois sec
<b>Juin</b>	22,02	mois aride
<b>Juillet</b>	11,01	mois aride
<b>Aout</b>	14,39	mois aride
<b>Septembre</b>	38,77	mois sec
<b>Octobre</b>	33,26	mois sec
<b>Novembre</b>	36,57	mois humide
<b>Décembre</b>	44,66	mois humide

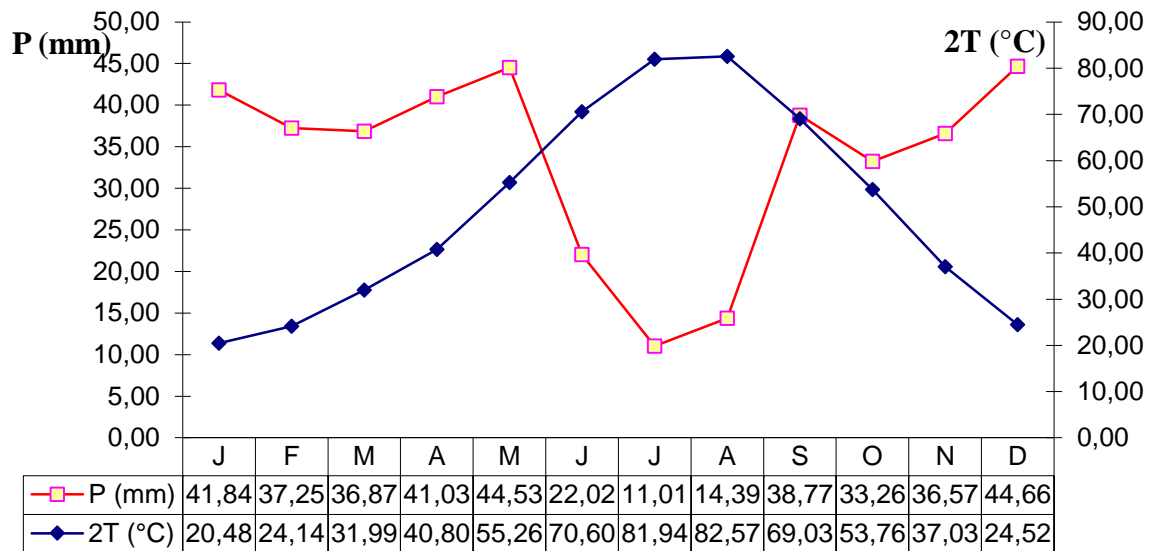
La région de Sétif a enregistré cinq (05) mois humides, quatre mois secs et trois autres arides (tableau 20). Nous remarquons une nette absence des mois pluvieux au profit des mois humides et secs.

Cette classification de Moral, joue un rôle très important dans la détermination des cycles des végétaux (germination, floraisons...), ainsi, qu'en agriculture pour les périodes d'irrigation.

Les mois secs coïncident avec le période de formation de grain des céréales pénalisant ainsi le rendement.

#### **3.1.1.4.3 Le diagramme Ombrothérmique de Gaussen**

Le diagramme Ombrothérmique de Gaussen de la région de Sétif pour la période 1981-2015 est illustré par la figure 27.



**Figure27** : Le diagramme Ombrothermique de Gaussen de la région de Sétif pour la période 1981-2015

Nous avons noté que la période sèche s’étale sur 4 mois. Elle commence le mois de Juin et fini au mois de Septembre. Nous remarquons dans cette région que les deux courbes (températures et précipitations) se superposent à la deuxième moitié du mois de Septembre. Cette situation signifie que la période sèche s’interrompt vers le mois de Septembre, puis, continue jusqu’à la fin du mois d’octobre. Cette période de transition s’explique par l’apparition des pluies et des orages de la fin de l’été.

**3.1.1.5 Description de la sécheresse météorologique dans la région de Sétif de 1981 à 2015**

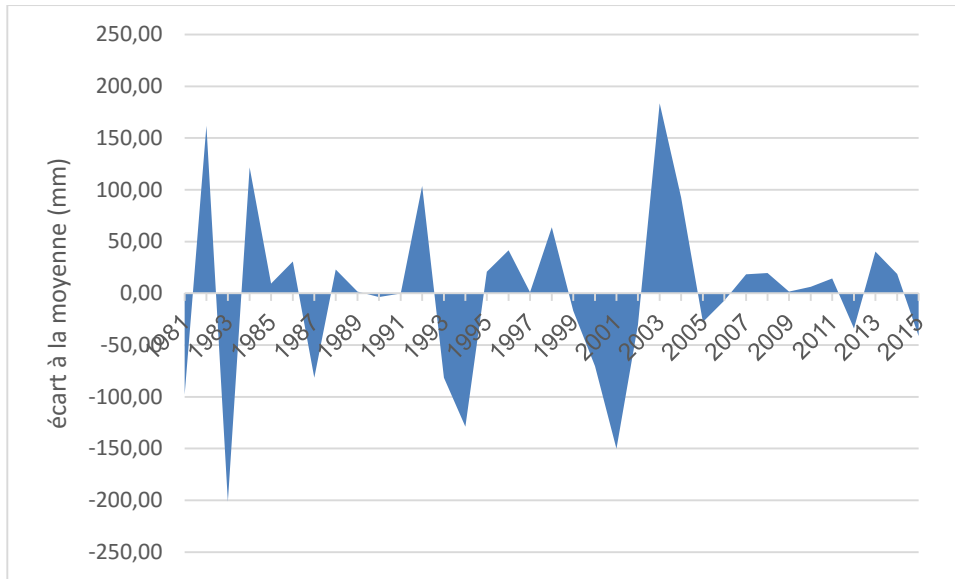
Pour décrire l'occurrence des sécheresses de 1981 à 2015 dans la région de Sétif, nous avons choisi plusieurs indicateurs qui décrivent l'ampleur du phénomène, sa durée et sa sévérité par la valeur de ces indicateurs (annexe 01).

L’indice de l’écart à la moyenne (Em) montre que sur 35 ans 15 année sont déficitaire par rapport à la moyenne. On note que chaque décennie est marquée par quatre années déficitaires confirmant l’occurrence de sécheresse dans la région.

Etant donné que la moyenne générale est de 401,49 mm, le déficit le plus marquant est celui de l’année 1983 avec seulement 200 mm de précipitations soit un déficit de 201,40 mm. Par ailleurs, des déficits inférieures à 20 mm sont observés (1990, 1991, 1999 et 2006).

Une vingtaine d’années à excédent pluviométrique sont notées. Un excédent de plus de 100 mm est rencontré en quatre (04) années au cours de 35 ans (1982, 1984, 1992 et 2003). Par

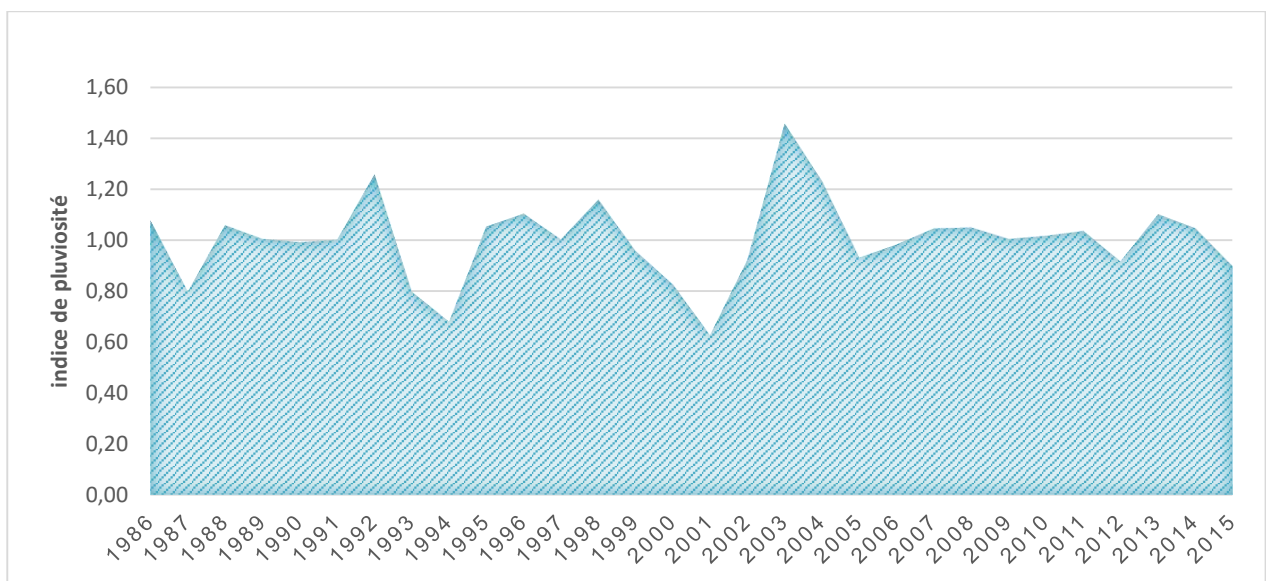
ailleurs l'excès de précipitation par rapport à la moyenne de moins de 25 mm est plus fréquent avec dix (10) années et celles dépassant 30 mm sont au nombre de cinq (05) années (figure 28).



**Figure 28 :** Écart à la moyenne (**Em**) de la région de Sétif (Sfiha) de 1981 à 2015.

L'indice de pluviosité (**IP**) nous a permis de distinguer la fréquence des années sèches et humides, et on a pu constater que 60% d'années humides et 40% d'années sèches au niveau de la région de Sétif station de Sfiha.

Le graphique de l'évolution de l'indice de pluviosité a permis de constater que les épisodes de sécheresse de 1993 à 1994 et de 1999 à 2002 sont d'une intensité allant de légère à modérée (figure 29).



**Figure 29:** Indice de pluviosité (**IP**) de la région de Sétif (Sfiha) de 1981 à 2015.

L'examen du rapport à la normale des précipitations (RN) nous a permis de situer l'intensité de la sécheresse (figure 30). En effet, les années dont l'intensité de la sécheresse est élevée sont ceux à moins de 70% avec 1983, 1994 et 2001 et ce sont les années qui ont reçu un cumul pluviométrique au-dessous de 300 mm.

Les années à précipitation élevée dépassant 120%, surviennent 5 fois en 35 ans avec une précipitation supérieure à 490 mm.

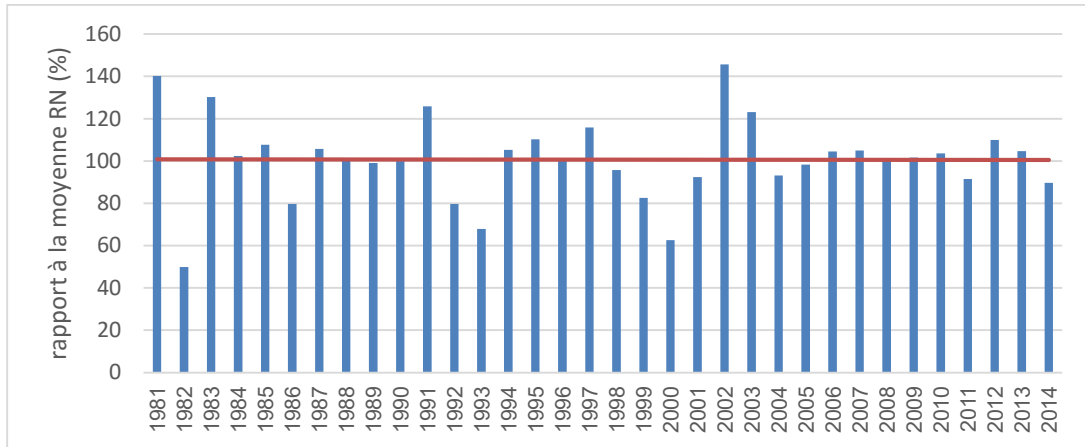


Figure 30: Rapport à la moyenne (RN) de la région de Sétif (Sfiha) de 1981 à 2015.

L'indice de déficit pluviométrique a permis d'estimer la variation ponctuelle des précipitations par rapport à la normale. Le déficit le plus important enregistré durant toute la période d'observation est de - 50,16% (figure 31). Le déficit pluviométrique en nombre d'années successives est celui de 1999 à 2002.

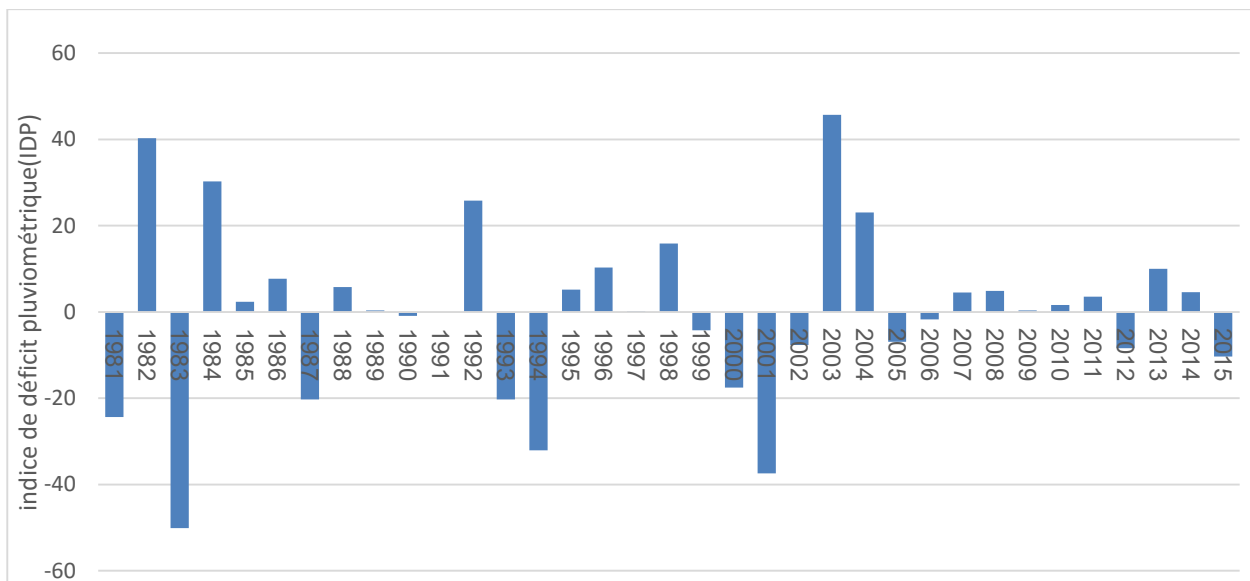


Figure 31 : Indice de déficit pluviométrique (IDP) de la région de Sétif (Sfiha) de 1981 à 2015.

Les trente-cinq années d'observation, de la série pluviométrique 1981-2015, sont réparties en années sèches et en années humides en tenant compte des valeurs de l'indice de précipitations standardisé (tableau 21).

**Tableau 21** : Fréquences des années pluviométriques en fonction de l'Indice de Précipitations Standardisé (SPI) de la région de Sétif (Sfiha) de 1981 à 2015.

<b>Echelle de SPI</b>	<b>classe</b>	<b>Nombre d'années</b>
>+2.0	Extrêmement humide	02
+1.5 à 1.99	Très humide	01
+1.0 à +1.49	Modérément humide	02
-0.99 à +0.99	Proche de la normale	24
-1.0 à -1.49	Modérément sèche	03
-1.5 à -1.99	sévèrement sèche	02
>-2.0	Extrêmement sèche	01

La région de Sétif (Sfiha) se caractérise par vingt-quatre années proches de la normale soit 68,57% avec une hauteur des précipitations de 330 à 460 mm. La région connaît des années extrêmement sèches (1/35) et humides (2/35).

### 3.2.1 Étude du comportement de quelques variétés d'orge dans la région de Sétif

#### 3.2.1.1 La Précocité











L'orge, comme beaucoup d'autres espèces, perçoit une série de signaux environnementaux et développe des signaux internes pour contrôler la floraison. Les mécanismes d'adaptation changent avec le génotype, l'âge de la plante et l'environnement. C'est dans cette approche, qu'il est souhaitable d'étudier différentes conditions auxquelles est soumise la plante afin d'observer le type de réponses. A cet effet nous avons mesuré la taille de l'apex du bourgeon apical au stade début montaison et par notation des dates de réalisation de l'épiaison de chaque variétés qui par la suite ont été transformées en degrés jours.

La précocité a été estimée par rapport à la taille (mm) de l'apex du bourgeon apical à la base des talles. Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau(22) suivant. L'analyse de variance Sont reportés dans le tableau 1 de (l'annexe 3).

Les résultats de l'analyse de variance montrent des différences très hautement significatives entre les variétés pour la taille de l'ébauche de l'épi. On note la grande taille de la variété EXPRESS avec 7mm et forme à elle seule groupe homogène selon le test de Newman-Keuls au seuil de 5%. La photo prise de cette variété montrent un épi assez développé pour laisser

apparaître les ébauches d'épillet (tableau 22). Le 2<sup>ème</sup> groupe est formé par JAÏDOR avec un apex de 4,33 mm. Les autres groupes sont formés de variétés dont la taille de l'apex varie de 4 à 2mm. La plus petite taille est observée par les variétés PLAISANT, RIHANE et BEGOHA AVEC 1,5 mm regroupée dans un même et dernier groupe. La figure 32 illustre ces différences.

**Tableau 22 :** Moyennes et résultats statistiques de la taille de l'apex du bourgeon apical (mm) des variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016).

Varieties	Taille (mm)	homogènes Groupes	Photo de l'apex	Résultats statistiques
✓ EXPRESS	7	A		Moyenne générale : 2,99 mm Ecart type : 0,534 Coefficient de variation : 17,85% Probabilities:0THS
✓ JAIDOR	4,33	B		
✓ EL FOUARA ✓ ACSAD 176	4	BC BC		
✓ SOUFARA 'S	3,66	BCD		
✓ PLAISANT/CHARAN01	3,33	BCDE		
✓ TICHDRETT ✓ TISSA ✓ BARBEROUSSE	3	BCDEF		
✓ ELBAHIA	2,66	CDEF		
✓ TINA	2,33	DEF		
✓ RAHMA ✓ SAIDA ✓ BARBEROUSSE/CHOROK HOD	2	EF		
✓ PLAISANT ✓ RIHANE ✓ BEGOHA	1,5	F		

**THS:** Très Hautement Significative **ET**= 0,534**CV** = 17,85% **X'** = 2,99



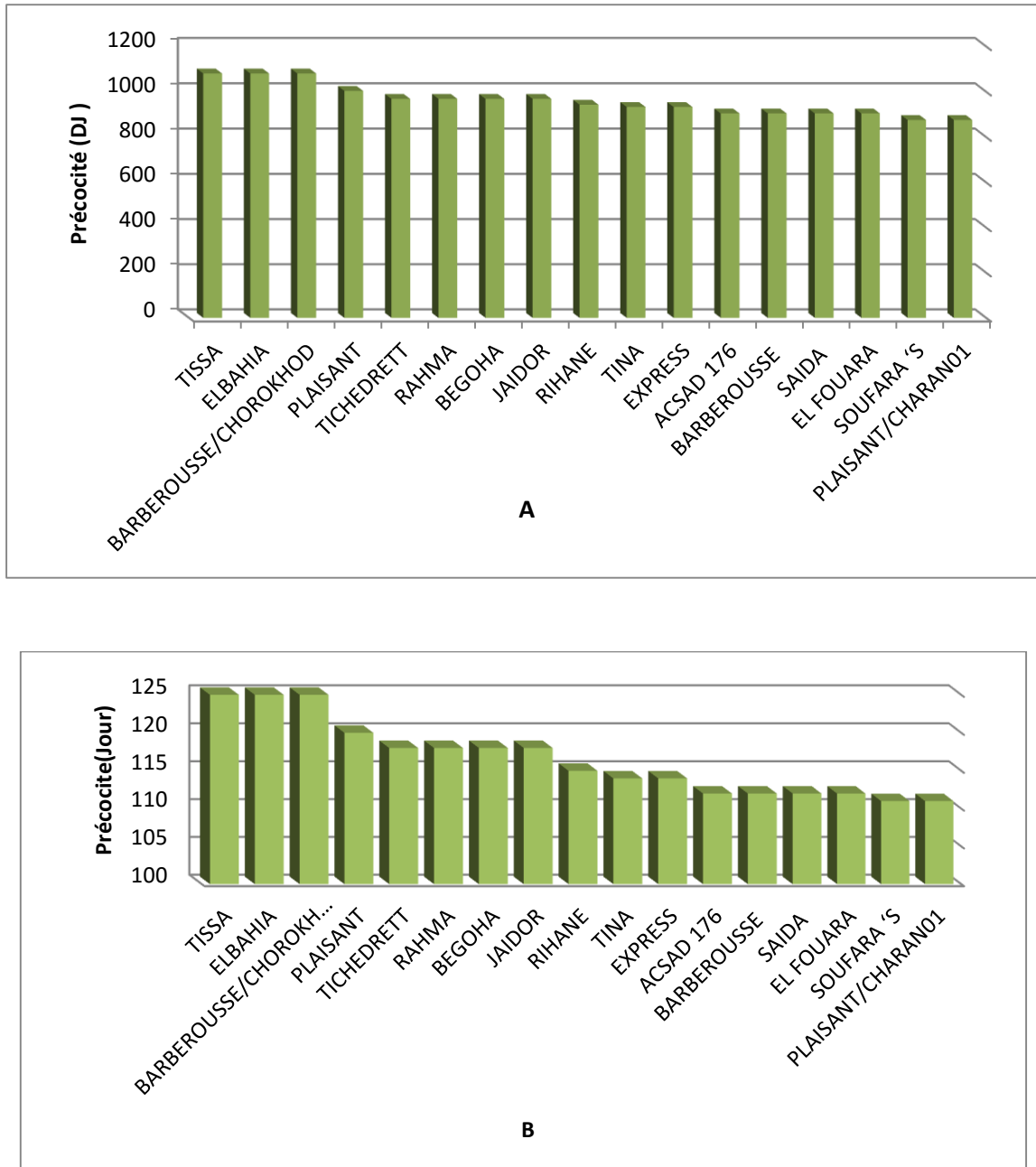
**Figure32 :** Taille de l'apex du bourgeon apical (mm) au stade début montaison de quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016).

**Tableau 23 :** Date et durée en jour et en degrés jour de l'épiaison de quelques variétés d'orges conduites dans la région semi-aride.

Variétés	Date épiaison	Durée (jours)	durée (°jour)	Précocité
<b>TISSA</b>	17- Avril	125	1080,815	Tardive
<b>ELBAHIA</b>	17- Avril	125	1080,815	Tardive
<b>BARBEROUSSE/CHOROKHOD</b>	17- Avril	125	1080,815	Tardive
<b>PLAISANT</b>	12- Avril	120	1003,715	Tardive
<b>TICHEDRETT</b>	10- Avril	118	968,765	Semi-tardive
<b>RAHMA</b>	10- Avril	118	968,765	Semi-tardive
<b>BEGOHA</b>	10- Avril	118	968,765	Semi-tardive
<b>JAIDOR</b>	10- Avril	118	968,765	Semi-tardive
<b>RIHANE</b>	07- Avril	115	942,915	Semi-précoce
<b>TINA</b>	06- Avril	114	932,915	Semi-précoce
<b>EXPRESS</b>	06- Avril	114	932,915	Semi-précoce
<b>ACSAD 176</b>	04- Avril	112	904,565	Précoce
<b>BARBEROUSSE</b>	04 Avril	112	904,565	Précoce
<b>SAIDA</b>	04- Avril	112	904,565	Précoce
<b>EL FOUARA</b>	04- Avril	112	904,565	Précoce
<b>SOUFARA 'S</b>	01 Avril	111	875,565	Précoce
<b>PLAISANT/CHARAN01</b>	01- Avril	111	875,565	Précoce

La précocité est estimée par la date d'émergence de l'épi de la gaine de la dernière feuille. La date de réalisation de l'épiaison est présentée sur le tableau 23. La durée est comptée de la levée à l'épiaison en jours et en degrés jour.

Les variétés précoces sont celles ayant épiées les premières représentées par PLAISANT/CHARAN01 avec 109 jours suivie par SOUFARA 'S'avec 111 jours. Les variétés tardives sont celles ayant épiées les dernières et elles sont TISSA, ELBAHIA et BARBEROUSSE/CHOROKHOD avec 125 jours, soit une différence de 16 jours par rapport à la variété précoce.



**Figure 33:** La Précocité à l'épiaison de quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016). **A** : degré jour, **B**: jour

L'étude de caractère adaptatif, tel que la précocité de floraison, est par ailleurs intéressante pour appréhender les réponses adaptatives qui seront mises en œuvre face aux changements environnementaux. La précocité détermine la durée des phases de développement, lesquelles jouent un rôle important dans l'élaboration des composantes du rendement et dans l'évitement des effets climatiques défavorables. En effet, l'amélioration des rendements en conditions sèches est due, en grande partie, à la précocité (**TURNER, 1979**). Celle-ci serait responsable de 40 à 60% de la variabilité du rendement. Dans une étude portant sur 53 cultivars de blé, d'orge et de triticale, **FISHER et MAURER (1978)** ainsi que **TURNER (1986)** ont montré que chaque jour de précocité supplémentaire conduisait à une augmentation moyenne de rendement de 3 q/ha.

La précocité à l'épiaison est utilisée comme critère de sélection pour améliorer les productions dans les zones sèches par plusieurs programmes de sélections de la région semi-aride (**BENLARIBI, 1990 ; BEN SALEM et al., 1997**).

Les résultats obtenus montrent une différence entre la taille des futurs épis et leur date d'émergences (tableau 22,23). On remarque que les variétés ayant la taille de l'apex élevé n'ont pas épiés précocement. Par la taille de l'apex nous avons déterminé approximativement le stade d'initiation florale ou stade A (JONARD). Ce stade marque le début de la formation des ébauches d'épillets. Par contre le stade épiaison ne reflète que la date de sortie des épis de la gaine. Selon **MOULE (1971)**, le stade épiaison ne constitue qu'un indice de précocité et non un repère du développement. Mais sa facilité d'observation autant que son caractère variétal en font un stade très important sur le plan agronomique.

### 3.2.1.2 Caractères morphologiques

#### 3.2.1.2.1 Surface foliaire

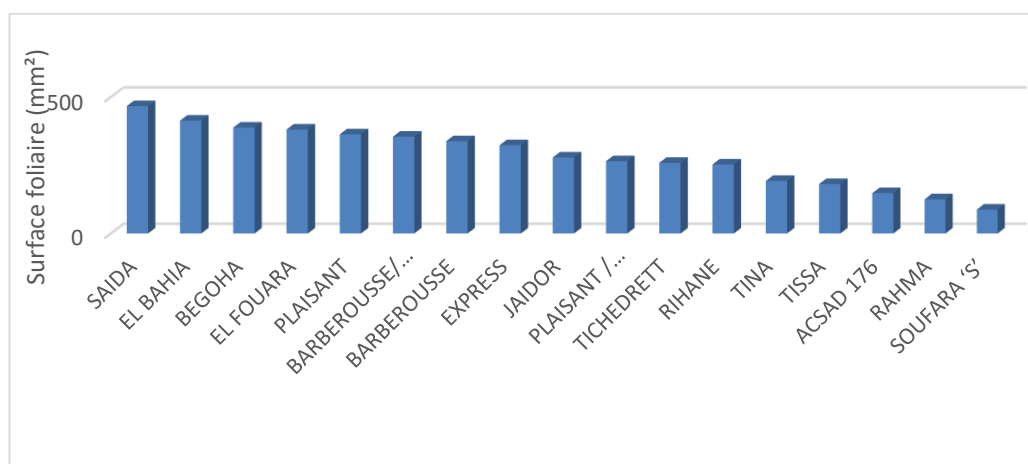
Les moyennes et résultats de la surface foliaires des variétés d'orge conduites dans la région de Sétif sont représentés dans le tableau 24.

Les résultats de l'analyse de variance montrent des différences très hautement significatives de la surface foliaire entre les variétés. Les feuilles de la variété Saida ont été les plus grandes et forment à elles seules un groupe homogène selon le test de Newman-Keuls au seuil de 5%. Le groupe suivant est formé par BAHIA, BEGOHA et Fouara avec respectivement 413, 75, 388,25 et 381 mm<sup>2</sup>. Le groupe à petite surface foliaire est formé par la variété SOUFARA'S' avec 87,5 mm<sup>2</sup> (figure 34). L'analyse de variance Sont reportés dans le tableau 2 de (l'annexe 3).

**Tableau 24** : Moyennes et résultats statistiques de la Surface foliaire quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016).

Variétés	Moyennes	Homogènes Groupes	Résultats statistiques
SAIDA	467	A	Moyenne générale : 283,603mm <sup>2</sup>  Écart type : 77,788  Coefficient de variation :  27,43%  Probabilité : 0THS
EL BAHIA	413,75	AB	
BEGOHA	388,25	AB	
EL FOUARA	381	AB	
PLAISANT	363,5	ABC	
BARBEROUSSE/ CHOROKHO	355	ABC	
BARBEROUSSE	338,5	ABC	
EXPRESS	323,5	ABC	
JAIDOR	278,75	BCD	
PLAISANT / CHARAN01	265	BCD	
TICHEDRETT	259	BCD	
RIHANE	253	BCD	
TINA	192,75	CDE	
TISSA	181,25	CDE	
ACSAD 176	148	DE	
RAHMA	125,5	DE	
SOUFARA 'S'	87,5	E	

**THS**: Très Hautement Significative **ET**= 77,788 **CV** = 27,43% **X'** = 283,603



**Figure34** : Surface foliaire de quelques variétés d'orge (mm<sup>2</sup>) conduites dans la région de Sétif (2015/2016).

Une surface foliaire verte importante au stade épiaison peut conduire à un meilleur rendement en grain. Une variété à faible surface foliaire est capable aussi de donner un bon rendement en grain, grâce à une meilleure efficacité d'utilisation de l'énergie lumineuse par unité de surface foliaire ou à une durée de vie plus longue du feuillage vert (**BOUZERZOUR et al, 1998**).

La réduction de la surface foliaire transpirante est souvent associée à un évitement de la contrainte hydrique (**KEIM et KRONSTARD, 1981**). Selon **HOPKINS (2003)**, la réduction de

la croissance foliaire est bénéfique aux plantes soumises au stress hydrique puisque la surface foliaire est diminuée et la transpiration réduite. En effet, un faible apport d'eau se traduit par une diminution de la turgescence des cellules des zones de croissance.

### 3.2.1.2.2 Hauteur des plantes

La variabilité de la hauteur des plantes à maturité est très importante, En effet, l'analyse de variance de la hauteur des plantes a montré des différences très hautement significatives (tableau 25).

**Tableau 25 :** Moyennes et résultats statistiques de la hauteur de quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016).

Variétés	Moyennes	Homogènes Groupe	Résultats statistiques
TINA	122,93	A	Moyenne générale : 102,81cm Écart type : 6,395 Coefficient de variation : 6,22% Probabilité : 0 THS
SAIDA	117,83	AB	
TICHDRETT	111,58	ABC	
EL BAHIA	110,73	AABCD	
BARBEROUSSE	110,33	ABCD	
EL FOUARA	108,60	BCD	
ACSAD 176	106,40	BCDE	
BARBEROUSSE/ CHOROKHO	104,68	BCDE	
RAHMA	101,28	CDEF	
PLAISANT / CHARAN01	98,98	CDEF	
EXPRESS	97,18	CDEF	
JAIDOR	96,58	DEF	
PLAISANT	94,05	EF	
RAHMA	93,23	EF	
BEGOHA	92,53	EF	
TISSA	92,28	EF	
SOUFARA 'S'	88,70	F	

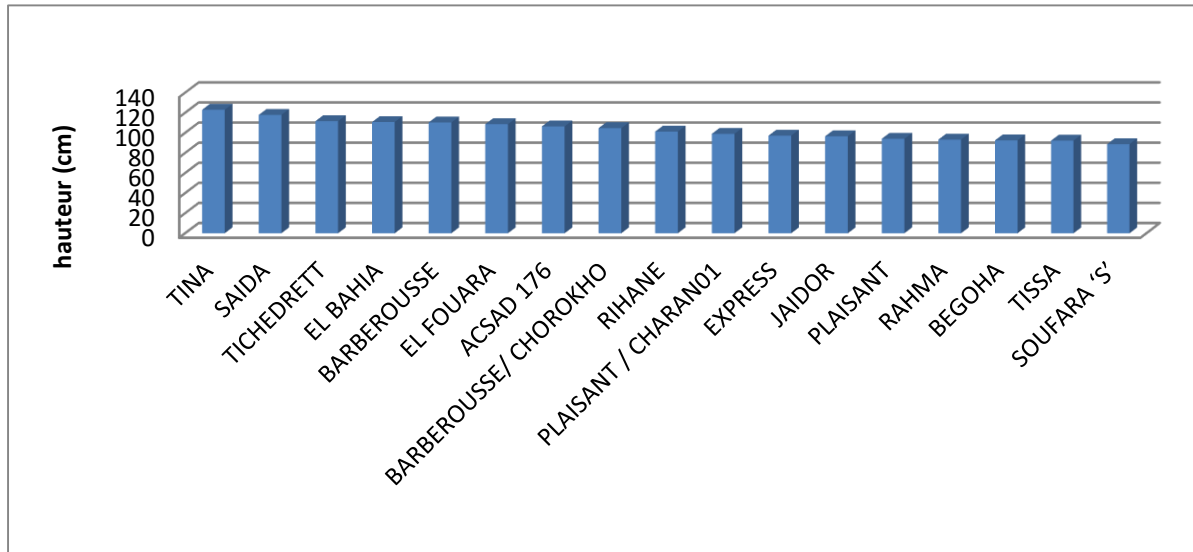
**THS:** Très Hautement Significative **ET**= 6,395 **CV** = 6,22% **X'** = 102,81

Selon la comparaison des moyennes selon le test de Newman-Keuls au seuil de 5%, la variété Tina a présenté la hauteur la plus élevée avec 122,93 cm, suivie par un groupe formé par Saida dont la hauteur a été de 117,82 cm.

Les variétés à paille plus courte sont SOUFARA 'S', TISSA, RAHMA et BEGOHA avec respectivement 88, 70, 92, 27, 93,22 et 92,52 cm (figure 35). L'analyse de variance Sont reportés dans le tableau 3 de (l'annexe 3).

La moyenne générale étant de 102,81cm, Les variétés locales Tichedrett et Saida ont été au-dessus de cette moyenne justifiant ainsi leur double exploitation (fauchage vert et grain).

En zone semi-aride, la hauteur est considérée comme critère de sélection dans les programmes d'amélioration. En période de sécheresse la plante développe une hauteur élevée qui est signe de tolérance (ALHAKIM, 1995). La taille élevée du chaume est souvent associée à un système racinaire profond et donc à une meilleur extraction de l'eau du sol (BAGGA *et al.*, 1970).



**Figure35** : Hauteur de quelques variétés d'orge (cm) conduites dans la région de Sétif (2015/2016).

### 3.2.1.2.3 Longueur du col de l'épi

Les moyennes et résultats de la Longueur du col de l'épi des variétés d'orge conduites dans la région de Sétif est représentés dans le tableau 26.

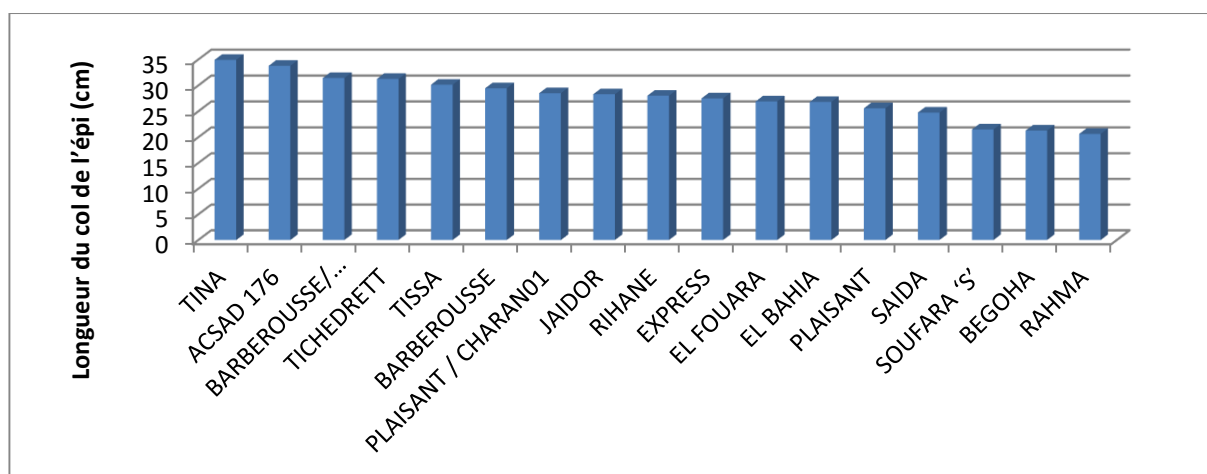
Les résultats de l'analyse de variance montrent des différences très hautement significatives de la longueur du col de l'épi la entre les variétés. La comparaison des moyennes selon le test de Newman-Keuls au seuil de 5% la variété montre une grande diversité des variétés qui ont formés 9 groupes homogènes dont le premier groupe représenté par TINA dont longueur du col de l'épi la plus élevée avec 34,91 cm, suivie par un groupe formé par ACSAD 176 dont la Longueur du col de l'épi a été de 33,77cm. Le dernier groupe est formé par RAHMA avec 20,63 cm, soit une différence de 14 cm par rapport à TINA (figure 36). L'analyse de variance Sont reportés dans le tableau 4 de (l'annexe 3).

**Tableau26** : Moyennes et résultats statistiques de longueur du col de l'épi de quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016).

Variétés	Moyennes	Homogènes Groupes	Résultats statistiques
TINA	34,915	A	Moyenne générale : 27,687cm Écart type : 2,357  Coefficient de variation : 8,51%  Probabilité : 0 THS
ACSAD 176	33,773	AB	
BARBEROUSSE/ CHOROKHO	31,424	ABC	
TICHEDRETT	31,244	ABC	
TISSA	30,125	BCD	
BARBEROUSSE	29,436	BCD	
PLAISANT / CHARAN01	28,493	CD	
JAIDOR	28,29	CD	
RIHANE	28,013	CD	
EXPRESS	27,497	CD	
EL FOUARA	26,903	CD	
EL BAHIA	26,802	CD	
PLAISANT	25,577	DE	
SAIDA	24,758	DEF	
SOUFARA 'S'	21,5	EF	
BEGOHA	21,292	EF	
RAHMA	20,635	F	

**THS:** Très Hautement Significative **ET**= 2,357    **CV** = 8,51%    **X'** = 27,687cm

Le rôle du col de l'épi revêt une importance dans l'amélioration du rendement. Sous stress abiotiques, les génotypes qui possèdent la capacité de transférer une partie des réserves stockées dans le col de l'épi vers le grain, font un meilleur rendement (**EHDAIE et al., 2006** in **HADDAD, 2010**). La sélection pour la capacité génotypique de stockage des glucides dans le col de l'épi et leur utilisation en post- anthèse pour la finition ou le remplissage du grain est suggérée. Selon **HADDAD (2010)**, les variétés de blé dur utilisent une plus grande proportion (+30%) des assimilés stockés dans le col de l'épi pour minimiser la baisse de rendement liée à la durée de la phase végétative.



**Figure36** : La Longueur du col d'épi d'orge (cm) de quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016).

### 3.2.1.2.4 Longueur des épis

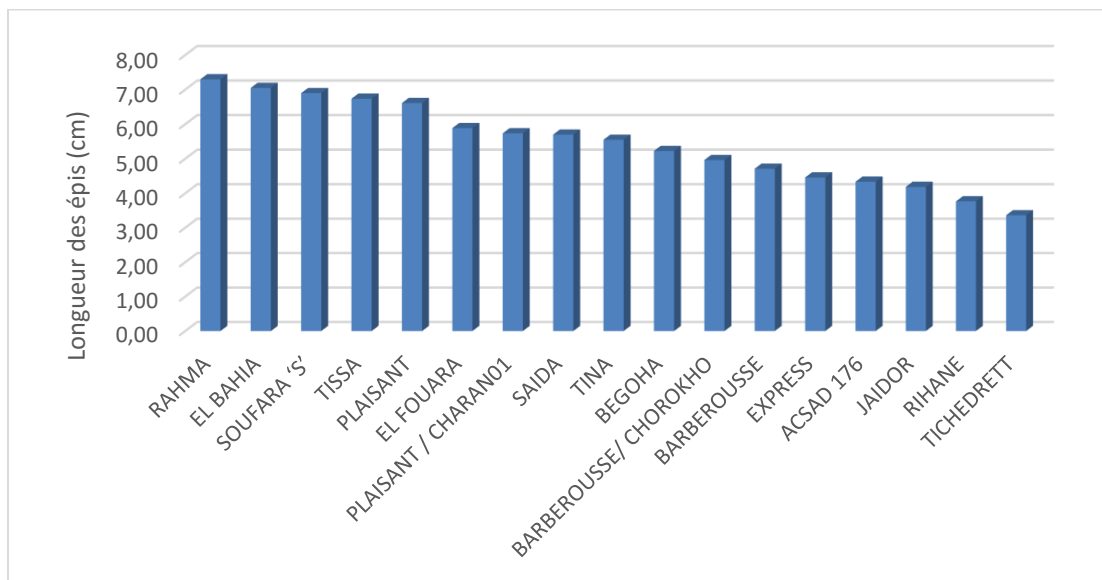
Les moyennes et résultats de la Longueur d'épi des variétés d'orge conduites dans la région de Sétif est représentés dans le tableau 27. L'analyse de variance Sont reportés dans le tableau 5 de (l'annexe 3).

**Tableau 27** : Moyennes et résultats statistiques de la longueur de l'épi de quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016).

Varieties	moyenne	homogènes Groupes	Résultats statistiques
RAHMA	7,30	A	Moyenne générale : 5,44cm Écart type : 0,83 Coefficient de variation : 15,25% Probabilité : 0THS
EL BAHIA	7,05	AB	
SOUFARA 'S'	6,90	AB	
TISSA	6,74	ABC	
PLAISANT	6,61	ABC	
EL FOUARA	5,89	ABCD	
PLAISANT / CHARAN01	5,74	ABCD	
SAIDA	5,70	ABCD	
TINA	5,55	ABCDE	
BEGOHA	5,23	BCDE	
BARBEROUSSE/ CHOROKHO	4,96	CDEF	
BARBEROUSSE	4,71	DEF	
EXPRESS	4,46	DEF	
ACSAD 176	4,34	DEF	
JAIDOR	4,19	DEF	
RIHANE	3,77	EF	
TICHEDRETT	3,36	F	

**THS**: Très Hautement Significative **ET**= 0,83 **CV** = 15,25% **X'** = 5,44

Les différences entre les variétés sont illustrées dans la figure 37. Les épis de la variété RAHMA mesurent environ le double de RIHANE et TICHEDRETT avec une différence de taille de 3,94 et 3,53 cm respectivement.



**Figure 37** : Longueur d'épi de quelques variétés d'orge (cm) conduites dans la région de Sétif (2015/2016).

Selon **FEBROERO et al., (1990)** ce caractère est un indicateur de rendement car il participe à la photosynthèse et par voie de conséquence à la formation du grain. Selon **RIED (1985)**, la longueur de l'épi est variable entre les différents génotypes et peut être différente au sein de la même plante comme elle est sujette à la grande influence de l'environnement.

### 3.2.1.2.5 Longueur de barbes

Les moyennes et résultats de la Longueur des barbes des variétés d'orge conduites dans la région de Sétif est représentés dans le tableau 28 sur lequel on remarque que les résultats de l'analyse de variance montrent un non significatif (NS).

La variété Plaisant/Charan01, a présenté la Longueur des barbes la plus élevée avec 14,50 cm, Suivie par Tichedrett avec de 12,05 cm. Les barbes les plus courtes observées sont représentées par les variétés SOUFARA 'S, RAHMA, et SAIDA, avec respectivement 8,98 cm, 8,48 cm et 9,02cm (figure 38). L'analyse de variance sont reportés dans le tableau 6 de (l'annexe 3).

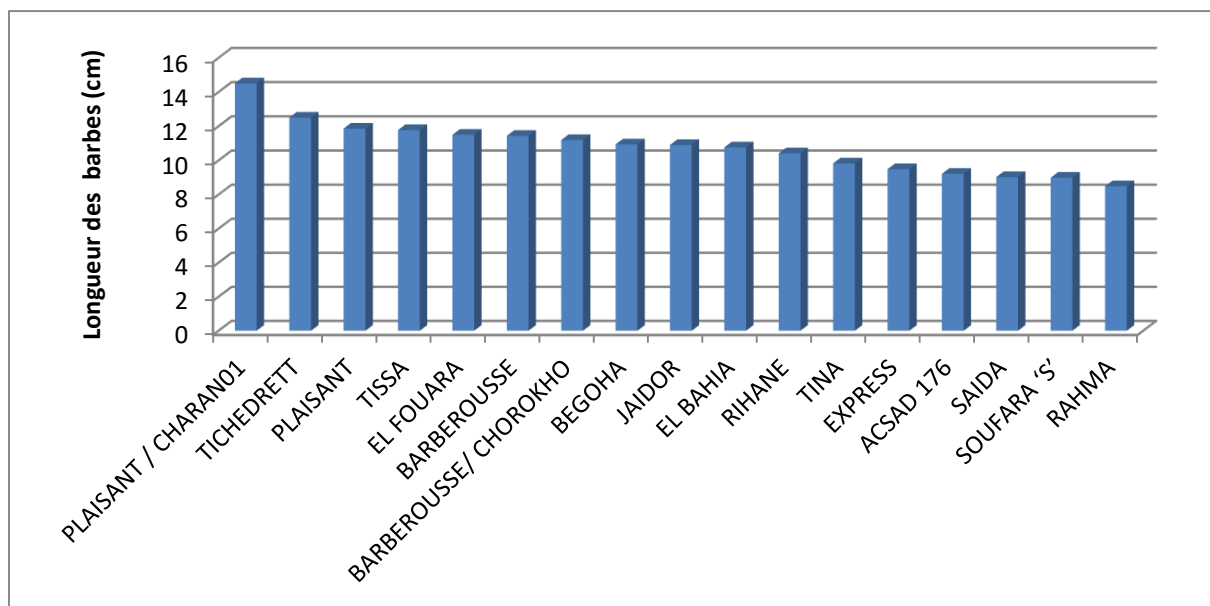
**Tableau 28 :** Moyennes et résultats statistiques de la Longueur des barbes de quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016).

Varieties	moyenne	Résultats statistiques
PLAISANT / CHARAN01	14,506	Moyenne générale : 10,753cm Écart type : 2,496 Coefficient de variation : 23,21% Probabilité : 0,14667 NS
TICHEDRETT	12,5	
PLAISANT	11,863	
TISSA	11,775	
EL FOUARA	11,5	
BARBEROUSSE	11,438	
BARBEROUSSE/ CHOROKHO	11,188	
BEGOHA	10,938	
JAIDOR	10,9	
EL BAHIA	10,763	
RIHANE	10,413	
TINA	9,825	
EXPRESS	9,488	
ACSAD 176	9,213	
SAIDA	9,025	
SOUFARA 'S'	8,988	
RAHMA	8,488	

NS : Non Significatif ET= 2,496 CV = 23,21% X' = 10,753

La longueur des barbes est souvent considérée comme critère de sélection pour la résistance à la sécheresse chez les céréales (**GRIGNAC, 1981**). Selon **OUDJANI (2009)**, la longueur des barbes est une caractéristique de tolérance à un déficit hydrique. Les barbes jouent un rôle important dans le remplissage du grain.

Selon **NEMMAR (1983)**, la présence des barbes chez les céréales augmente la possibilité d'utilisation de l'eau et l'élaboration de la matière sèche lors de la phase de maturation. Les variétés avec barbes conviennent aux climats secs et chauds, alors que les génotypes sans barbes conviennent dans les régions tempérées et humides, comme il a été déjà rapporté par (**TEICH, 1982 et SOUILAH, 2009**).



**Figure 38 :** Longueur des barbes de quelques variétés d'orge (cm) conduites dans la région de Sétif (2015/2016).

### 3.2.1.3 Paramètres physiologiques

#### 3.2.1.3.1 Teneur relative en eau

Les moyennes et résultats de la Teneur relative en eau des variétés d'orge conduites dans la région de Sétif sont représentés dans le tableau 29.

**Tableau 29 :** Moyennes et résultats statistiques de la teneur relative en eau de quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016).

Variétés	moyenne	homogènes Groupes	Résultats statistiques
BEGOHA	91,25	A	Moyenne générale : 74,16 Écart type : 10,323 Coefficient de variation : 13,92% Probabilité : 0,00032 THS
PLAISANT	86,50	AB	
RAHMA	84,77	AB	
JAIDOR	80,56	ABC	
SOUFARA 'S'	80,06	ABC	
BARBEROUSSE/ CHOROKHO	80,00	ABC	
ACSAD 176	79,93	ABC	
RIHANE	79,50	ABC	
TISSA	77,65	ABC	
TINA	77,51	ABC	
BARBEROUSSE	73,65	ABCD	
TICHEDRETT	73,61	ABCD	
EXPRESS	71,65	ABCD	
EL FOUARA	67,86	ABCD	
EL BAHIA	56,55	BCD	
PLAISANT / CHARAN01	51,40	CD	
SAIDA	48,29	D	

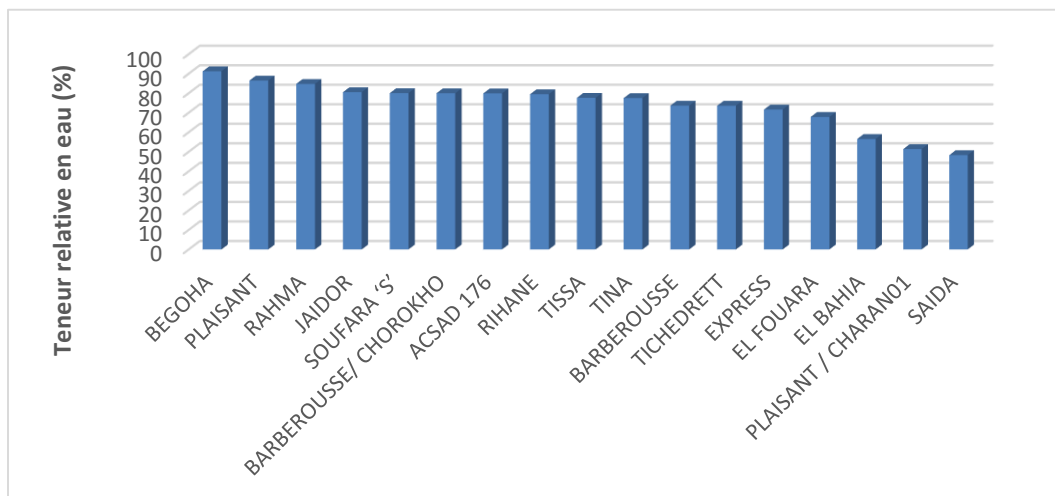
**THS:** Très Hautement Significative **ET=** 10,323 **CV =** 13,92% **X' =** 74,16

Les résultats de l'analyse de variance montrent des différences très hautement significatives entre variétés. La variété BEGOHA s'est distinguée par sa teneur relative en eau élevée et forme à elle seule un groupe homogène selon le test de Newman-Keuls au seuil de 5%. Le groupe suivant est formé par Plaisant avec 86,5%. Les variétés ayant une faible TRE sont BAHIA, PLAISANT/CHARAN01, SAIDA avec représentées respectivement 56, 55, 51,40 et 48,29 %. L'analyse de variance sont reportés dans le tableau 7 de (l'annexe 3).

La teneur relative en eau des feuilles est un indicateur qui permet de caractériser directement ou indirectement l'état hydrique des plantes surtout dans les cas les plus extrêmes où elle caractérise la dessiccation des cellules (TARDIEU, 1996). ARAUS *et al.*, (1991) in BOUZERZOUR *et al.*, (1998), montrent que cette capacité est liée aux possibilités de la plante à s'alimenter de manière constante en eau (système racinaire) au contrôle des pertes d'eau par les surfaces évaporantes (nombre et diamètre des stomates, résistance stomatique à la sortie de la vapeur d'eau) et à l'ajustement osmotique.

La TRE élevée a été rapportée comme étant une tolérance à la sécheresse de cultivars de blé (MARTIN *et al.*, 1997). En effet d'après MONNEVEUX *et al.*, (1992), la TRE permet de détecter les variétés tolérantes à la sécheresse par le maintien de cette teneur à des potentiels hydriques faibles, et donc à une capacité d'ajustement osmotique élevée, cas de BEGOHA.

La teneur relative en eau foliaire, Au stade épiaison, donne une indication sur le statut hydrique de la plante, à un moment où commence à se déterminer le rendement en grain (BLUM, 1988 et BOUZERZOUR *et al.*, (2002).



**Figure39 :** Teneur relative en eau de quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016).

## 3.2.1.3.2 Taux de cire

Les résultats de l'analyse de variance montrent une différence hautement significative entre variété pour le taux de cire (tableau 30).

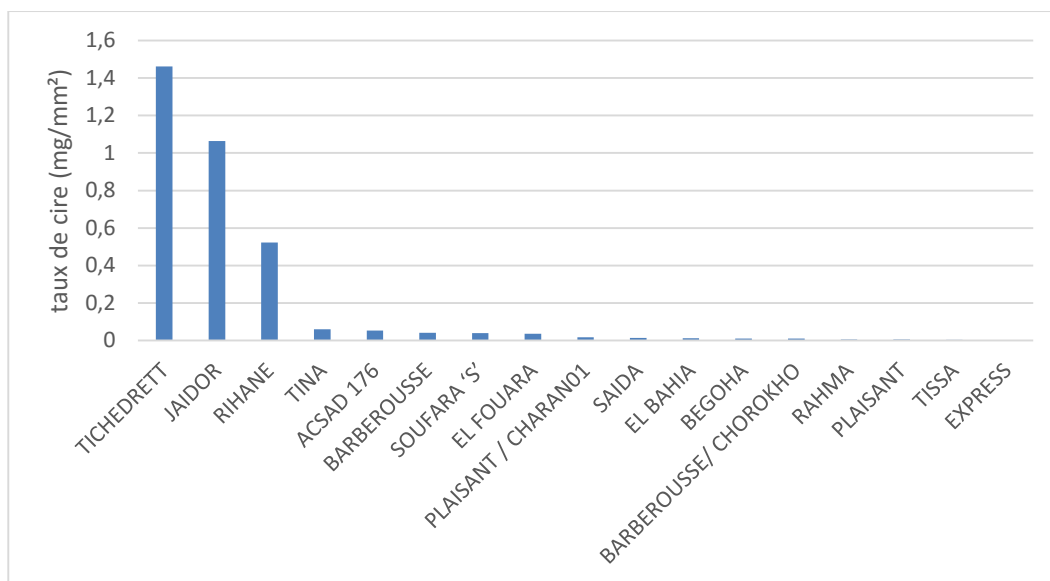
**Tableau30:** Moyennes et résultats statistiques du taux de cire en eau de quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016).

Variétés	moyenne	homogènes Groupes	Résultats statistiques
TICHDRETT	1,461	A	Moyenne générale : 0,198 Écart type : 0,144 Coefficient de variation : 223,25% Probabilités : 0,00026 HS
JAIDOR	1,064	AB	
RIHANE	0,523	B	
TINA	0,061	B	
ACSAD 176	0,054	B	
BARBEROUSSE	0,042	B	
SOUFARA 'S'	0,039	B	
EL FOUARA	0,037	B	
PLAISANT / CHARAN01	0,017	B	
SAIDA	0,015	B	
EL BAHIA	0,013	B	
BEGOHA	0,01	B	
BARBEROUSSE/ CHOROKHO	0,01	B	
RAHMA	0,006	B	
PLAISANT	0,005	B	
TISSA	0,004	B	
EXPRESS	0,002	B	
SAIDA	168	A	

**HS :** Hautement Significative **ET**= 0,144      **CV** = 223,25%      **X'** = 0,198

La comparaison de moyennes selon le test de Newman-Keuls au seuil de 5% distingue deux groupes homogènes et un groupe intermédiaire. Le premier groupe formé par la variété Tichedrett et un taux de cire de 1,46 mg/mm<sup>2</sup>. Le groupe intermédiaire formé par la variété JAIDOR. Le troisième groupe a regroupé toutes les autres variétés (tableau 30). L'analyse de variance Sont reportés dans le tableau 8 de (l'annexe 3).

L'illustration des résultats sur la figure 40, montre la nette supériorité des trois variétés TICHDRETT, JAIDOR et RIHANE. La variété EXPRESS a présenté le taux de cire le plus petit.



**Figure 40 :** Le Taux de cire de quelques variétés d'orge (G) conduites dans la région de Sétif (2015/2016).

La glaucescence est un caractère qui réduit le taux de perte d'eau (transpiration cubiculaire) en condition de déficit hydrique (**RICHARD *et al.*, 1986; LUDLOW et MUCHOW, 1990**). En effet, elle est un des caractères qui induisent une augmentation de la réflectance et donc une réduction de la température foliaire limitant ainsi les pertes en eau par transpiration (**QARIANI *et al.*, 2002**).

Ceci est en accord avec les travaux de **CLARKE et RICHARDS (1988)** et ceux de **CLARKE *et al.*, (1989)** cités par **QARIANI *et al.*, (2002)** qui ont montré que la majorité des accessions glaucescentes ont des rendements en biomasse plus élevés que celles à glaucescence faible.

### 3.2.1.4 Composantes du rendement et rendement

#### 3.2.1.4.1 Densité de peuplement

Les moyennes et résultats de la densité de peuplement des variétés d'orge conduites dans la région de Sétif sont regroupés dans le tableau 31.

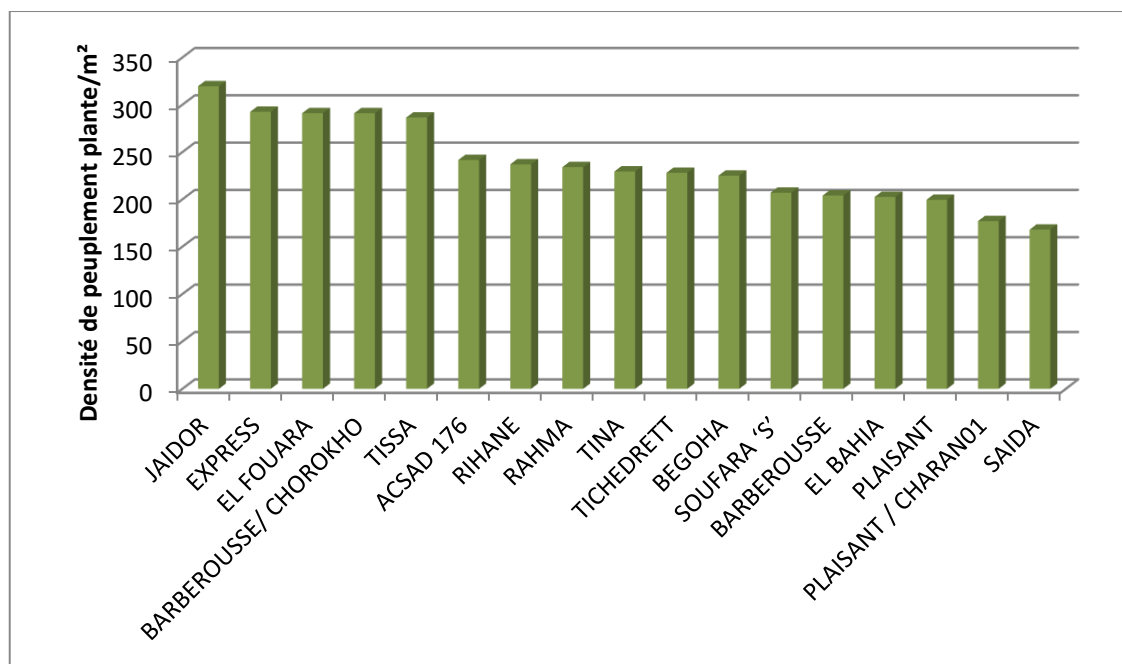
L'examen des résultats par l'analyse de variance montre une différence hautement significative (**HS**) pour la densité de peuplement. La variété JAÏDOR a enregistré la plus forte densité est formée à elle seule un groupe homogène selon le test de Newman-Keuls au seuil de 5%, avec 319,5 plante/m<sup>2</sup>. Le groupe suivant est formé par EXPRESS, et EL FOUARA avec respectivement 292,5 et 291 plante/m<sup>2</sup>. Le groupe présentant la plus basse densité est formé par la variété PLAISANT, PLAISANT/CHARAN01 et SAIDA (figure 41). L'analyse de variance sont reportés dans le tableau 9 de (l'annexe 3)

**Tableau 31** : Moyennes et résultats statistiques de la Densité de peuplement de quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016).

Varieties	moyenne	homogènes Groupes	Résultats statistiques
JAIDOR	319,5	A	Moyenne générale : 226,2 plante/m <sup>2</sup> .  Écart type : 59,633  Coefficient de variation : 25,13%  Probabilités : 0,01768 HS
EXPRESS	292,5	A	
EL FOUARA	291	A	
BARBEROUSSE/ CHOROKHO	291	A	
TISSA	286,5	A	
ACSAD 176	241,5	A	
RIHANE	237	A	
RAHMA	234	A	
TINA	229,5	A	
TICHDRETT	228	A	
BEGOHA	225	A	
SOUFARA 'S'	207	A	
BARBEROUSSE	204	A	
EL BAHIA	202,5	A	
PLAISANT	199,5	A	
PLAISANT / CHARAN01	177	A	
SAIDA	168	A	

**HS:** Hautement Significative **ET**= 59,633    **CV** = 25,13%    **X'** = 226,2

La densité de peuplement est influencé par la dose de semis, le poids de 1000 grains, la qualité des semences, Les caractéristiques du lit de semence et les conditions climatiques après le semis (**MALKI, M et al., 2002**). Toutes variabilités en cette composante sont liées aux conditions techniques toute fois la faculté de germination et la survie après semis sont des facteurs qui agissent sur cette densité.



**Figure 41:** La Densité de peuplement de quelques variétés d'orge (plante/m<sup>2</sup>) conduites dans la région de Sétif (2015/2016).

#### 3.2.1.4.2 Densité d'épis

La densité épi des variétés suivies est exprimée par les moyennes et résultats statistiques représentés dans le tableau 32.

Les résultats obtenus montrent des différences très hautement significative (**THS**), Entre les variétés. La comparaison des moyennes selon le test de Newman-Keuls au seuil de 5% fait ressortir plusieurs groupes intermédiaires et trois groupes homogènes.

La variété SOUFARA 'S a donné le plus grand nombre d'épis/m<sup>2</sup> (979,5épi/ m<sup>2</sup>), suivie par la variété BARBEROUSSE (871,5épi/ m<sup>2</sup>) puis la variété RAHMA (838,5épi/m<sup>2</sup>).D'autres part, de faibles nombre d'épi/m<sup>2</sup> ont été observé chez les variétés TICHEDRETT, RIHANE et ELBAHIA (figure 42). L'analyse de variance Sont reportés dans le tableau **10** de (l'annexe 3).

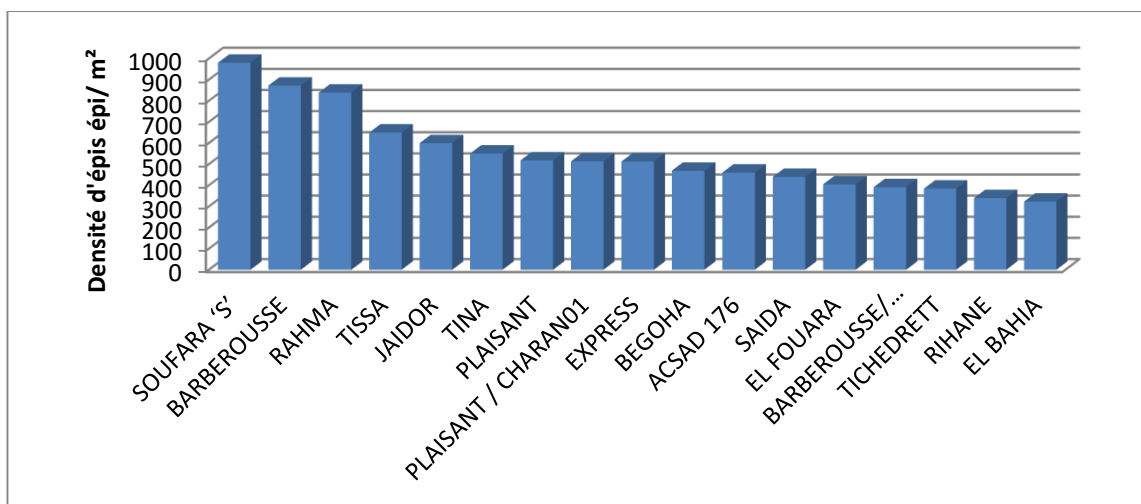
**Tableau 32** : Moyennes et résultats statistiques de la Densité d'épis quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016).

variétés	moyenne	homogènes Groupes	Résultats statistiques
SOUFARA 'S'	979,5	A	Moyenne générale : 543,485 épi/ m <sup>2</sup> , Écart type : 93,268 Coefficient de variation : 17,16% Probabilités : 0THS
BARBEROUSSE	871,5	A	
RAHMA	838,5	A	
TISSA	649,5	B	
JAIDOR	599,25	BC	
TINA	549,75	BCD	
PLAISANT	517,5	BCDE	
PLAISANT / CHARAN01	513	BCDE	
EXPRESS	512,25	BCDE	
BEGOHA	468,75	BCDE	
ACSAD 176	459,75	BCDE	
SAIDA	439,5	BCDE	
EL FOUARA	404,25	CDE	
BARBEROUSSE/ CHOROKHO	390,75	CDE	
TICHEDRETT	384	CDE	
RIHANE	339	DE	
EL BAHIA	322,5	E	

**THS:** Très Hautement Significative **ET**= 93,268    **CV** = 17,16%    **X'** = 543,485

Le rendement des céréales est élaboré à partir de 3 composantes, parmi elles le nombre d'épis par m<sup>2</sup> (capacité de tallage). Le nombre d'épis et de gousses dépendent en premier lieu du facteur génétique, la densité de semis, de la puissance de tallage, elle-même est conditionnée par la nutrition azotée et l'alimentation hydrique de la plante pendant la période de tallage (**ZAIR, 1964**).

Selon **BENBELKACEM (1986)**, les orges à 2 rangs ont plus d'épis que les orges à 6 rangs et sont les meilleures sources pour le fort tallage.



**Figure 42:** Le nombre d'épi par m<sup>2</sup> de quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016).

### 3.2.1.4.3 Nombre de grains par épi

Le nombre de grains par épi est le reflet de la fertilité de la plante nos résultats sont rapportés dans le tableau 33.

**Tableau 33 :** Moyennes et résultats statistiques du nombre de grains par épi de quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016).

variétés	moyenne	homogènes Groupes	Résultats statistiques
BEGOHA	65,45	A	Moyenne générale : 46,08 grains /épi, Écart type : 5,907 Coefficient de variation : 12,81%  Probabilités : 0THS
BARBEROUSSE	60,475	AB	
ACSAD 176	53,3	BC	
RIHANE	51,725	BC	
JAIDOR	51,625	BC	
EXPRESS	50,125	BC	
EL BAHIA	49,35	BC	
PLAISANT	48,375	BC	
TICHEDRETT	48,35	BC	
EL FOUARA	46,125	C	
BRBEROUSSE/ CHOROKHO	45,4	C	
SAIDA	44,325	C	
TINA	43,25	C	
PLAISANT / CHARAN01	43,125	C	
SOUFARA 'S'	32,275	D	
TISSA	25,15	D	
RAHMA	25,05	D	

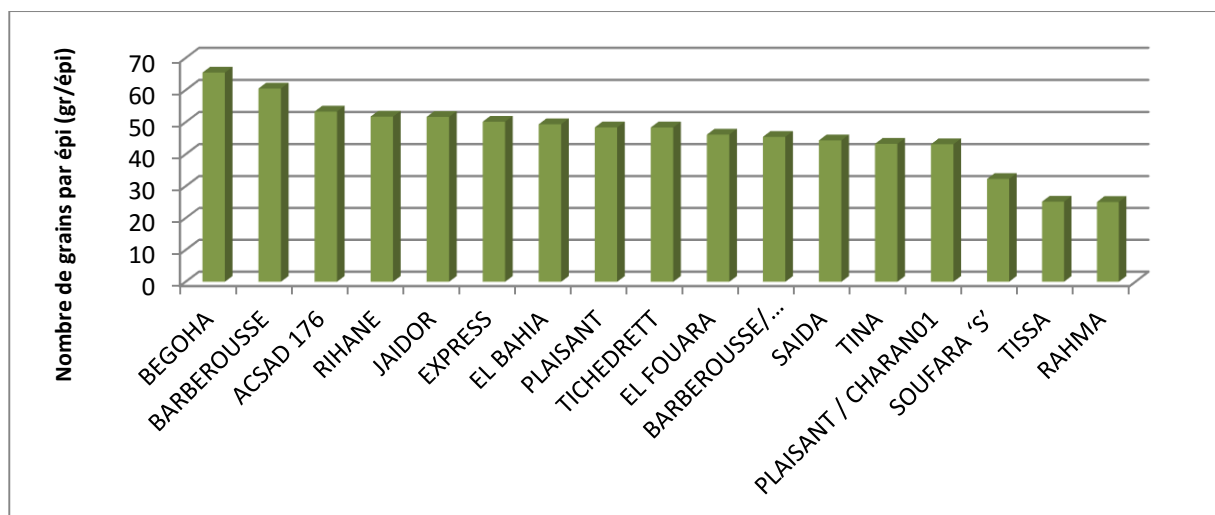
**THS:** Très Hautement Significative **ET**= 5,907 **CV** = 12,81% **X'** = 46,087

Ce caractère joue un rôle important dans la détermination du rendement, il est en fonction du nombre d'épillets fertiles. Les résultats obtenus montrent une différence très hautement significative entre les variétés étudiées, Le test de NEW MAN et KEULS au seuil de 5%, Fait apparaître trois groupes homogènes et deux autres intermédiaires. L'analyse de variance Sont reportés dans le tableau **11** de (l'annexe 3).

Le nombre de grains/épis le plus élevé est de 65,45grains/épi pour la variété BEGOHA, suivi par la variété BARBEROUSSE avec 60,47grains/épi. La variété ACSAD 176se classe en troisième position par un nombre de 55,3grains/épi. Alors que le petit nombre de grains par épi est retrouvé chez les variétés SOUFARA 'S, TISSA et RAHMA dont le nombre de grains/épi ne dépasse pas 33 grains.

Le nombre de grains par épi est une caractéristique variétale qui mesure la fertilité de l'épi. Il est en place au moment de l'induction florale, soit dès la fin du tallage, il joue un rôle très important dans l'élaboration du rendement. Ce paramètre est très influencée par l'environnement notamment les variations climatiques ainsi qu'à toute déficience nutritionnelle (**MANER, 1978, TRIBOI et al.,1985(in SOUILAH , 2009)**). Selon **PAULSEN et HEYNE (1982) in KABOUCHE et al., (2001)**, la fertilité de l'épi est liée aux conditions climatiques, Surtout au cours du stade gonflement-épiaison, la sécheresse et les hautes températures précoces peuvent induire la stérilité du grain de pollen et la destruction de l'ovaire.

La variabilité de réponse des variétés vis-à-vis du nombre de grains par épi peut être due au déficit pluviométrique observé au cours des mois de Janvier et février période coïncidant avec la phase végétative de la plante et la sensibilité de certaines variétés. Selon **CECCARELLI (1987)**, le déficit hydrique durant la phase précoce de développement de la plante induit une diminution de primordiums épillets, tandis que le déficit d'eau à la fin de développement augmente la mort de la fleur et l'épillet entier. Le nombre de grains par épi (fertilité) dépend de la disponibilité de l'eau au cours de la première phase végétative et pendant la phase tallage.



**Figure43:** Le nombre de grains par épi de quelques variétés d'orge (grains /épi), conduites dans la région de Sétif (2015/2016).

#### 3.2.1.4.4 Poids de mille grains (PMG)

Le poids de mille grains a présenté les moyennes et résultats consignés dans le tableau 34,

**Tableau 34 :** Moyennes et résultats statistiques du Poids de mille grains quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016).

Varieties	Moyenne	homogènes Groupes	Résultats statistiques
SAIDA	52,73	A	Moyenne générale : 42,269g Écart type : 5,078 Coefficient de variation : 12,01% Probabilities :0,00123THS
EL BAHIA	48,71	AB	
EL FOUARA	48,52	AB	
RIHANE	46,65	AB	
TICHEDRETT	43,89	AB	
TISSA	42,84	AB	
RAHMA	42,67	AB	
ACSAD 176	40,79	B	
BARBEROUSSE/ CHOROKHO	40,61	B	
PLAISANT / CHARAN01	40,1	B	
PLAISANT	40,02	B	
JAIDOR	40,02	B	
EXPRESS	39,27	B	
BARBEROUSSE	38,96	B	
BEGOHA	38,84	B	
SOUFARA 'S'	36,99	B	
TINA	36,87	B	

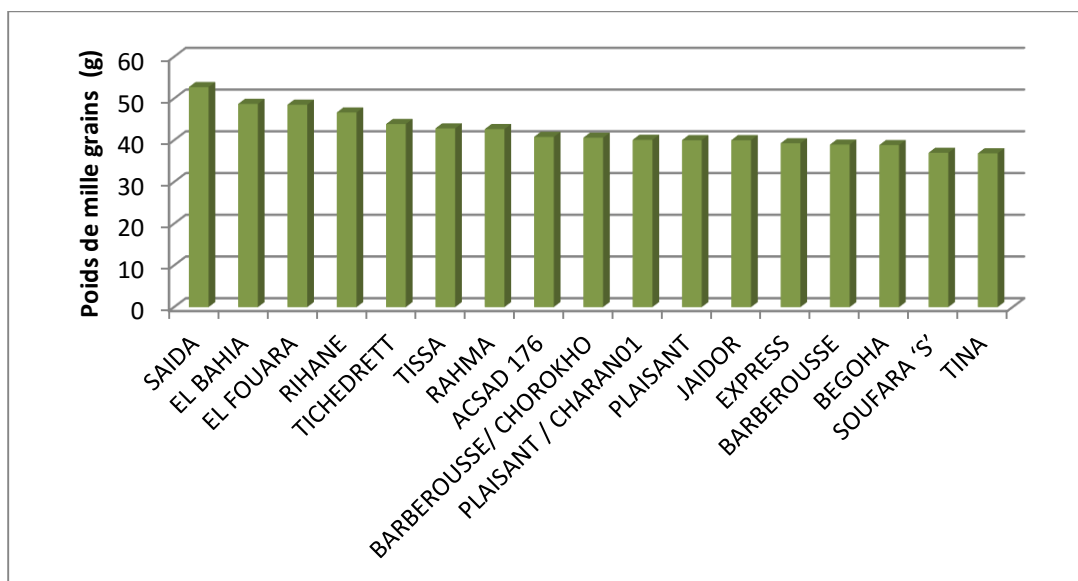
**THS:** Très Hautement Significative **ET**= 5,078 **CV** = 12,01% **X'** = 42,269

Les résultats obtenus montrent l'existence d'une forte variabilité entre variétés, en effet, l'analyse de variance montre une différence très hautement significative. L'analyse de

variance Sont reportés dans le tableau 12 de (l'annexe 3).

Le test de NEWMAN et KEULS fait apparaître deux groupes homogènes et un groupe intermédiaire. Le 1<sup>er</sup> groupe à PMG très élevé est représenté par SAIDA dont le poids dépasse 52 g. Le groupe intermédiaire (AB) est représenté par six variétés dont TICHEDRETT et ACSAD 176.

Les résultats obtenus sont illustrés dans la figure 44, Il en ressort les trois groupes cités plus haut très élevé, élevé et moyen exprimé par la diminution progressive du PMG qui finit par se stabiliser quelque peu vers un poids de 36 g.



**Figure 44** : Le Poids de mille grains de quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016).

Chez les céréales, le poids de mille grains(PMG) est un paramètre qui décrit la capacité d'accumulation des substances de réserves en conditions environnementales optimales. Le remplissage des grains se fait essentiellement par les assimilâtes récemment photo synthétisés

Le PMG est une caractéristique variétale influençant fortement le rendement. Il dépend des conditions climatiques ainsi que de l'état nutritionnel notamment en azote surtout durant le stade maturation (GRIGNAC, 1981) et ( OUDJANI, 2009).D'après ABBASSENNE et *al.*, (1998) in BOUZERZOUR et *al.*, (2002), une phase de remplissage qui se déroule sous fortes contraintes thermiques donne des rendements très faible, même si l'état des plantes au stade épiaison laisse espérer un bon rendement.

#### 3.2.1.4.5 Biomasse totale à maturité

Les moyennes et résultats de la biomasse totale des variétés d'orge conduites dans la région de Sétif sont représentés dans le tableau 35.

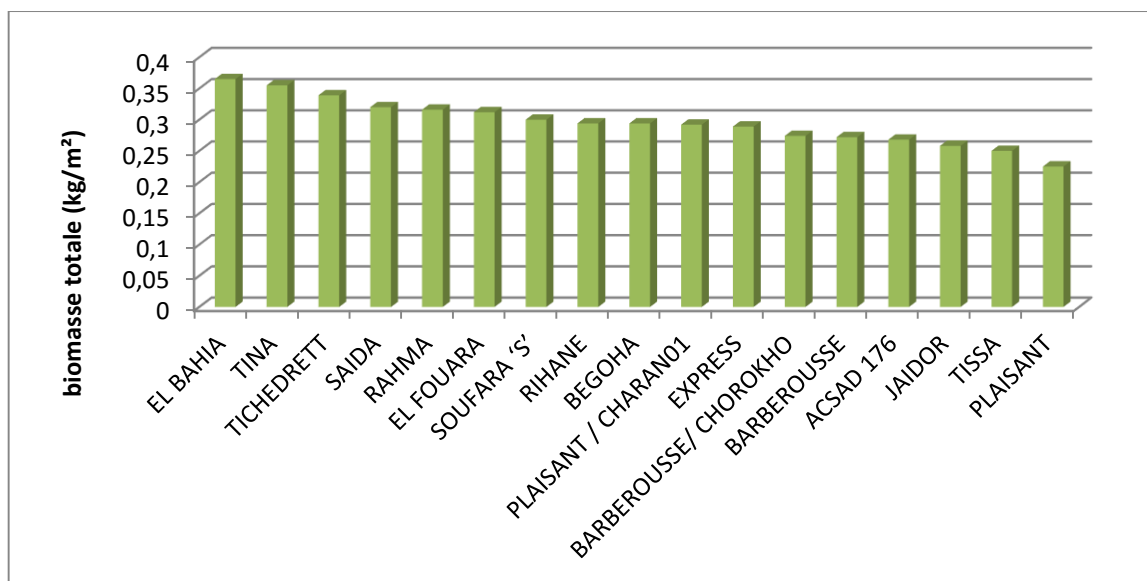
**Tableau 35:** Moyennes et résultats statistiques du Biomasse totale quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016).

Varieties	Moyenne	Résultats statistiques
EL BAHIA	0,365	Moyenne générale : 0,295 Écart type : 0,061 Coefficient de variation : 20,51% Probabilité : 0,14161 NS
TINA	0,355	
TICHDRETT	0,339	
SAIDA	0,32	
RAHMA	0,316	
EL FOUARA	0,312	
SOUFARA 'S'	0,3	
RIHANE	0,294	
BEGOHA	0,294	
PLAISANT / CHARAN01	0,292	
EXPRESS	0,289	
BARBEROUSSE/ CHOROKHO	0,274	
BARBEROUSSE	0,272	
ACSAD 176	0,268	
JAIDOR	0,258	
TISSA	0,25	
PLAISANT	0,225	

NS : significatif    ET= 0,061 CV = 20,51% X' = 0,295

Les résultats de l'analyse de variance montrent des différences non significatives de la biomasse totale à maturité. La biomasse la plus élevée est observées chez la variété EL BAHIA avec 0,36 kg/m<sup>2</sup> suivie par TINA et TICHDRETT avec respectivement 0,35 et 0,33 kg/m<sup>2</sup> (figure 45). L'analyse de variance sont reportés dans le tableau 13 de (l'annexe 3).

La biomasse la plus faible est observée avec la variété PLAISANT avec 0,22 kg/m<sup>2</sup>.



**Figure 45** : Biomasse totale à maturité de quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016).

La ressemblance des variétés quant à la production de biomasse peut être due au fait que ce paramètre est pris comme critère de sélection dans la région et doit être identique ou plus élevé que le témoin local Tichedrett. Selon **BOUZERZOUR (1998)**, la sélection multi caractère a été largement adoptée en zone semi-aride de Sétif et est en faveur du génotype qui possède la capacité de produire une biomasse élevée avant l'épiaison et fait une bonne utilisation de cette biomasse.

#### 3.2.1.4.6 Biomasse de la paille

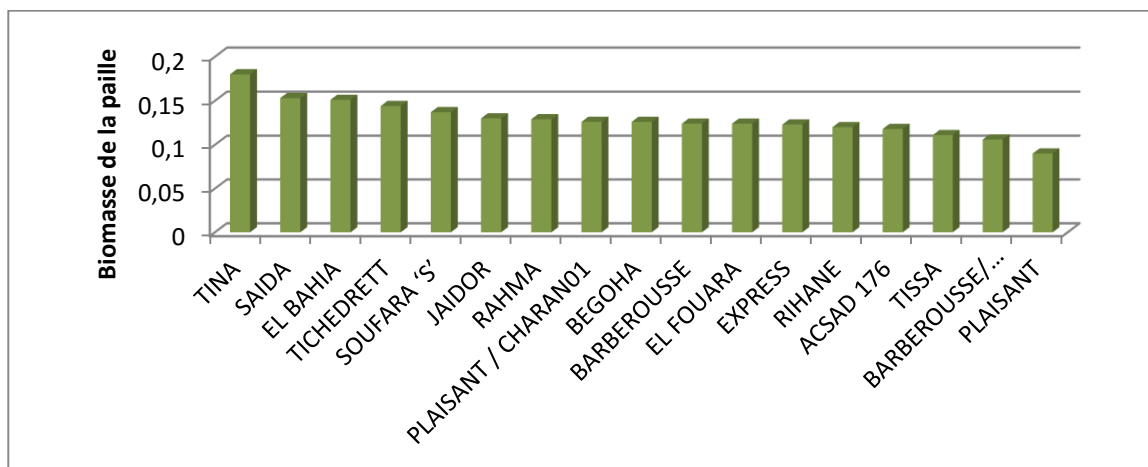
Les moyennes et résultats de la Poids de paille des variétés d'orge conduites dans la région de Sétif est représentés dans le tableau 36.

Les résultats de l'analyse de variance montrent des différences significatives du la Poids de la paille des variétés. Le poids de paille de la variété TINA ont été les plus élève avec 0,18 kg/m<sup>2</sup>, et forme à elle seule un groupe homogène selon le test de Newman-Keuls au seuil de 5%. Le groupe suivant est formé par SAIDA et BEGOHA avec respectivement 0,153 kg, et 0,151 kg. Le groupe à faible production de paille est formé par TISSA, BARBEROUSSE/ CHOROKHOD et PLAISANT (figure 46). L'analyse de variance Sont reportés dans le tableau 14 de (l'annexe 3).

**Tableau 36** : Moyennes et résultats statistiques de la Poids de paille de quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016).

Varieties	moyenne	homogènes Groupes	Résultats statistiques
TINA	0,18	A	Moyenne générale : 0,129 kg Écart type : 0,026 Coefficient de variation : 20,44% Probabilités : 0,01084 HS
SAIDA	0,153	AB	
EL BAHIA	0,151	AB	
TICHEDRETT	0,144	AB	
SOUFARA 'S'	0,137	AB	
JAIDOR	0,13	AB	
RAHMA	0,129	AB	
PLAISANT / CHARAN01	0,126	AB	
BEGOHA	0,126	AB	
BARBEROUSSE	0,124	AB	
EL FOUARA	0,124	AB	
EXPRESS	0,123	AB	
RIHANE	0,12	AB	
ACSAD 176	0,118	AB	
TISSA	0,111	B	
BARBEROUSSE/ CHOROKHO	0,106	B	
PLAISANT	0,09	B	

HS : Hautement Significative ET= 0,026 CV = 20,44% X' = 0,129



**Figure46** : Poids de la paille de quelques variétés d'orge (Kg) conduites dans la région de Sétif (2015/2016).

Pour un grand nombre d'exploitation de polyculture-élevage, la qualité de paille produite par les céréales (en plus de grain) est un critère qui intéresse l'agriculteur (ANONYME, 1992). En effet, la préférence est pour les variétés à paille haute afin de pouvoir utiliser la paille en tant que fourrage pour le bétail.

### 3.2.1.4.7 Rendement grains

#### 3.2.1.4.7.1 Rendement théorique

Le rendement théorique est la résultante de l'action de composantes du rendement : le nombre d'épis x nombre de grains/ épi x le poids moyenne d'un grain. Les moyennes et résultats du rendement théorique des variétés d'orge conduites dans la région de Sétif est représentés dans le tableau 37. L'analyse de variance Sont reportés dans le tableau 14 de (l'annexe 3).

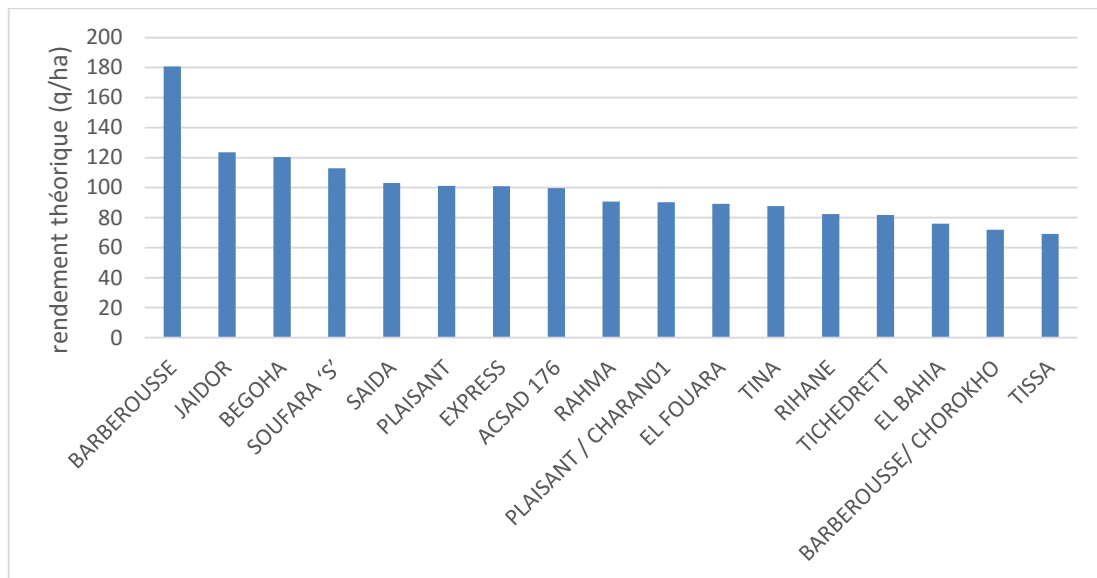
**Tableau 37:** Moyennes et résultats statistiques de la Rendement théorique en quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016).

varieties	Rendement(q/ha)	homogènes Groupes	Résultats statistiques
BARBEROUSSE	180,743	A	Moyenne générale : 98.922 q/ha Écart type : 24,276 Coefficient de variation : 24,54% Probabilités: 0,00002THS
JAIDOR	123,485	B	
BEGOHA	120,302	B	
SOUFARA 'S'	112,928	B	
SAIDA	103,169	B	
PLAISANT	101,208	B	
EXPRESS	101,02	B	
ACSAD 176	99,741	B	
RAHMA	90,61	B	
PLAISANT / CHARAN01	90,288	B	
EL FOUARA	89,158	B	
TINA	87,713	B	
RIHANE	82,473	B	
TICHEDRETT	81,845	B	
EL BAHIA	75,924	B	
BARBEROUSSE/ CHOROKHO	71,828	B	
TISSA	69,248	B	

**THS:** Très Hautement Significative **ET**= 24,276 **CV** = 24,54% **X'** = 98.922

Les résultats de l'analyse de variance montrent des différences très hautement significative entre les variétés. Théoriquement, le rendement le plus élevé est obtenu avec la variété BARBEROUSSE et forme à elle seule un groupe homogène selon le test de Newman-Keuls au seuil de 5%. Un deuxième groupe est formé par toutes les autres variétés d'orge. La représentation

des résultats sur la figure 47 permet de noter la nette différence de la variété Barberousse par rapport aux autres variétés. L'analyse de variance Sont reportés dans le tableau 15 de (l'annexe 3).



**Figure 47:** La Rendement théorique quelques variétés d'orge (G) conduites dans la région de Sétif (2015/2016).

Selon **FLEURY et al., (1982)**in **MOURET et al., (1990)**, les rendements en grains et Nen paille sont la résultante des inter actions qui s'établissent entre le sol, le climat, les techniques culturales et le peuplement végétal (potentiel génétique de la variété), tout au long du cycle de la culture. Les trois composantes qui régissent le rendement sont le nombre d'épis/m<sup>2</sup>, le nombre de grains par épi et le poids de 1000 grains (**SOUILAH, 2009**).

### 3.2.1.4.7.2 Rendement réel

Les moyennes et résultats du rendement machine des variétés d'orge est représentés dans le tableau 38.

Les variétés sont différentes, l'analyse de la variance montre une différence très hautement significatives.

Le rendement le plus élevé est réalisé par la variété EXPRESS avec 62,20q/ha suivie par PLAISANT/CHARAN01 avec 61,93 q/ha. Ces deux variétés forment un même groupe homogène selon le test de Newman-Keuls au seuil de 5%. Le groupe formé par la variété à rendement plus faible est SAIDA et TINA avec respectivement 39,47q/ha et 38,29q/ha (figure

48). L'analyse de variance Sont reportés dans le tableau 16 de (l'annexe 3).

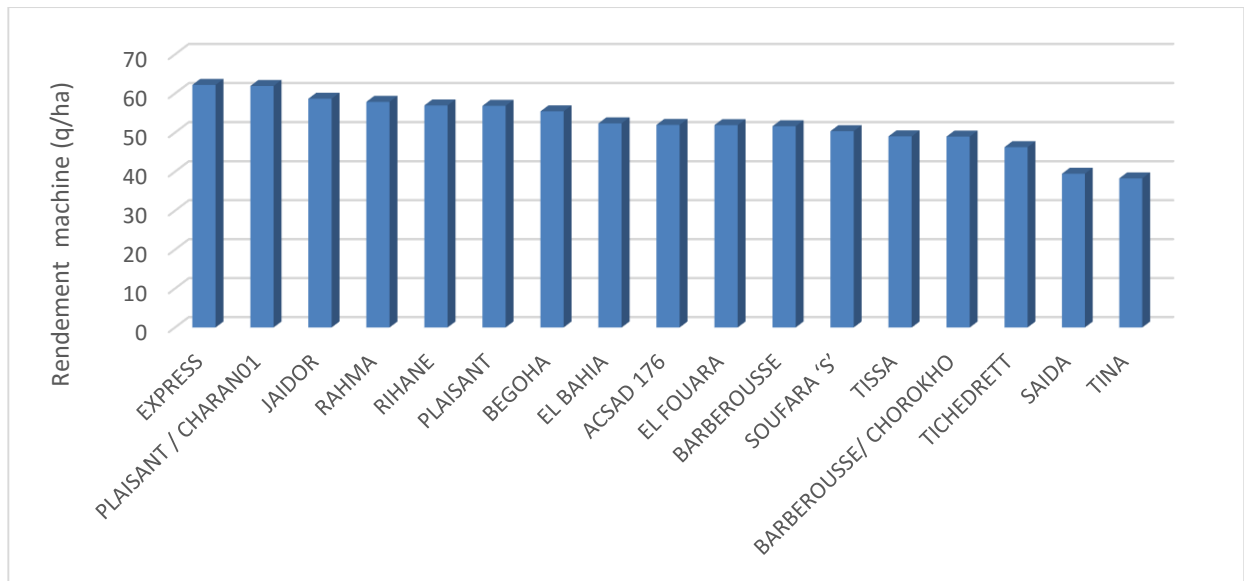
**Tableau 38** : Moyennes et résultats statistiques de la Rendement machine quelques variétés d'orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016).

variétés	Rendement réel (q/ha)	homogènes Groupes	Résultats statistiques
EXPRESS	62,208	A	Moyenne générale : 52,36q/ha  Écart type : 6,166 Coefficient de variation : 11,77%  Probabilités: 0,00THS
PLAISANT / CHARAN01	61,937	A	
JAIDOR	58,667	AB	
RAHMA	57,875	AB	
RIHANE	56,958	AB	
PLAISANT	56,854	AB	
BEGOHA	55,437	AB	
EL BAHIA	52,375	ABC	
ACSAD 176	51,979	ABC	
EL FOUARA	51,917	ABC	
BARBEROUSSE	51,625	ABC	
SOUFARA 'S'	50,375	ABC	
TISSA	49,042	ABC	
BARBEROUSSE/ CHOROKHO	48,979	ABC	
TICHEDRETT	46,271	BC	
SAIDA	39,479	C	
TINA	38,292	C	

**THS:** Très Hautement Significative **ET**= 6,166 **CV** = 11,77% **X'** = 52,36

Les variétés ayant donnée des rendements supérieurs ont largement dépassé le rendement des variétés locales TICHEDRETT et SAIDA. Les nouvelles variétés peuvent remplacer les variétés locales, si elles apportent un plus en productivité. D'après **BOUZERZOUR et al., (2002)**, Une variété (ou espèce) est dite adaptée si elle réussit à donner de meilleur rendement que la variété (ou espèce) qu'elle remplace. L'étude de la variation des écarts de rendement donne des informations sur la capacité différentielle de rendement des nouvelles sélections (**FEYERHERM et al., 1984 in BOUZERZOUR et al., 2002**).

On remarque également que le rendement réel est différence par rapport au rendement théorique. Une telle différence peut s'expliquer d'une part par le choix de la date de récolte dans le cas de la sur maturité qui entraîne l'égrenage, Mais d'autre part on doit considérer les pertes subies lors des opérations de la récolte et de la manutention.



**Figure 48:** Rendement réel (q/ha) de quelques variétés d’orge conduites dans la région de Sétif (2015/2016).

## CONCLUSION GENERALE

A l'issue de notre expérimentation qui porte à l'étude de l'adaptation de quelques variétés d'orge à l'environnement semi-aride au cours de la campagne 2015/2016, nous avons réalisé une synthèse climatique de la région de 1981 à 2015 et nous avons obtenus les résultats suivants.

Notre domaine d'étude est caractérisé par un climat semi- aride par l'indice de De Martonne et humide selon l'indice de Moral. Les mois humides s'étalent de Novembre à Mars, les mois secs sont Avril, Mai, Septembre et Octobre. La période aride s'étale sur tout l'été.

La région subie des variations pluviométriques et thermiques interannuelles. L'utilisation des indices climatiques, mis en évidence par des critères arithmétiques et statistiques, a permis de caractériser les différents phénomènes climatiques et de mieux apprécier leur évolution dans le temps et dans l'espace. Les variations interannuelles, saisonnières et mensuelles des températures et des précipitations, nous ont permis de faire sortir des classes et des sous-classes climatiques et de suivre leurs évolutions.

La caractérisation du climat joue un rôle important dans le domaine de l'agriculture, le calcul des bilans hydriques, l'utilisation des ressources en eau et la détermination des périodes où le déficit hydrique est le plus contraignant pour les espèces naturelles et le tapis végétal.

L'essai réalisé le comportement de l'orge a fait ressortir la variabilité des orges vis-à-vis des paramètres morphologiques. La hauteur des plants à la maturité montre un développement important de la hauteur dépassant 1 m avec pour la majorité des variétés la plus élevée est de 122,93 cm observée chez TINA. Le limbe foliaire le plus développé a été obtenu par la variété SAIDA avec 467 mm<sup>2</sup>. La longueur de col d'épi assez grande avec des valeurs allant de 20,63cm RAHMA à 34,915 cm chez la variété TINA. La longueur des barbes a été assez grande avec des valeurs allant de 8,488 cm (RAHMA) à 14,506 cm (PLAISANT / CHARAN01). De même, ces épis sont d'une longueur assez grande avec des valeurs allant de 3,36 cm (TICHEDRETT) à 07,30 cm chez la variété RAHMA.

Le nombre d'épis au m<sup>2</sup> est plus élevé chez la variété JAIDOR (319,5 épis au m<sup>2</sup>) tandis qu'il a été plus faible chez les variétés SAIDA (168 épis/m<sup>2</sup>). Le nombre de grains par épi le plus élevé a été observé avec la variété BEGOHA avec 65,45 grains suivie par la variété BARBEROUSSE avec 60,475 grains.

Cependant on peut affirmer que le nombre de grains par épi a été élevé chez les variétés à épis plus longs et dont le nombre d'épillets stériles par épi est moindre comme le cas de la variété BEGOHA. Le PMG varie entre 36,87g (TINA) à 52,73 g (SAIDA). La faiblesse du PMG est surtout due à l'échaudage qui entraîne des pertes considérables dans des régions où la fin du cycle correspond à l'avènement des hautes températures estivales.

Il est important de sélectionner les variétés en tenant compte de leur résistance à la sécheresse afin de mieux lutter contre l'échaudage car une forte proportion de grains échaudés au niveau de la récolte ; au delà du fait qu'elle contribue à la faiblesse du PMG, dissuade les agriculteurs de s'intéresser à la culture l'orge.

Le rendement réel qui est la principale préoccupation de l'agriculteur montre une bonne performance des variétés EXPRESS (62,20q/ha), PLAISANT / CHARAN01 (61,93q/ha) ainsi que la variété JAIDOR (58,66q/ha). Elles sont suivies par les variétés RAHMA (57,87q/ha), RIHANE (56,95a/ha), PLAISANT (56,854q/ha) et BEGOHA (55,43q/ha). Les rendements les moins élevés sont obtenus sur les variétés SAIDA avec 39,47q/ha et la variété TINA (38,29q/ha).

Compte tenu des critères phénologiques, morphologiques et agronomiques qui ont fait l'objet de cet essai, les variétés qui ont montré des meilleures performances sont la variété EXPRESS, PLAISANT/CHARAN01, JAIDOR. Egalement, les variétés RIHANE, PLAISANT, BEGOHA ont des résultats plus que raisonnables et sont à suivre de près.

L'orge est une plante qui connaît sur le plan mondial une expansion rapide et dont les surfaces consacrées à sa culture sont sans cesse en augmentation. Agronomiquement, il possède l'avantage de pouvoir donner des rendements satisfaisant dans des zones semi arides à cause de sa résistance à la sécheresse. C'est pourquoi un travail de vulgarisation à grande échelle devait être entrepris pour mieux faire connaître cette culture aux différents acteurs du secteur agro-pastoral et la faire passer de son statut actuel de curiosité scientifique à celui de culture couramment cultivée.

Sur le plan économique, sa conduite avec un minimum d'intrants, sa productivité élevée en grains et en paille permettrait à l'agriculteur de dégager une marge brute assez conséquente.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABABSA N., 2003:** Contribution à l'étude de comportement de quelques variétés d'orge (*Hordeum vulgare*.L) dans les conditions pédoclimatiques des hautes plaines constantinoises. Mémoire. Ing. Univ. Batna: 60p.
- ABBAS K et ABDELGUERFI A. 2005.** Perspectives d'avenir de la jacherepaturée dans les zones céréalièressemi-aride. Fourrage 184, 533-546.
- ABBAS K., MADANI T., BENCHEIKH E.H. et MERRAUCHE L. 2001.** Systèmes d'élevage ovin en zone semi-aridecéréalière: taille d'exploitation et caractère pastoral. Médit, 1, 2002, 50-55.
- ACHRAB A., 2005** – une méthodologie pour caractériser le climat et le sècheresse d'une région. Les Éditions le Manuscrit, 51p.
- AGOUSSINE M. (2003).** *Hydrologie en régions Arides et semi arides* : Ca du sud-est marocain. « Terre et vie » n° 169, Juin.
- ALI DIB, T., (1992).** Contribution à l'étude de la tolérance à la sécheresse de blé dur. Etude
- AMOKRANE A., BOUZERZOUR H., BENMAHAMMED A. et DJEKOUN A. 2002.**Caractérisation des variétés locales, syriennes et européennes de blé dur évaluées en zone semi-aride d'altitude. Sciences et Technologie. Univ. Mentouri. Constantine. N° spécial d:33 -38 p.
- ANNEROSE D., 1990** – Recherche sur les mécanismes physiologiques d'adaptation a la sècheresse. UNIVERSITE PARIS VII ; page 71-72-77.
- ANONYME, 1991-** Campagne d'agrèage. Laboratoire des semences d'El-Khroub, 26 p.
- ANONYME, 1992 :** Stades des céréales, institut techniques céréales de France: 37p.
- ANONYME, 1993 :** Recueil des fiches techniques, I.T.D.A.S :1-7.
- ANONYME, 1994 :** Conduit des cultures de céréales sous pivot en zones sahariennes, I.T.D.A.S et C.N.P.A :8p.
- ARAUS J.L., AMARO T., ZUHAIR Y., and NACHIT M.M., 1997** - Effect of leaf structure and water status on carbon isotope discrimination in field grown durum wheat. Plat Cell and Environment 20: 1484-1494.
- BAGAYOKO B., 1989 :** Analyse de rendement de 3 variétés d'orge après une fertilisation phosphatée, Mémoire.ing.univ.Batna :67p.

**BAHLOUL A (1989)** :La fertilisation azotée raisonnée des céréales .Céréales .N°20,pp :15-19.Souilah N., 2009- Diversité de 13 génotypes d'orge (*Hordeum vulgare* L.) et de 13 génotypes de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) : Etude des caractères de production et d'adaptation .Mem de Magister .Univ de MENTOURI de CONSTANTINE.p146

**BAHLOUL A. et ZITOUNI B., 1989** : La fertilisation azotée raisonnée des céréales. Céréaliculture n°20 :15-19.

**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. Univ. Louvain.

**BALDY C. 1974.** Contribution à l'étude fréquentielle des conditions climatiques : leur influence sur la production des principales zones céréalières d'Algérie. Document technique, projet céréales. 152.

**BARALIS G., 1989** : Influence du travail du sol et du désherbage chimique sur la relation entre mauvaises herbes et blé, céréaliculture n° 20 :4-9.

**BEN NACEUR M., GHARBI M. S. et PAUL R. 1999.** L'amélioration variétale et les autres actions contribuant à la sécurité alimentaire en Tunisie en matière de céréales. *Sécheresse*.10:27- 33 p.

**BEN SALEM M., BOUSSEN H. et 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.

**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.

**BENBELKACEM A., 1986** : L'amélioration du rendement des orges par un fort tallage, céréaliculture n° 15 :31-37

**BENLARIBI M., MONNEVEUX Ph. et GRIGNAC P., 1990** - Etude des caractères d'enracinement et de leur rôle dans l'adaptation au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). *Agronomie* (10): 305-322.

**Benlaribi M., Monneveux Ph. et Grignac P., 1990-** Etude des caractères d'enracinement et de leur rôle dans l'adaptation au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). Agronomie 10: 305-322.

**BENMAHAMED A., 2004 :** La production de l'orge et possibilités de développement en Algérie, céréaliculture n° 41 :34-38.

**BENMAHAMED A., 2004 :** La production de l'orge et possibilités de développement en Algérie, céréaliculture n° 41 :34-38.

**BENMAHAMED A., HASSOUS H. et BOUZERZOUR H., 2001 :** Synthèse des acquis du programme d'amélioration de l'orge de la ferme expérimentale agricole de Sétif au cours de la période 1982 à 1997, céréaliculture n° 36 :13-20.

**BENNIOU N.M. et LOUHICHI B. 2006.** Diversité des exploitations agricole en région semi-aride algérienne. Sechresse 17: 399-406.

**BLOUET A., GAILLARD B. et MASSE J. 1984.** Le gel et les céréales. *Perspectives Agricoles*85 : 20-25.

**BLUM A. 1988.** Plants breeding for stress environments. Boca Raton, 4, CRC, Press. Floride, USA. 223p.

**BLUM A. 1996.** Crop responses to drought and the interpretation of adaptation plant growth regulation. 20: 135- 148 p.

**BOROJOVIC S. and DENICIC S., 1986 -** Screening a wheat selection for leaf position at different stages of growth. Plant breeding; 97:97-106.

**BOUZERZOUR H. et BENMAHAMMED A. 1994.** Environnemental factors limiting bareley grain yield in the highplateaux of eastern Algeria. *Rachis*, 12 : 11-14. Boyer, 1982

**BOUZERZOUR H. et OUDINA M.M., 1986 :** L'effet de la date et la densité de semis sur le rendement du blé et de l'orge dans la région de Sétif, céréaliculture n° 15 :5-9.

**BOUZERZOUR H., ADJABI A., Benmahammed A., Hadj Sahraoui A. et Harkati N., 2002 :** Productivité et adaptation comparées des variétés de céréales en zone semi aride d'altitude, céréaliculture n°37 :4-13.

**BOUZERZOUR H., BENMAHAMED A., BENKHARBACHE N. et HASSOS K.L. : 2002(b) :** Contribution de la sélection à l'amélioration et à la stabilité des rendements de l'orge (*Hordeum vulgare. L*) dans l'étage bioclimatique semi aride, recherche agronomique n° 10, INRA d'Algérie : 45-58.

**BOUZIDI M., 1979** : L'orge importance utilisation, céréaliculture n° 10 :25-26.

**CANTERO-MARTINEZ C. et GABIÑA D. 2004.** Agriculture Pluviale Méditerranéenne : Stratégies de Durabilité. Options Méditerranéennes, Série A, No. 60, Zaragoza, Spain.

**CARRE D.J. and WARDLAW IF., 1985-** The supply of photosynthetic assimilates to the grain from the flag leaf and ear of wheat. *Aust. J. Biol, Sci*; 18: 711.

**CECCARELLI S.(1987)** Yield potential and drought tolerance of segregating barley populations in contrasting environments .*Euphytica* 36, 265-279.

**CECCARELLI S., 1987** - Wide adaptation: How wide? *Euphytic* 40: 197-205.

**CHADOULI A., 1997** : Irrigation des céréales : situation et perspective, céréaliculture n°-30 :23-27.

**CLARKE J.M. AND RICHARD R.A., 1988** - The effects of glaucousness, epicuticular wax, leaf age, plant weight, and grown environment on water loss rates of excised wheat leaves. *Can, J, Plant Sci*, 68:975-982

**CLEMENT J.M., 1981** - Dictionnaire Larousse Agricole. Librairie Larousse. ISBN 2-03-514301-2. 1207p. CRUISAT (1980)

**DAGET, P., 1977.** Le bioclimat méditerranéen : caractères généraux, modes de caractérisation, *Vegetation*, n° 34, p. 1-20.

**DAKHEEL A. J., NASI I., MAHALAKSHMI V. et PEACOCK J. M. 1993.** Morpho-physiological traits associated with adaptation of durum wheat to harsh Mediterranean environments. *Aspects of Applied Biology* 34. *Physiology of varieties* 307- 297.

de la diversité de caractères physiologiques d'adaptation. Thèse de doctorat ;Montpellier, 196.p.

**DIEHL. 1975.** Agriculture générale.2ème édition.392p

**DIXON R. et PAIVA N. L. 1995.** Stress - induced phenylpropanoid metabolism. *The plant cell* .7: 1085 - 1097 p

**DJANANE 1997.** Réformes économiques et agriculture en Algérie. Thèse de doctorat d'État, Institut des sciences économiques, université Ferhat Abbas, Sétif, Algérie, 1997.

**EI HASSANI T.A. et PERSOONS E. 1994.** Agronomie moderne. Bases physiologiques et agronomiques de la production végétale. (éd). *AUPELF-UREF*:544 p.

environmental stress: regulation and functions of the ArabidopsisTCH genes. *Planta*. 203 : 35 - 41p.

**Erroux J., 1956-** Les céréales de l'Ouadi El Ajal. Bul. Soc. Hist. Nat. Afric. Nord, 43: 172-183.

**FAOSTAT. 2007.** Statistical database of the food and agriculture organization of the United Nations. <http://www.fao.org>. (Consulté le 11/01/2010).

**FELIACHI K., AMEROUN R. et KHALDOUN A. 2001:** Impact de la sécheresse sur la production des céréales cultivées dans le nord de l'Algérie, *céréaliculture n°35* : 28-37.

**FISCHER R.A. and MAURER R., 1978 -** Drought resistance in spring resistance wheat cultivar. I. Grain yield responses. *Aust, J, Agri, Res*, 29: 105-912.

**GALLAIS A. et BANNEROT H., 1992:** Amélioration des espèces végétales cultivées, INRA Paris : 768 p.

**GATE P., 1995:** Ecophysiologie du blé, technique et documentation, Lavoisier : 428p.

**GAUFICHON L., PRIOUL JL. et BACHELIER B., 2010 -** Quelles sont les perspectives d'amélioration génétique de plantes cultivées tolérantes à la sécheresse ? *Edi FARM .paris* p 9-10-12.

**GINTZBURGER G., ROCHON J.J. et CONESA A.P. 1990.** The French Mediterranean zones: sheep rearing systems and the present and potential role of pasture legumes. In: Osman A.E. et al. (Eds.), *ICARDA, the Role of Legumes in the Fawning Systems of the Mediterranean Areas*, Kluwer AcP. ress. Dordrecht, 179-194.

**GNIS, SD a -** Identification des variétés d'orge. ASFIS et GNIS. Paris. 56p. **GNIS, SD b -** Identification des variétés de blé dur. ASFIS et SOC. Paris. 72p.

**GODON B. et LOISEL W., 1997-** Guide pratique d'analyses dans les industries des céréales. Collection sciences et techniques agro- alimentaires. 2<sup>e</sup> édition, Lavoisier TEC et DOC. 819p.

**GONDE H., GARREE G. et JUSSIAUX P., 1968 :** cours d'agriculture moderne, la maison rustique Paris : 628p.

**GONZALEZ, A., MARTIN, I., AYERBE, L., (1999).** Barley yield in water stress conditions. The influence of precocity, osmotic adjustment and stomatal conductance. *Field Crop Res*; 62:23-34.

**HACHIMI M. M. et SAIDANI B., 1978:** Fertilisation phospho-potassique *céréaliculture n° 09* : 30-33.

**HACHIMI M. M. et SAIDANI B., 1979:** Situation des céréales en Algérie, céréaliculture n°11 : 7-12.

**HADDAD, L. 2010.** Contribution à l'étude de la stabilité des rendements du blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous climat méditerranéen. *Mémoire de Magister, Département Agronomie, FSNV, UFA, Sétif.* 70 pages.

**HADJICHISTODOULOU A. 1985.** Stability performance of cereals in low rainfall areas as related to adaptative traits. In: *drought tolerance in winter cereals.*

**HALITIM A., 1985.** Contribution à l'étude des sols des zones arides (Hauts plaines steppiques de l'Algérie). Morphologie ; distribution et rôle des sels dans la genèse et le comportement des sols. Thèse doctorat. Univ Renne, 384 p

**HAMADACHE A., AKNINE M., 2001:** Effet de mode de semis de la fertilisation azotée et du désherbage chimique sur le rendement du blé dur en zone sub-humide, céréaliculture n°36 : 32-36.

**HAMOUCHE L., 2000 :** Approches des causes explicatives de la variabilité des réponses génotypiques de l'orge (*Hordeum vulgare .L*) à double exploitation, mémoire ing, univ de Batna : 36p.

**Harlan J.R. et Zohary D., 1966 -** Distribution of wild wheat and barley. *Science*, 153:1074-1080.

**Harlan J.R., 1975 -** Our vanishing genetics resources. *Science*, 188:618-621.

**HAUCHINAL R. R., TANDON JP. et SALIMATH PM. 1993.** Variation and adaptation of wheat varieties to heat tolerance in Peninsular India. Saunders, DA. and Hettel GP. Eds, wheat in heat stressed environments, irrigated, dry areas and rice-wheat farming systems, Mexico, D. F., Cimmyt, 175-183.

**Hazmoune T., 2006 –** Le semis profond comme palliatif à la sécheresse. Rôle du coléoptile dans la levée et conséquences sur les composantes du rendement. Thèse docteur d'état. Univ Constantine ; 168p.

**HENCHI, B., (1987).** Effets des contraintes hydriques sur l'écologie et l'écophysologie de *Plantagoalbicans*. L. Thèse de doctorat d'État, univ Tunis.

- HSISSOU D. 1994.** Sélection *In vitro* et caractérisation de mutants de blé dur tolérants à la sécheresse. Thèse de doctorat. Univ. Catholique de Louvain.
- HUBERT B., RIGOLOTT E., TURLANT T et COUIX N. 1993.** Forest fire prevention in the Mediterranean Region; News approaches to agriculture-environment relations. In: Brossier et al. (Eds.), Systems Studies in Agriculture and rural development, INRA, France, 63-86
- HUBERT F., HALLAIRE V., SARDINI P., CANER L. et HEDDADJ D. 2007.** Pore morphology changes under tillage and no-tillage practices. *Geoderma*, 142(1-2): 226-236.
- JOHANSON D. A., RICHARDS R. A. et TURNER N.C. 1973.** Yield water relation gas exchange and surface reflectance on near- isogenic wheat lines differing in glaucousness. *Crop Science*, 23 :318-325.
- JOHANSON D.A. et MOSS D.N., 1976** – Effect of water stress on <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> fixation and translocation in wheat during grain filling. *Crop Sci*, 14: 728-731.
- JOHANSON D.A., RICHARDS R.A. and TURNER N.C., 1983** – Yield water relation gas exchange and surface reflectance on near- isogenic wheat lines differing in glaucousness. *Crop Sci*, 23 :318-325.
- JONARD P. ET KOLLER J. 1950.** Les facteurs de la productivité chez le blé. Résultats obtenus en 1948 et 1949. *Ann. Am. Plant.*, **2**: 256-276.
- JONATHAN et ANGELA., 2006** - Suivi de la sécheresse et alerte précoce: principes , progrès et enjeux futurs, Organisation météorologique mondiale Kenya. P 1-12.
- JONES H.G., 1992** - Plants and microclimate 2nd edition. Cambridge University Press. NEWYORK.
- JONES H.G., FLOWERS T.J. et JONES M.B. 1989.** Plants under stress. Univ. Cambridge.
- JOUVE A.M., BELGHAZI S. et KHELFACHE Y. 1995.** La filière des céréales dans les pays du Maghreb :constance des enjeux, évolution des politiques. *Options Méditerranéennes*, B, 14, 1995, 167-192. OAA/FAO,1999. Le caractère multifonctionnel de l’agriculture et des terroirs. Conférence Maastricht, Pays Bas,1999,1-14pp
- KARROU M., 2006** - Évaluation des dispositifs d’alerte précoce à la sécheresse existants à l’échelle nationale– cas du Maroc, Expertise dans le cadre du projet SMAS/OSS. pp 12-13-17.
- KHALDOUN A., 1995** : Etude du comportement de l’orge exploitée a double fin, céréaliculture n°28 : 2-7.

- KIRKHAM M.B., SMITH E.L., DHANSOBHAN C. and DRAKE T.I., 1980** - Resistance to water loss of winter wheat flag leaves. In: Genotypic variability in physiological characters and its relation ship to drought tolerance in durum wheat (*Triticum durum*). *Can. J. Plant sci* (1989), 69: 703-711
- KRIBAA M., HALLAIRE V., CURMI P. 2001.** Effects of varios cultivation methods on the structure andhydraulic properties of a soil in a semi-aride climate. *Soil till. Res.* 60-1/2: 43-53
- KRIBAA. 2003.** Effet de la jachère sur les sols en céréaliculture pluviale dans les zones semi-arides méditerranéennes. Cas des hautes plaines sétifiennes en Algérie. Thèse de Doctorat d'état en Sciences Agronomiques, INA El -Harrach, Alger, 121p.Lahmar et Bouzerzour, 2010).
- LAHMAR R. et BOUZERZOUR H. 2010.** Du mulch terreux au mulch organique pour assurer une transition vers l'agriculture durable dans les hautes plaines sétifiennes. Actes du 4 eme rencontre méditerranéennes du semis direct. Setif, algerie, du 3 à 5 mai 2010 p, 48-58
- LAMPURLANES J. et CANTERO-MARTINEZ C. 2006.** Hydraulic conductivity, residue cover and soil surface roughness under different tillage system in semiarid conditions. *Soil and Tillage Research*, 85: 16-26.
- LE HOUEROU H. N., 1995-** Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du nord de l'Afrique. *Opt. médit., série, Bull. n°10, CIHEAM, Montpellier, 396p*
- LE CLECH B., 1999** : Production végétales grandes cultures, synthèse agricole Bordeaux : 410 p
- LE CLECH B., 1999** : Production végétales grandes cultures, synthèse agricole Bordeaux : 410 p
- Le HOUEROU H.N. 1992.** Vegetation and land-use in the Mediterranean basin by the year 2050: a prospective.
- LE HOUEROU H.N. 1992.** Vegetation and land-use in the Mediterranean basin by the year 2050: a prospective study. In: Jeftic L. et al. (Eds.), *Climatic change and the Mediterranean*. Arnold, Holder and Stoughton Publ.,London, 6: 175-2
- LEVITT J. 1982.** Responses of plants to environmental stresses. *Academic Press*. New York San Francisco -London: 607p.
- LUDLOW M.M. et MUCHOW R.C., 1990** - A critical evaluation of traits for improving crop yield in water limited environment. *Advance in agronomy*; 43:107-143.

**MADHAVA RAO K.V., RAGHAVENDRA A. S. et JANARDHAN REDDY K. 2006.** Printed in the Netherlands. *Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants.* Springer: 1-14p.

**MALKI M. et HAMADACHE A., 2002 :** Pratique céréalière et savoir traditionnel en Algérie, I.T.G.C : 65p.

**MALKI M. et HAMADACHE A., 2002 :** Pratique céréalière et savoir traditionnel en Algérie, I.T.G.C : 65p.

**MANTOUCHE M. et BOUSSADI M., 1993 :** Résultats préliminaires d'une étude sur l'exploitation à double fin de différentes espèces des céréales (orge, avoine, blé dur, seigle), céréaliculture n°26 : 23-28.

**MARTIN M, L. BUSCONI. 2000.** Membrane localization of a rice calcium-dependent protein kinase (CDPK) is mediated by myristoylation and palmitoylation. *Plant J.*,24: 429–435.

**MCKAY., 1985 in BOOTSMA et al., 1996., in TEMAGOULT Mahmoud, 2009 ;** Analyse Tournesol ,Université Mentouri, Algerie. 26-36.

**MEKHLOUF A., BOUZERZOUR H., BEMAHAMMED A., HADJSAHRAOUI A. et HARKATI N. 2006.** Adaptation des variétés de blé dur (*Triticum durum*, Desf.) au climat semi- aride. *Sécheresse* 17 (4) :507-513.

**MEZIANI L., BAMMOUN A., HAMOU M. et BRINIS L., 1992 -** Essai de définition des caractères d'adaptation du blé dur dans différentes zones agronomique de l'Algérie. In. Tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétales. Montpellier (France) INRA (Les colloques N°64), 191-203.

**Mihi A. (2012).** La forêt de Zenadia (Haute Plaine Sétifienne) Diagnostic et perspective de protection. Mém. Mag. Uni. Ferhat Abbas. Sétif. P32.

**MONNEVEUX P. 1991.** Quelles stratégies pour l'amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique des céréales d'hiver. In : *l'amélioration des plantes pour l'adaptation au milieu arides.*(éd). Aupelf-Uref.J.Eurotxt.L. Paris: 165 -186 p.

**MONNEVEUX PH., et NEMMAR M., 1986 -** Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) et chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). Etude de l'accumulation de la proline au cours du cycle de développement. *Agronomie*, 6(6), 583-590.

**MORGAN J.M., 1984** – Osmoregulation and water stress in higher plants. *Ann. Rev. Plant physiol.*, 35:299-319

**Mouffok C.E. (1997).** Diversité des systèmes d'élevage bovin laitier et performances animales en région semi aride de Sétif. *Mém. Mag. INR. Alger.*107p.

**MOULE C. 1971.** Céréales 2. Phytotechnie spéciale. Ed. La maison rustique, Paris, 236p.

**MOULE C., 1980-** Orge. P.155-188. In Céréales .Pub . La Maison Rustique, Paris.

**NAIT-DAHMANE T., 1987 :** Pertes sur champs, céréaliculture n°17 : 07-14..

**NEDJRAOUI, D., 2003.** profil fourrager <<Algérie >>Rapport FAO 2003 pp8. Disponible ici: <http://www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/counprof/PDF%20files/Algeria-French.pdf>.

**LOUDINA M.M. et BOUZERZOUR H., 1988 :** La récolte en deux temps des céréales, céréaliculture n°18 : 07-15.

**OUKARROUM ABDALLAH. 2007.** Vitalité des plantes d'orge (*Hordeum vulgare* L.) en conditions de stress hydrique et thermique analysée par la fluorescence chlorophyllienne. Thèse doctorat. Université De Genève

**PASSIOURA J. B. 1996.** Drought and drought tolerance » *Plant growth regulation*, 20: 79-83.

**PATRICK J.W. and WARDLAW I.F., 1984 -** Vascular control of photosynthetic transfer from the flag leaf to the ear of wheat. *Australian. J. Plant physiol*, 11:235-241

**Peeters J.P., 1988-** The emergence of new centres of diversity: Evidence from barley. *Theoretical and Applied Genetics* 76: 17-24.

**Pétréquin P. et Baudain D., 1997-** Les sites littoraux néolithiques de clairvaux- les- lacs (Jura). I problématique générale. L'exemple de la station III. Edition de la maison des sciences de l'homme Paris. 508p.

*physiol.* 13: 175-180.

**POORTER H. 1989.** Interspecific variation in relative growth rate: on ecological consequences. In: Causes and consequences of variation in growth rate and productivity of higher plants.

**PORCEDDU A., ALBERTINI E., BARCACCIA G., Falistocco E., and**

**FALCINELLI M., 1992-** Linkage mapping in apomictic and sexual Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.) genotypes using a two-way pseudo-testcross strategy based on AFLP and SAMPL markers. *Theor. Appl. Genet.* 104:273–280.

**QARIANI L, DJEKOUNE A. et EL- JAAFARI S., 1997-** In :Adaptatmn drs bits aux rontrdkntr, envmxmementales IX S El Jaafari & Ph Monneveux eds, INRA- GRAM-eds

**Ramade F. (1984).** **Eléments d'écologie : Ecologie fondamentale.** Ed. Mc. Graw-Hill, Paris. 397 p.

**Rasmusson D.C., 1987 -** Barley crop. An SSA/ASA Monograph series number 56. Madison, Eds ASA. 250p.

**RAWSON H. M. 1988.** High temperature effect on the development and yield of wheat and practices to reduce deteriorious effects. In conf. On wheat production constraints in tropical environment. Edsklatt. UNDP- Cimmyt: 44-62.

**RENÉ H. 1977.** Physiologie végétale. NUTRITION. Paris

**RICHARDS R. A., REBTZKE G. J., VAN HERWAARDLEN A. F., DUGGANB B. L., CONDON A. 1997.** Improvingyield in rainfed environments through physiological plant breeding. *Dryland Agriculture*, 36: 254-66.

**RICHARDS R.A., REBTZKE G.Y., VAN HERWAARDLEN A.F., DUGGANB B.L., et GONDON A., 1986-** Improving yield in ranifed environments through physiological plant breeding. *Dryland Agriculture*; 36: 254-266

**ROBERT D. et GATE P., 1993 :** Les stades de blé, Institut technique des céréales et des fourrages : 28p.

**ROMAGOSA I. et ARAUS J.L., 1990 -** Acciones mitigantes de la sequia en la agricultura : la mejora genetica vegetal. Jornadas sobre les sequias en Espana. Causas, efectos, remedios, y acciones mitigantes, Madrid, Espana (unpublished).

**RUIVENKAMP J. et RICHARDS P., 1994 -** effet de stress hydrique sur le rendement en gousses et en grains chez 03 espèces des luzernes annuelles .M.aculeata, M.orbicularis, M. truncatu la., 2001.n.45, p.163-166

**SAYOUD R., 1987 :** Les maladies des céréales, *céréaliculture* n°17 : 20-21.

**SEHABI M., 2000 :** Etude génétique et agronomique de la tolérance à la sècheresse chez quelques variétés d'orge (*Hordeum vulgare* L). Thèse mag, INA Alger : 83p.

**SELTZER P., 1946** : Le climat de l'Algérie, institut de météorologie et de physique du globe de l'Algérie, univ Alger : 219 P.

**SIMON H., CODAACCIÓNI P. et LECOEUR X., 1989** – Produire des céréales à paille. Agriculture d'aujourd'hui, science, technique, applications. Ed. J.B.Baillière.

**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.

**SOLTNER D., 1980** : Les grandes production végétale, science et technique agricole, 11<sup>eme</sup> édition : 431p.

**SOLTNER D., 1986** : les bases de la production végétal, les techniques de production des céréales, 1<sup>er</sup> édition : 472 p

**Soltner D., 1990** - Phytotechnie spéciale, Les grandes productions végétales. Céréales, plantes sarclées, prairies. Sciences et Technique Agricoles éd.

**SOLTNER D., 1999** : les grandes productions végétales. Collection science et techniques agricoles. 17 eme Edition. Ed. Saint .Gémmes-sur-Loire. 463p.

**Soltner D., 2005** - Les grandes productions végétales. 20ème Edition. Collection science et techniques agricoles. 472p.

**SORRELLS M. E., DIAB A. et NACHIT M. 2000**. Comparative genetics of drought tolerance. *Options méditerranéennes série A (Séminaires méditerranéens)*, 40: 19 1-201.

**SORRELLS, M.E., DIAB, A., NACHIT, M., (2000)**. Comparative genetics of drought tolerance. *Options méditerranéennes série A (Séminaires méditerranéens)* ;40: 191-201.

**Tardieu F. 1996**. Drought perception by plants. Do cells of droughted plants experience water stress? *Plant growth regulation*, 20: 93-104.

**TEICH A.H., 1982-** Interaction of awns and environment on grain yield in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). Cereal Res. Commun. 10, 11-15

**TOUTAIN G., 1977** : Eléments d'agronomie saharienne de la recherche au développement, cellule des zones arides institut national de la recherche agronomique groupe de la recherche et d'échangés techniques, Marrakech : 278p

**TURNER N. C. 1986 (b)**. Crop water deficits: a decade of progress. *Advances in Agronomy* 39:1-51.

**TURNER, N.C., (1986)**. Adaptation to water deficit/ a changing perspective. Aust. J plant

UPOV, 1994)

**WARDLAW I. F., DAWSON I. A. et MUNIBI P. M. 1989.** Tolerance of wheat to high temperature during reproductive stage. *Australian Journal research* 46: 15-24.

**ZAIR M., 1994 :** L'irrigation d'appoint et la fertilisation azotée de blé dur, *céréaliculture n°27* : 1-7.

**ZAIR M., 1994 :** L'irrigation d'appoint et la fertilisation azotée de blé dur, *céréaliculture n°27* : 1-7.

**ZAMANI M., 1978 :** Prospection des variétés locales de céréales dans le sud Algérien, *céréaliculture n°8* : 23-24.

**Zerroug Kh. (2012).** Elaboration d'un système d'information géographique (flore) dans la Wilaya de Sétif. *Mém. Mag. Uni. Ferhat Abb*

**ZHANG J., NGUYEN H.T. et BLUM A. 1999.** Genetic analysis of osmotic adjustment in crop plants. *J. Exp.Bot*, 50: 291-302.

**Zohary D. and Hopf M., 1993 -** The domestication of plants in the Old World. Oxford, Clarendon Press. ed. 2. x-278 p. (ed. 1 : 1988). P.S.

**Zohary D., 1973-** Geobotanical foundations of the Middle East: Vol.1, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Germany.

# ANNEXES

# ANNEXES (1) figure D'orge



Figure 01: l'épi de variété d'orge (TICHEDRETT) Figure 02: Le graine variété de d'orge(TICHEDRETT)



Figure 03: l'épi de variété d'orge (TINA)

Figure 04: Le graine variété de d'orge(TINA)



**Figure 05:** l'épi de variété d'orge (Sofara 'S')



**Figure 06:** Le graine variété de d'orge(Sofara 'S')



**Figure 07:** l'épi de variété d'orge (Acsad 176)



**Figure 08:** Le graine variété de d'orge (Acsad 176)



**Figure 09:** l'épi de variété d'orge (Barberaousse) **Figure 10:** Le graine variété de d'orge (Barberaousse)



**Figure 11:** l'épi de variété d'orge (Rihane) **Figure 12:** Le graine variété de d'orge (Rihane)



**Figure 13:** l'épi de variété d'orge (Rihane)



**Figure 14:** Le graine variété de d'orge (Rihane)



**Figure 15:** l'épi de variété d'orge (Begoha)



**Figure 16:** Le graine variété de d'orge (Begoha)



**Figure 17:** l'épi de variété d'orge (Plaisant)



**Figure 18:** Le graine variété de d'orge (Plaisant)



**Figure 19:** l'épi de variété d'orge (Jaïdor)



**Figure 20:** Le graine variété de d'orge (Jaïdor)



**Figure 21:** l'épi de variété d'orge (Express) **Figure 22:** Le graine variété de d'orge (Express)



**Figure 23:** l'épi de variété d'orge (Tissa)

**Figure 24:** Le graine variété de d'orge (Tissa)



**Figure 25:** l'épi de variété d'orge (Saida)



**Figure 26:** Le graine variété de d'orge (Saida)



**Figure 27:** l'épi de variété d'orge (EL Fouara)



**Figure 28:** Le graine variété de d'orge (EL Fouara)



**Figure 29:** l'épi de variété d'orge (EL Bahia)



**Figure 30:** Le graine variété de d'orge (EL Bahia)



**Figure 31:** l'épi de variété d'orge (Barberaousse/Chorokho)



**Figure 32:** Le graine variété de d'orge (Barberaousse/ Chorokho)



**Figure 33:** l'épi de variété d'orge (Plaisant/Charan 01)



**Figure 34:** Le graine variété de d'orge (Plaisant/Charan 01)



# ANNEXES

## ANNEXES (2)

**Tableau 01:** Récapitulatif des indicateurs de sécheresses météorologiques dans la région de Sétif-Sfiha de 1981 à 2015.

Année	SPI		IDP	RN	IP	EM	Cumule
1981	-1,22	MS	-24,36	75,64	0,76 S	-97,80	304
1982	2,02	EH	40,27	140,27	1,40 H	161,70	563
1983	-2,52	ES	-50,16	49,84	0,50 S	-201,40	200
1984	1,52	TH	30,29	130,29	1,30 H	121,60	523
1985	0,12	PN	2,32	102,32	1,02 H	9,30	411
1986	0,39	PN	7,67	107,67	1,08 H	30,80	432
1987	-1,02	MS	-20,30	79,70	0,80 S	-81,50	320
1988	0,29	PN	5,75	105,75	1,06 H	23,10	425
1989	0,02	PN	0,37	100,37	1,00 H	1,50	403
1990	-0,05	PN	-0,92	99,08	0,99 S	-3,70	398
1991	0,00	PN	-0,07	99,93	1,00 H	-0,30	401

<b>1992</b>	1,30	MH	25,83	125,83	1,26 H	103,70	505
<b>1993</b>	-1,02	MS	-20,32	79,68	0,80 S	-81,60	320
<b>1994</b>	-1,61	SS	-32,10	67,90	0,68 S	-128,90	273
<b>1995</b>	0,26	PN	5,21	105,21	1,05 H	20,90	422
<b>1996</b>	0,52	PN	10,31	110,31	1,10 H	41,40	443
<b>1997</b>	0,01	PN	0,22	100,22	1,00 H	0,90	402
<b>1998</b>	0,80	PN	15,89	115,89	1,16 H	63,80	465
<b>1999</b>	-0,21	PN	-4,23	95,77	0,96 S	-17,00	385
<b>2000</b>	-0,88	PN	-17,51	82,49	0,82 S	-70,30	331
<b>2001</b>	-1,88	SS	-37,41	62,59	0,63 S	-150,20	251
<b>2002</b>	-0,39	PN	-7,67	92,33	0,92 S	-30,80	371
<b>2003</b>	EH	2,30	45,68	145,68	1,46 H	183,40	585
<b>2004</b>	1,16	MH	23,06	123,06	1,23 H	92,60	494
<b>2005</b>	-0,35	PN	-6,90	93,10	0,93 S	-27,70	374
<b>2006</b>	-0,09	PN	-1,74	98,26	0,98 S	-7,00	395
<b>2007</b>	0,23	PN	4,53	104,53	1,05 H	18,20	420
<b>2008</b>	0,25	PN	4,91	104,91	1,05	19,70	421

					H		
<b>2009</b>	0,02	PN	0,37	100,37	1,00 H	1,50	403
<b>2010</b>	0,08	PN	1,59	101,59	1,02 H	6,40	408
<b>2011</b>	0,18	PN	3,54	103,54	1,04 H	14,20	416
<b>2012</b>	-0,42	PN	-8,44	91,56	0,92 S	-33,90	368
<b>2013</b>	0,50	PN	10,01	110,01	1,10 H	40,18	442
<b>2014</b>	0,23	PN	4,61	104,61	1,05 H	18,50	420
<b>2015</b>	-0,52	PN	-10,34	89,66	0,90 S	-41,50	360

H : année humide, S : année sèche ; EH : Extrêmement humide ; TH : Très humide ; MH : Modérément humide ; PN : Proche de la normale ; MS : Modérément sèche ; SS : sévèrement sèche ; ES : Extrêmement sèche

## ANNEXES (3)

**Tableau 01 :** L'analyse de la variance de précocité

	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.	S.C.E
<b>VAR.TOTAL</b>	100.745	47	2.144				
<b>VAR.FACTOR 1</b>	91.912	16	5.744	20.16	0		
<b>VAR.BLOCKS</b>	8.833	31	0.285			0.534	17.85%

**Tableau 02 L'**analyse de variance de Surface foliaire.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>VAR.TOTAL</b>	1077768	67	16086.09				
<b>VAR.FACTOR 1</b>	758317.5	16	47394.84	7.833	0		
<b>VAR.BLOCKS</b>	29002.63	3	9667.542	1.598	0.20093		
<b>VAR.RESIDUAL 1</b>	290448.1	48	6051.002			77.788	27.43%

**Tableau 03:** L'analyse de variance de la hauteur de l'orge. Au stade maturation

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>VAR.TOTAL</b>	8414,002	67	125,582				
<b>VAR.FACTOR 1</b>	6192,255	16	387,016	9,464	0		
<b>VAR.BLOCKS</b>	258,842	3	86,281	2,11	0,1099		
<b>VAR.RESIDUAL 1</b>	1962,905	48	40,894			6,395	6,22%

**Tableau 04 :** L'analyse de la variance de la longueur du col de l'épi d'orge

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>VAR.TOTAL</b>	1356.301	67	20.243				
<b>VAR.FACTOR 1</b>	1077.528	16	67.346	12.125	0		
<b>VAR.BLOCKS</b>	12.175	3	4.058	0.731	0.54195		
<b>VAR.RESIDUAL 1</b>	266.597	48	5.554			2.357	8.51%

**Tableau 05:** L'analyse de la variance de la longueur l'épi

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>VAR.TOTAL</b>	126.447	67	1.887				
<b>VAR.FACTOR 1</b>	93.066	16	5.817	8.452	0		
<b>VAR.BLOCKS</b>	0.346	3	0.115	0.167	0.91741		
<b>VAR.RESIDUAL 1</b>	33.035	48	0.688			0.83	15.25%

**Tableau 06 :** L'analyse de la variance de la Longueur des barbes d'épi

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>VAR.TOTAL</b>	470.262	67	7.019				
<b>VAR.FACTOR 1</b>	147.491	16	9.218	1.48	0.14667		
<b>VAR.BLOCKS</b>	23.827	3	7.942	1.275	0.29313		
<b>VAR.RESIDUAL 1</b>	298.945	48	6.228			2.496	23.21%

**Tableau 07 :** L'analyse de variance de Teneur relative en eau

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>VAR.TOTAL</b>	10510.62	50	210.212				
<b>VAR.FACTOR 1</b>	6887.48	16	430.468	4.04	0.00032		
<b>VAR.BLOCKS</b>	3623.136	34	106.563			10.323	13.92%

**Tableau 08:** L'analyse de variance de Taux de cire.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>VAR.TOTAL</b>	0	67	0				
<b>VAR.FACTOR 1</b>	0	16	0	0.992	0.48079		
<b>VAR.BLOCKS</b>	0	3	0	0.909	0.44546		
<b>VAR.RESIDUAL 1</b>	0	48	0			0	569.74%

**Tableau 09 :** L'analyse de la variance de Densité de peuplement

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>VAR.TOTAL</b>	334183.3	67	4987.81				
<b>VAR.FACTOR 1</b>	125698.3	16	7856.141	2.209	0.01768		
<b>VAR.BLOCKS</b>	37793.13	3	12597.71	3.543	0.02115		
<b>VAR.RESIDUAL 1</b>	170691.9	48	3556.081			59.633	25.13%

**Tableau 10** : L'analyse de la variance de Densité d'épis.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>VAR.TOTAL</b>	2762525	67	41231.71				
<b>VAR.FACTOR 1</b>	2335653	16	145978.3	16.781	0		
<b>VAR.BLOCKS</b>	9320	3	3106.667	0.357	0.78695		
<b>VAR.RESIDUAL 1</b>	417552.3	48	8699.005			93.268	17.16%

**Tableau 11** : L'analyse de la variance de la Nombre de grains par épi.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>VAR.TOTAL</b>	9108.557	67	135.949				
<b>VAR.FACTOR 1</b>	7303.269	16	456.454	13.083	0		
<b>VAR.BLOCKS</b>	130.598	3	43.533	1.248	0.30265		
<b>VAR.RESIDUAL 1</b>	1674.69	48	34.889			5.907	12.82%

**Tableau 12:** L'analyse de la variance de Poids de mille grains

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>VAR.TOTAL</b>	2562.428	67	38.245				
<b>VAR.FACTOR 1</b>	1283.009	16	80.188	3.11	0.00123		
<b>VAR.BLOCKS</b>	41.722	3	13.907	0.539	0.66151		
<b>VAR.RESIDUAL 1</b>	1237.697	48	25.785			5.078	12.01%

**Tableau 13** : L'analyse de la variance de Biomasse totale à maturité

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>VAR.TOTAL</b>	0.267	67	0.004				
<b>VAR.FACTOR 1</b>	0.088	16	0.005	1.493	0.14161		
<b>VAR.BLOCKS</b>	0.003	3	0.001	0.304	0.82404		
<b>VAR.RESIDUAL 1</b>	0.176	48	0.004			0.061	20.51%

**Tableau 14** : L'analyse de la variance de Biomasse de la paille

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>VAR.TOTAL</b>	0.06	67	0.001				
<b>VAR.FACTOR 1</b>	0.026	16	0.002	2.373	0.01084		
<b>VAR.BLOCKS</b>	0	3	0	0.231	0.87529		
<b>VAR.RESIDUAL 1</b>	0.033	48	0.001			0.026	20.44%

**Tableau 15:** L'analyse de la variance de Rendement théorique.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>VAR.TOTAL</b>	9.1283E+12	67	1.3624E+11				
<b>VAR.FACTOR 1</b>	6.1143E+12	16	3.8214E+11	6.321	0		
<b>VAR.BLOCKS</b>	1.1213E+11	3	3.7376E+10	0.618	0.61035		
<b>VAR.RESIDUAL 1</b>	2.9018E+12	48	6.0455E+10			245876.06	24.47%

**Tableau 16 :** L'analyse de la variance de Rendement machine

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>VAR.TOTAL</b>	5390.677	67	80.458				
<b>VAR.FACTOR 1</b>	2951.572	16	184.473	4.852	0.00001		
<b>VAR.BLOCKS</b>	614.091	3	204.697	5.384	0.00294	6.166	11.77%.
<b>VAR.RESIDUAL 1</b>	1825.014	48	38.021			6.166	11.77%

# دراسة طبيعة الإنتاج والتكيف لبعض أصناف من الشعير ( *Hordeum vulgare L* ) في المنطقة شبه القاحلة، سطيف

## الملخص

تهدف هذه التجربة التي أجريت ما بين 2016/2015 على مستوى محطة التجارب الزراعية للمعهد التقني للمحاصيل الكبرى (ITGC) بسطيف إلى دراسة خصائص الإنتاج والتأقلم عند 17 صنف من الشعير (*Hordeum vulgare L.*) في المناطق شبه الجافة. الأصناف النباتية المستعملة ذات مصادر مختلفة (محلية، سورية وأوروبية) خضعت لمخطط عشوائي كامل بأربع تكرارات. أظهرت دراسة المناخ للمنطقة منذ 2015/1981 التغير من حيث هطول الأمطار ودرجات الحرارة. و تميزت المنطقة بسنوات الجفاف حسب مؤشرات الجفاف. وأظهرت الأصناف 17 سلوك مختلف مع الظروف البيئية حيث تم الحصول على أعلى مردود من الأصناف EXPRESS و PLAISANT CHARAN01 في حين لوحظ أدنى مستوى له في SAIDA و TINA .

**الكلمات المفتاحية:** الشعير-التأقلم- تبكر-الشبه الجافة .

## Résumé

L'expérimentation a été conduite au cours de la campagne 2015/2016 dans la Station Expérimentale Agricole de l'Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC) de Sétif. L'objectif est d'étudier les caractères de production et d'adaptation de quelques variétés d'orge (*Hordeum vulgare L.*) sélectionnées en zone semi-aride. Le matériel végétal utilisé, d'origine diverse (locale, syrienne et européenne) est conduit selon un dispositif en blocs complètement randomisés avec quatre répétitions.

La synthèse climatique de la région de 1981/2015 a démontré la variabilité de la région en matière de précipitations et températures. Les indices de sécheresse ont distingué les années sèches de la région.

Les 17 variétés se sont exprimées différemment aux conditions du milieu. Le rendement le plus élevé a été obtenu par les variétés EXPRESS et PLAISANT / CHARAN01 alors que le plus faible a été observé chez SAIDA et TINA.

**Mots clés :** *Hordeum vulgare* – adaptation - précocité –semi-aride .

## Study of character of production and adaptation of some varieties of barley (*Hordeum vulgare L.*) selected semi-arid region of Setif

### Summary

The experiment was conducted during 2015/2016 in the Agricultural Experiment Station of the Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC) of Sétif. The objective is to study the character of production and adaptation of some varieties of barley (*Hordeum vulgare L.*) selected semi-arid region. The plant material used, of various origins (local, Syrian and European) is conducted according to a randomized complete block design with four replications.

Climate synthesis of the region during 1981/2015 demonstrated the variability of the region in terms of precipitation and temperatures. Drought indices distinguished dry years in the region. The 17 varieties were expressed differently to environmental conditions. The highest yield was obtained by EXPRESS and PLEASANT/ CHARAN01 varieties and while the lowest was Obtained with SAIDE and TINA.

**Key words :** *Hordeum vulgare* – adaptation - precocity –semi-arid.