



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريريج
Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.
كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الرض والكون
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et
de l'Univers
قسم العلوم الفالحية
Département des Sciences Agronomiques



Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences agronomiques
Spécialité : Amélioration des plantes

Caractérisations morphologiques de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous conditions semi - arides

Présenté par : GHOUILA Samar
BENYAHIA Imene

Président : M^r FELLAHI Z. M.C.B. (Université de Bordj Bou Arreridj)

Encadrant : M^{me} KELALECH H. M.C.B. (Université de Bordj Bou Arreridj)

Examineur : M^r BAHLOULI F. Pr (Université de Bordj Bou Arreridj)

Année universitaire : 2019/2020

Remerciements

الحمد لله الذي هدانا وما كنا لنهتدي لولا أن هدانا الله

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

Nous adressel'expressiondemestrèsvivesgratitudesetrespectsànotreencadreur,

*Madame **KELALECHE.H** pour son soutien, pour ses conseils utiles et d'avoir été patiente et compréhensive*

Nous remercions beaucoup les membres du jury :

***Mr. FELLAHI Zine Elabidine, Mr. BAHLOULI Fayçal et Mme. KELALECHHE Haizia** qui nous ont fait l'honneur de participer et de juger notre mémoire.*

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

Nous tenons enfin à remercier notre entourage pour leur encouragement, à toute personne qui a participé de près ou de loin pour l'accomplissement de ce modeste travail.

DEDICACES :

بسم الله الرحمن الرحيم

Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour,

Le respect, et la reconnaissance, c'est tout simplement que : je dédie ce travail à :

*Mes très chers parents : **Fadila et nourine** pour leurs amours.*

*Mes frères : **chemssou, Mohamed.***

*Mes sœurs : **selma, mériem.***

*Mon mari : **mouine** et ma petite-fille ; **noursine***

Qui, par leurs prières, leurs encouragements, et leur soutien.

*Ma binôme **imene** et Tous mes amis d'étude A tous mes collègues de la promotion*

master 2 «amélioration des plantes 2019/2020» de université de bourdj bou arreridj

,Tous mes professeurs durant tous mes études .

*A toute la famille : **Ghouila, Boureghdad et Bendrimia.***

Samer

DEDICACES :

بسم الله الرحمن الرحيم

Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour,

Le respect, et la reconnaissance, c'est tout simplement que : je dédie ce travail à :

*Mes très chers parents : **Farida et Abdelhafid** pour leurs amours.*

*Mes frères : **Abdelkarim, Maroine***

*Ma sœur : **Maroi***

Qui, par leurs prières, leurs encouragements, et leur soutien.

*Ma binôme **Samar** et mes adorables amis : **BOUROUH** Lamia **MEKKAS** Amel,*

***Lauradi** Nawal, **BELOUAHRI** Chahinez **Amari** Rania, **Khababa** Rania,*

Warda, Fatima, Loudji, Hanane et Radia mouna

Tous mes professeurs durant tous mes études.

*A toute la famille : **Rezig, Benyahia***

Imene

Sommaire	
Résumé	
Remerciement	
DEDICACES	
Liste des Tableaux	
Liste des Figures	
Liste des Abréviations	
Liste des Annexes	
Introduction.....	1
Partie I : Synthèse Bibliographique	
Chapitre I: Présentation et Caractéristique du Blé dur	
I .1. Historique	3
I.2.Production du blé dans le monde et en Algérie	4
▪ Dans le monde.....	4
▪ En Algérie.....	4
I.3.Classification botanique.....	5
I.4.Description générale de la plante	6
I.5.Cycle de développement du blé dur	7
I.6.Les exigences du blé	9
I.6.1.Exigences édaphique.....	9
I.6.2.Exigences climatiques	10
Chapitre II: le stress hydrique	
II.1 Le rôle de l'eau dans la plante	12
II .2 Définition de stress	12
A- Biotique	12
B- Abiotique.....	12
II.3. Le stress hydrique	13
II.4. Les effets du stress hydrique sur le blé dur	13
• L'effet sur la transpiration	13
• L'effet sur la conductance stomatique	13
• L'effet sur la photosynthèse.....	14

• Effet sur la turgescence	14
• L'effet sur les composantes du rendement	14
• Effet sur la croissance.....	15
• Effet sur les différents stades du développement du blé dur	15
II.5. Notion d'adaptation	15
II.6. Mécanisme d'adaptation des plantes au déficit hydrique.....	15
▪ Adaptation phénologique	16
▪ Adaptations morphologiques	16
▪ Adaptation physiologique	18
Partie II: Matériel et Méthodes	
II .1. Description du site expérimental.....	20
II .1.1. Situation géographique.....	20
II.1.2. Le sol.....	20
II.1.3. Le climat.....	20
II.2. Mise en place de l'expérimentation.....	21
II.2.1. Matériel végétal.....	21
II.2.2. Le dispositif expérimental.....	22
II.2.3. Conduite de la culture.....	23
II.3. Paramètres morphologiques mesurés.....	23
II.4. Etude statistique	24
Partie III : Résultats et Discussions	
III.1. Variation des caractères morphologiques	25
▪ La surface de la feuille étendard (SFE)	25
▪ La hauteur des la plante totale (HPT)	27
▪ Longueur de col de l'épi (LC)	28
▪ La longueur des épis (LE)	29
▪ La longueur de barbe (LB)	31
III.2. Distinction direct de la réponse des variétés et de Leur sélection à l'aide d'indicateurs étudiés	32
Conclusion.....	34

Référence Bibliographique

Annexes

LISTE DES FIGURES :

N°	Titre	Page
1.	Morphologie de blé dur	6
2.	Fleurs et graine (caryopse) de blé	7
3.	Cycle de développement de blé dur	9
4.	Changements de La surface foliaire de la feuille étendard à maturité dans des conditions sèches et semi- arides	26
5.	Changements de hauteur de la plante à maturité dans des conditions semi-arides	27
6.	Changements de Longueur de col de l'épi à maturité dans des conditions sèches et semi-arides	29
7.	Changements de la Longueur d'épi à maturité dans des conditions semi-arides	30
8.	Changements de la Longueur de barbe à maturité dans des conditions semi-arides	32
9.	Valeurs moyennes en pourcentage par rapport à la valeur maximale des indicateurs étudiés pour les variétés de blé dur dans des conditions climatiques semi-arides	34

LISTE DES TABLEAUX :

N°	Titre	Page
I	Les meilleures pays producteurs de blé dans le monde	4
II	Classification botanique du blé dur	5
III	le Cycle de développement du blé dur	8
IV	les différentes réponses des céréales durant leur développement face à un déficit hydrique.	15
V	Résultats d'analyse des échantillons du sol du site expérimental.	20
VI	Nom et origine du matériel végétal utilisé dans l'expérimentation.	22
VII	Principaux caractères des variétés étudiées.	22

LISTE DES ABRIVIATIONS :

FAO : L'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

J.C : Jésus Christ SAU

Mt : millions de tonnes

ha : hectare

C° : Degré Celsius

qx/ha : Quintaux/hectare

OAIC : L'Office Algérien Interprofessionnel des Céréales

CO2 : Le dioxyde de carbone

pH : Le potentiel hydrogène

% : Pour cent

mm : millimètre

cm : Centimètre

cm² : Centimètre carré

Fig : Figure

Tab : Tableau

BBA : Bourdj Bou Arreridj

ITGC : Institut Technique des Grandes Cultures

CIMMYT : Centre international d'amélioration du maïs et du blé

ICARDA : Centre international pour la recherche agricole dans les zones arides

SFE : Surface moyenne de la feuille étendard

HPT : Hauteur de plante totale

LC : Longueur de col de l'épi

LB : Longueur des barbes

LE : Longueur d'épi

OZ: Oued Zenati

POLO: Polonicum

WH: Waha

HOG: Hoggar

BOUSL: Bousselem

MEXI: Mexicali

ALT: Altar

Liste des Annexes:

Annexe 1 : Les données climatiques pour la campagne 2016/2017.

Annexe 2: Analyse du changement pour chacune des surfaces foliaires de la feuille étendard (SFE), hauteur de la plante (HPT), longueur du col de l'épi(LC), longueur de l'épi (LE), ainsi que longueur des barbes(LB) dans des conditions climatiques semi-arides.

Annexe 3: Comparaison des moyennes pour chaque surface de la feuille étendard(SFE), hauteur de la plante (HPT), longueur du col de l'épi (LC), longueur de l'épi (LE), ainsi que la longueur de barbe (LB). Dans des conditions climatiques semi-arides

Introduction

Introduction:

Les céréales constituent une part importante des ressources alimentaires de l'homme et de l'animal (**Karakas et al., 2011**). Parmi ces céréales, le blé dur (*Triticum durum* Desf.) compte parmi les espèces les plus anciennes et constitue une grande partie de l'alimentation de l'humanité, d'où son importance économique. Le blé constitue presque la totalité de la nutrition de la population mondiale est fournie par les aliments en grains dont 95% sont produits par les principales cultures céréaliennes (**Greenway et Munns, 1980 ; Bonjean et Picard, 1990**).

Le blé dur représente environ 8% des superficies cultivées en blés dans le monde. De cette surface 70 % est localisée dans la région du bassin méditerranéen (**Nachit, 1998**)

L'Algérie avant les années 1830, exporte son blé au Monde entier. Actuellement l'Algérie importe son blé et se trouve dépendante du marché international (**Anonyme, 2006**). Par sa position de grand importateur de blé, l'Algérie achète annuellement plus de 5% de la production céréalière mondiale, cette situation risque de se prolonger à plusieurs années, faute de rendements insuffisants et des besoins de consommation sans cesse croissants devant une forte évolution démographique (**Chellali, 2007**). En effet une production très insuffisante de 2.7 Mt pour couvrir les besoins du marché national et alimenter les stocks pousse à faire un recours systématique aux importations (**FAO, 2007**).

Cette faiblesse de la production de blé en Algérie était souvent liée à des conditions environnementales défavorables qu'on peut dénommer « stress ». (**Chaise et al., 2005**).

Le mot stress est apparu autour de 1940. Il s'agissait d'un mot anglais, employé en mécanique et en physique, qui voulait dire « force, poids, tension, charge ou effort ». Un stress biologique n'est pas facile à définir, mais il implique des effets hostiles s'exerçant sur un organisme.

La production agricole dans le monde est fortement limitée par des stress abiotiques tels que le stress hydrique et la température (T°), la salinité et la toxicité aluminique. La principale de ces stress abiotiques est la sécheresse, (**Ruivenkamp et Richards, 1994**).

Le stress hydrique est la principale contrainte limitant la croissance et la production des céréales dans les zones aride et semi-aride des pays méditerranéens.

L'amélioration pour la tolérance à la sécheresse est considérée comme l'un des principaux objectifs des programmes de recherche agronomique.

L'objectif de ce travail est d'étudier l'influence de stress hydrique sur le comportement morphologique et la variabilité de la réponse, pour sélectionner les meilleures variétés tolérantes chez sept variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) cultivées en plein champ sous un climat semi-aride (El Oued Lakhdar El-hamadia).

Ce mémoire est structuré en deux grandes parties, à savoir :

-La première partie (I), avec ces deux chapitres a été réservée à une étude Bibliographique, pour cerner toutes les données de la problématique.

Le chapitre I, a porté sur une présentation et description de l'espèce Étudiée.

Le chapitre II, le stress hydrique et les mécanismes morpho-physiologiques de l'adaptation de blé dur au stress hydrique.

-La deuxième partie (II), a été consacré pour l'étude expérimentale, elle est composée d'un chapitre matériel et méthodes: ensemble du matériel et des méthodes utilisés pendant notre expérimentation.

Un deuxième chapitre est l'ensemble des différents résultats et discussions des paramètres étudiés.

Le mémoire est achevé, par une conclusion et des perspectives, suivies de la liste de Références bibliographiques et des annexes.

*Partie I : Synthèse
Bibliographique*

Chapitre I: Présentation et Caractéristique du Blé dur

I.1. Historique :

Le blé est parmi les premières espèces cueillies et cultivées par l'homme au proche Orient, il y'a environ 10.000 à 15.000 ans avant J.C (**Hervé, 1979**). Des restes de blés diploïdes et tétraploïdes, ont été découverts sur des sites archéologiques au proche Orient d'après **Harlan, (1975)** le blé dur provient des territoires de la Turquie, de la Syrie, de l'Iraq et de l'Iran.

Selon **Feldman, (2001)** la culture du blé s'est diffusée vers la Nord – Ouest par les plaines côtières du bassin méditerranéen et arrivée jusqu'au Balkans (URSS) puis en suivant la vallée du Danube (Allemagne) pour se fixer aussi dans la vallée du Rhin (France) entre 5000 et 6000 avant J.C. Les restes archéologiques montrent que le blé a atteint l'Ouest de l'Europe 5000 avant J.C environ. Dans le même temps, il est introduit en Asie et en Afrique. Son introduction en Amérique, et plus encore en Australie, n'est que très récente. L'évolution du blé s'est donc produite dans de nombreux écosystèmes, de manière relativement indépendante jusqu'au XIX siècle (**Bonjean, 2001**). **Vavilov selon Hamed, (1979)** le centre d'origine du blé est le Tigre et l'Euphrate (l'actuel Irak), puis l'espèce s'est étendue en Egypte, en Chine, en Europe et en Amérique, en (1934), a fait intervenir, pour la première fois dans la classification, l'origine géographique en distinguant nettement deux espèces :

1- La sous espèce *Europeum* Vav., se trouve dans les Balkans et la Russie.

2- La sous espèce *Mediterraneum* Vav., rencontrée dans le bassin méditerranéen.

Grignac, (1978) rapporte que le moyen Orient où coexistent les deux espèces parentales se rencontrent de nombreuses formes de blé dur et serait le centre d'origine géographique du blé.

L'espèce (*Triticum durum* Desf.), s'est différenciée dans trois centres secondaires différents qui sont :

- Le bassin occidental de la Méditerranée.
- Le Sud de la Russie.
- Le proche Orient.

Chaque centre secondaire donna naissance à des groupes de variétés botaniques aux caractéristiques phénologiques, morphologiques et physiologiques particulières (**Monneveux, 1991**).

Par ailleurs, **Orlov et Vavilov in Gueorguiev et Arifi, (1978)** considèrent le Maghreb comme origine secondaire du blé.

Bonjean et Picard, (1990) affirment que le monde Romain a largement contribué à la diffusion des céréales au niveau du bassin méditerranéen vers l'Europe centrale et l'Europe de l'Ouest.

Les formes sauvages identifiées de ces diverses espèces (*T. monococcum* et *T. dicoccum*) seraient originaires du proche Orient et du moyen Orient. Le blé dur selon plusieurs auteurs serait une plante anciennement cultivée et était la base de l'alimentation des premières civilisations humaines.

I.2. Production du blé dans le monde et en Algérie :

■ Dans le monde :

Les blés constituent la première ressource en alimentation humaine et la principale source de protéine. Ils fournissent également une ressource privilégiée pour l'alimentation animale et de multiples application industrielles (**Bonjean et Picard, 1990**).

Le blé dur représente environ 8% des superficies en blés dans le monde dont 70% sont localisées en conditions méditerranéennes (**Monneveux, 2002**). La Turquie, la Syrie, la Grèce, l'Italie, l'Espagne et les pays d'Afrique du Nord sont en effet parmi les principaux producteurs.

Le blé dur prend mondialement, la cinquième place après le blé tendre, le riz, le maïs et l'orge (**Amokrane, 2001**).

Tableau I : Le meilleur pays producteur de blé dans le monde:

Les pays producteurs	Quantité (tonnes)
Chine	131447224
Chine continentale	131440500
Inde	99700000
Fédération de Russie	72136149
France	35798234
Canada	31769200
Pakistan	25076149
Ukraine	24652840
Allemagne	20263500
Turquie	20000000

(FAOstat, 2020)

■ En Algérie:

En Algérie, les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale (**Djermoun, 2009**). Le blé dur (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) est la première céréale cultivée en Algérie, en termes de superficies et de production, occupant la moitié d'une superficie de 3 millions hectares, destinés à la

céréaliculture (**Haddad et al., 2016**). Sur les hautes plaines orientales algériennes, la culture pluviale du blé dur représente, avec l'orge et l'élevage ovin, l'essentiel de l'activité agricole. La production de blé dur est consommée par l'homme, le plus souvent directement sur le site de l'exploitation, et les résidus du blé sont utilisés par l'élevage (**Mekhlouf et al., 2006**). La production de blé en Algérie en 2018 est : 3981219 tonnes (**FAO stat, 2018**)

I.3. Classification botanique:

Tableau II : Classification botanique du blé (**APG III, 2009**).

Règne :	Plantea
S/règne :	Tracheobionta
Embranchement :	Phanérogamiae
S/Embranchement :	Magnoliophyta (Angiospermes)
Division :	Magnoliophyta
Classe :	Liliopsida (Monocotylédones)
S/Classe :	Commelinidae
Ordre :	Poales (Glumiflorale)
Famille :	Cyperales
S/Famille :	Poaceae (Graminées)
Tribue :	Pooideae (Festucoideae)
S/tribu :	Triticeae
Genre	Triticum
Espèce	<i>T. durum</i> Desf.

(**APG III, 2009**).

I.4. Description générale de la plante :

Le blé dur est une graminée annuelle de hauteur moyenne (**Bozzini, 1988**).

Son appareil végétatif herbacé est composé de :

- **Racines:** le blé dur dispose de deux systèmes racinaires successifs. Un système racinaire primaire ou séminale, fonctionnel dès la germination. Il ne se forme en général que de 6 racines séminales (**Monneveux, 1992**), et d'un système racinaire secondaire ou racines adventices, de type fasciculé, qui apparaît au tallage et se substitue progressivement au précédent. Le nombre de racines est d'autant plus important que la phase de tallage est plus longue. Très actives jusqu'à la floraison, les racines adventices rentrent ensuite en sénescence (**Boulal et al., 2007**).

- **Tige:** sur la partie aérienne, on distingue une tige principale appelée le maître brun cylindrique, lisse, plus ou moins creuse et des tiges secondaires appelées talles qui naissent à la base de la plante (**Boulal et al., 2007**).

- **Feuilles:** alternes, distiques, simples et entières, avec une gaine arrondie (**Belay, 2006**). Chaque feuille prend naissance à l'aisselle d'un noeud. La feuille du blé se compose de quatre parties : la gaine, les stipules ou oreillettes, la ligule et le limbe (**Boulal et al., 2007**). Le limbe est linéaire à nervures parallèles, plat et légèrement poilu (**Belay, 2006**).

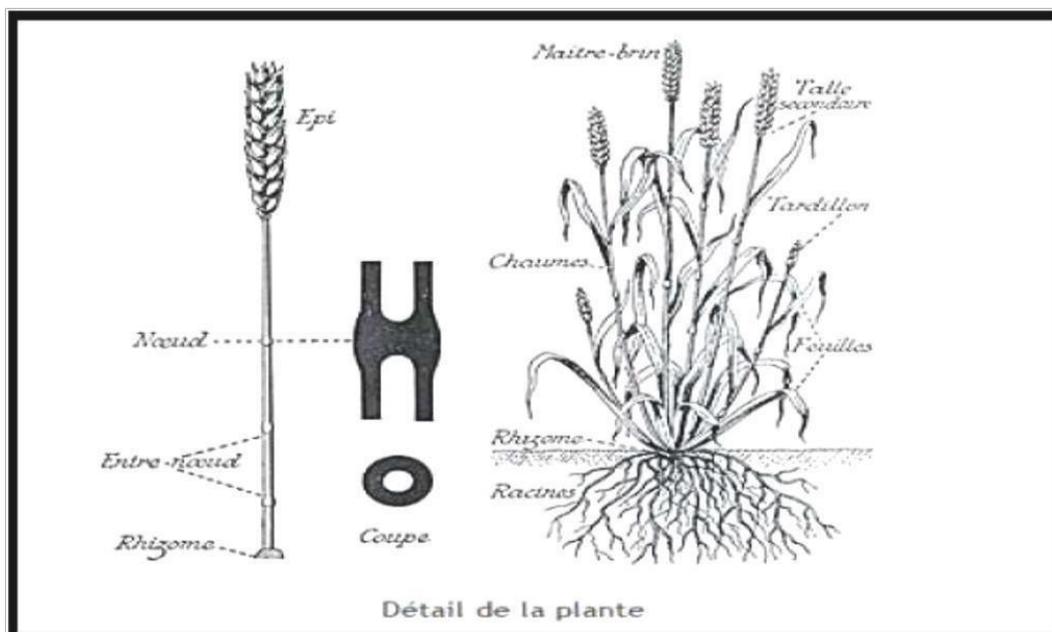


Fig.1: Morphologie de blé dur (**Anonyme a, 2003**).

L'appareil reproducteur (l'inflorescence) est un épi muni d'un rachis portant des épillets séparés par de courts entre-noeuds (**Bozzini, 1988**). Chaque épillet est une

petite grappe de une à cinq fleurs bisexuées (Boulal *et al.*, 2007). Chaque fleur peut produire un fruit à une seule graine (Bozzini, 1988). Vitreux de couleur ambrée, le grain de blé dur est le plus dur de tous les blés, fruit sec et indéhiscence (caryopse), Il a un aspect ovoïde et allongé, muni d'un sillon central sur l'une des faces (Belay, 2006).

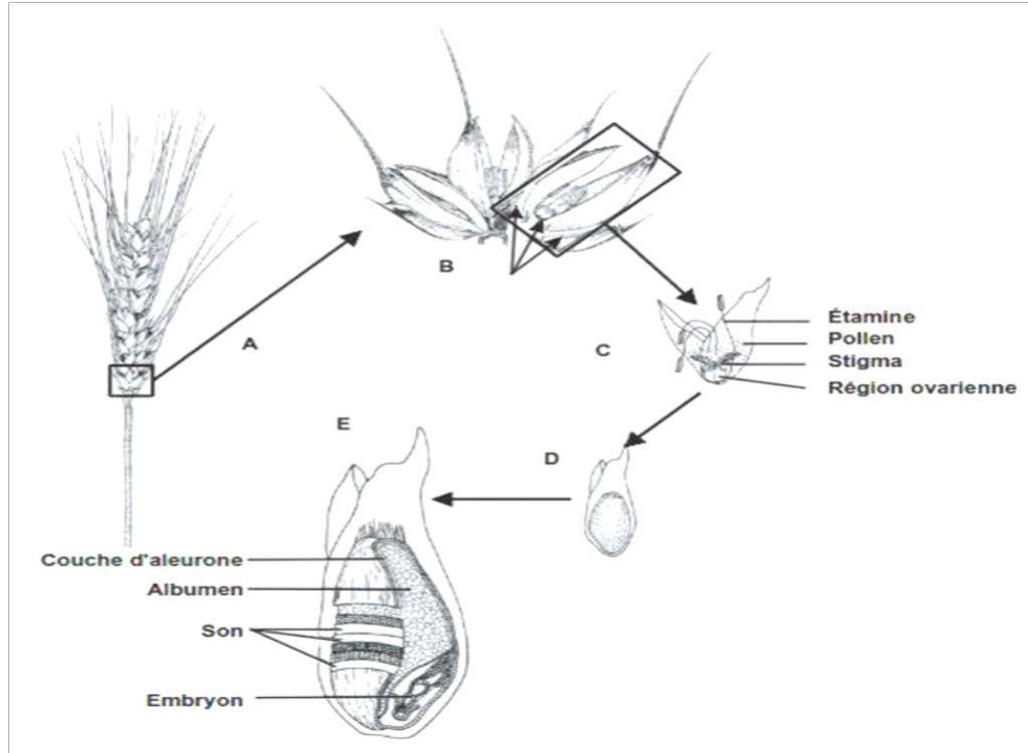


Fig.2: Fleurs et graine (caryopse) de blé (Heiser, 1990).

I.5. Cycle de développement du blé dur :

En général, toutes les céréales ont le même cycle de développement, le développement représente l'ensemble des modifications phénologiques qui apparaissent au cours du cycle de la culture (Bouffenaar *et al.*, 2006).

Trois périodes repères caractérisent le développement du blé à savoir : la période végétative, reproductrice et période de formation du grain et maturation (Tableau III, fig.3).

Tableau III : Le Cycle de développement du blé dur.

Les périodes	Les phases	Les caractéristiques
Période végétative (3phasesprincipales)	1- la semi levée	→ Sortie des racines → La croissance
	2- Levée- début tallage	→ La 1 feuille d'allonge → La 2feuille apparaît puis 3 et 4
	3- Début- tallage- début montée	→ Le tallage entré en croissance de bourgeon différence
Période reproductrice de la montée à la fécondation (3 phases principales)	1-La formation des débouches d'épillets (phases A-B JONARD)	→ Débute par différenciation et l'élongation des entre-nœuds de la tige principale Initiation florale →
	2-La spécialisation floraleb (phase B-D de JONARD)	→ La différenciation des pièces florales
	3- Méiose fécondation (phase D-F de JONARD)	→ L'inflorescence sort de la graine de dernière feuille
Période de maturation (maturation complète) (3phases principales)	1-Multiplication l'aire intense (12-15jour)	→ Accroissement du poids d'eau et de matière sèche dans le grain
	2- D'enrichissement glucides et protides (12-15jour)	→ Migration des réserves → La diminution du teneur en eau (40%)
	3-Phase de dessiccation	→ Le gain devient alors successivement demi-mur puis mur

(Moule, 1980 in Brabri et Derradji, 2006).

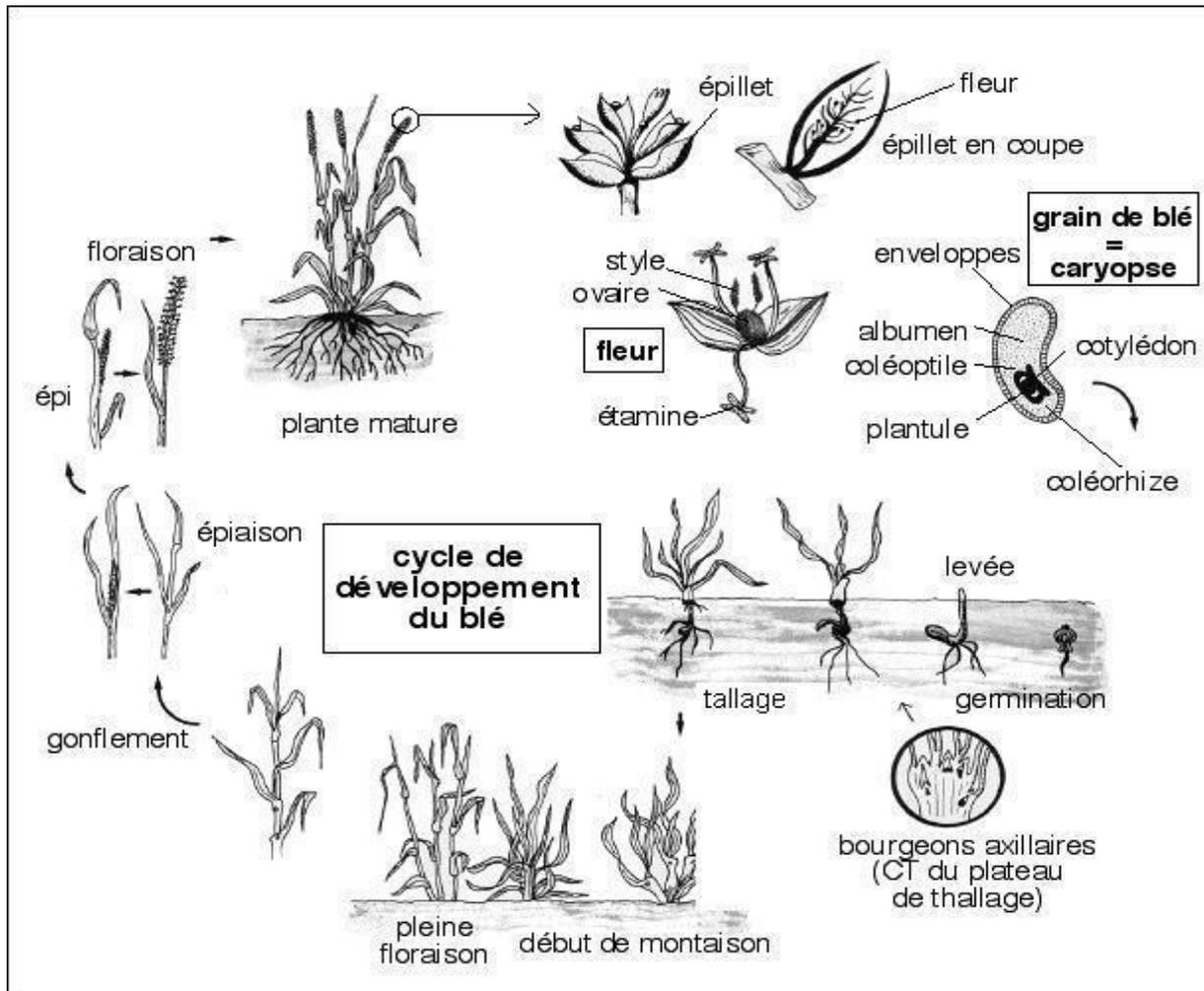


Fig.3 : Cycle de développement de blé dur (Soltner, 2005)

I.6. Les exigences du blé :

I.6.1. Exigences édaphique :

D'après (Soltner, 2000) ; le blé dur préfère les sols du type argilo-calcaire ou limoneux à limono-argileux à cause de son système racinaire fasciculées. Les sols qui conviennent le mieux au blé dur sont :

- 1- Les sols profonds (plus de 60cm de profondeur).
- 2- Les sols suffisamment riches en matières organiques et minérales.
- 3- Les sols bien drainés pour éviter tout développement de maladies.
- 4- Les sols capables de maintenir une réserve en eau suffisante pour assurer une bonne alimentation au moment de l'accumulation des réserves dans le grain.

I.6.2. Exigences climatiques :**■ La température :**

La température à partir de laquelle un blé germe et pousse est de 0C°, cependant l'optimum se situe entre 20 et 22C°. Une température élevée est favorable au développement et à la croissance (**Simon et al., 1989**). **Baldy (1992)**, **Mekhlouf et al., (2001)**, situent les exigences en température pour les différents stades de développement du blé de la manière suivante :

-stade levée : la somme des températures = 120C°.

-stade tallage : la somme des températures = 450C°. -stade plein tallage : la somme des températures = 500C°.

-stade épi 1cm : la somme de températures = 600C°.

■ L'eau :

L'eau joue un rôle important dans la croissance de la plante (**Soltner, 1990**), la germination ne se réalise qu'à partir d'un degré d'imbibition d'eau de 30%. En effet, C'est durant la phase épi 1Cm à la floraison que les besoins en eau sont les plus importants. La période critique en eau se situe entre 20 jours avant l'épiaison jusqu'à 30 à 35 jours après la floraison (**Loue, 1982**). C'est pour ça que le semis est toujours recommande en culture pluviale.

■ La lumière :

La lumière est le facteur qui agit directement sur le bon fonctionnement de la photosynthèse et le comportement du blé. En effet, un bon tallage est garanti, si le blé est placé dans les conditions optimales d'éclairement (**Soltner, 1990**). Une certaine durée du jour (photopériodisme) est nécessaire pour la floraison et le développement des plantes.

■ Fertilisation :

En particulier, dans les zones arides, l'amélioration de la fertilité et de la structure du sol peut être intégrée à travers des pratiques adéquates de la rotation des cultures (**Morot**

Gaudry, 1997).

La fertilisation est raisonnée sur le principe de la restitution au sol des quantités d'éléments (N,P,K) fertilisants prélevés par les récoltes. Le blé à besoin de ces trois éléments essentiels et le rôle de chaque élément sur le plante de blé est le suivant (**Hacini ,2014**) :

-L'azote (N) : C'est un facteur déterminant du rendement, Il permet la multiplication et l'élongation des feuilles et des tiges.

-Phosphore(P) C'est un facteur de croissance qui favorise le développement des racines en cours de végétation.

-Potassium(K) Il régule les fonctions vitales de la croissance végétale, Il est nécessaire à l'efficacité de la fumure azotée, Il permet une économie d'eau dans les tissus de la plante.

Chapitre II : le stress hydrique

II.1. Le rôle de l'eau dans la plante :

- L'eau a un rôle fondamental dans la vie des plantes. Dans la mesure où elle conditionne leurs activités physiologiques et métaboliques. Elle est le vecteur des éléments nutritifs de la plante (**Riou, 1993**).

Les rôles multiples assurés par l'eau au sein des plantes ont font le premier facteur de limitant leur fonctionnement. Parmi ces rôles nous pouvons situer (**Laberche, 2004**).

- l'eau contribue au maintien de la structure de la cellule et en particulier de la structure colloïdale du cytoplasme.

- elle intervient dans les réactions métaboliques comme l'hydrolyse ou la photosynthèse, elle est donc en ce sens un aliment pour le végétale.

- elle véhicule les nutriments minéraux et les produits du métabolisme.

Un manque d'eau au niveau du sol peut affecter le contenu en eau de feuille, le transport et l'accumulation des éléments nutritifs et par la même la croissance des plantes cultivées annuelles (**Nana et al., 2010**).

II .2. Définition de stress :

Selon les définitions, le stress chez les plantes apparait avec des significations différentes en biologie, qui convergent principalement en attribuant le stress à n'importe quel facteur environnemental défavorable pour une plante (**Levitt, 1980**). **Tsimilli-Michael et al, (1998)** considèrent que le stress a une signification relative, avec un contrôle comme état de référence, ils considèrent le stress comme une déviation du contrôle à une contrainte.

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.

On distingue deux grandes catégories de stress :

A- Biotique : imposé par les autres organismes (insectes, herbivores.)

B- Abiotique : provoqué par un déficit ou un excès de l'environnement comme :

La sécheresse, la température extrême, la salinité. (**Azr et Benrouina, 2009**).

II.3. Le stress hydrique :

Le manque d'eau, déficit hydrique ou la sécheresse représente le stress abiotique le plus sévère, auquel la culture du blé dur fait face dans les conditions de productions des zones arides et semi- arides (**Chennafi et al., 2006**).

Le stress hydrique peut se définir comme le rapport entre la quantité d'eau nécessaire à la croissance de la plante et la quantité d'eau disponible dans son environnement, sachant que la réserve d'eau utile pour la plante est la quantité d'eau du sol accessible par son système racinaire (**Laberche, 2004**). La demande en eau de la plante est quant à elle déterminée par le niveau de transpiration ou évapotranspiration, ce qui inclut les pertes d'eau tant au niveau des feuilles qu'au niveau du sol (**Laberche, 2004**). L'adaptation est un mécanisme nécessaire pour les variétés à adopter dans les régions arides et semi- arides, pour tolérer la sécheresse (**Slama et al., 2005**).

Le déficit hydrique est la majeure contrainte environnementale qui affecte la production agricole mondiale, spécialement dans les zones aride et semi-aride (**Chahbar et Belkhodja, 2016**)

II.4. Les effets du stress hydrique sur le blé dur:

- **L'effet sur la transpiration :**

La transpiration d'une feuille de blé dépend de son état physiologique, du stade végétal, de l'état hydrique du sol (**Djavanchir, 1971 in Melki, 2008**).

Selon (**Bois et Couchât, 1985 in Melki, 2008**), la réduction des pertes par régulation stomatique de la transpiration est une moyenne d'adaptation que possède la plante pour retarder l'installation du déficit hydrique. Cependant, (**Renard et Alluri, 1983 in Melki, 2008**), estiment que le contrôle stomatique est plus symptôme de déficience en eau mécanisme préventif.

Une étude faite par (**Monneveux et Nemmar, 1986 in Melki, 2008**) concernant le blé, a montre que lors d'une période sèche, ce qui lui permet d'être plus résistant que rapide des stomates du (*Triticum durum*), Même si les stomates chez le blé tendre sont moins nombreux que chez la plupart des tétraploïdes.

- **L'effet sur la conductance stomatique :**

La conductance stomatique diminue au cours d'un dessèchement, elle évolue parallèlement à la diminution de la transpiration.

Une étude faite par **(Benlaribi, 1990 in Melki, 2008)** sur quelques génotypes de blé dur "bidi 17", "hedba 3" et "oued zenati 368", a montré qu'un début de séquence de dessèchement (2jours après irrigation), les valeurs de la conductance stomatique varient considérablement suivant les génotypes de blé dure étudiée. La conductance stomatique varie considérablement suivant les génotypes de blé et décroît rapidement.

- **L'effet sur la photosynthèse :**

Parmi les modifications physiologiques liées au stress hydrique, la régulation stomatique qui influe sur la photosynthèse et la respiration, La baisse du potentiel hydrique de la plante se traduit principalement par une diminution de la pression de turgescence **(Benkholli et Bouzeghaia, 2016)** ensuite à une perte de fonctions vitales. Donc un stress hydrique provoque la fermeture des stomates, ralentissant la photosynthèse en même temps que la transpiration **(Issad, 2013)**. La sécheresse menace la capacité de la plante à maintenir sa photosynthèse **(Hamla, 2016)**.

- **Effet sur la turgescence :**

Le maintien de la turgescence cellulaire est une condition pour que les métabolismes de la plante soient préservés quand le potentiel hydrique diminue **(Jones et Turner, 1978 in Melki, 2008)**.

- **L'effet sur les composantes du rendement :**

Le rendement en grains chez le blé dépend fortement du nombre de grains par épi, du poids de grains par épi et du nombre d'épis par m². **(Assem et al., 2006 in Nadjim, 2006)** Le tallage est l'un des principaux facteurs déterminant le rendement en grains chez les céréales **(Hucl et Baker, 1989 in Nadjim, 2006)** et une carence hydrique précoce durant la phase végétative réduit le nombre et la taille des talles chez le blé **(Davidson et Chevalier, 1990 in Nadjim, 2006)**, **(Blum et al., 1990 in Nadjim, 2006)**.

Un déficit hydrique à la montaison se traduit par la régression du nombre d'épis par m², la régression intense des talles et/ou la diminution du nombre de grains par épi (notamment par accroissement du taux d'avortement des épillets et l'induction de stérilité mâle) **(Slama et al., 2005 in Nadjim, 2006)**.

- **Effet sur la croissance :**

Les sections de la tige d'une variété de blé dur "plinicum" passe de 0.507cm^2 pour plante irriguée à 0.346cm^2 pour celle qui est soumise à un stress hydrique (d'après les observations de **Ait kaki, 1993 in Melki, 2008**).

- **Effet sur les différents stades du développement du blé dur :**

L'ensemble des effets sur différents stades de développement sont regroupé dans le tableau suivant.

Tableau IV: Les différentes réponses des céréales durant leur développement face à un déficit hydrique.

Stade de Développement	Effet du stress hydrique	Conséquence sur le rendement
Graine	-Germination réduite et retardée	Altération des composantes du rendement s'il y a moins de 1000 plants /m ²
Plantule	-Taux plus élevé de la mortalité des talles	La réduction de l'épis/m ² et du rendement
Tallage, début épiaison	-L'assimilation de l'azote est réduite	Accélération de la sénescence
Allongement des tiges	-Mort des ébauches florale	Accélération de la sénescence
Anthèse	-Réduction de la longueur des thalles	Limitant la perte de la capacité photosynthétique durant le Remplissage du grain
Maturité	-Accélération de sénescence	Réduction de la grosseur du grain

(Austin, 1989 in Adda, 1996)

II.5. Notion d'adaptation :

La notion de l'adaptation se confond parfois avec celle de résistance et de tolérance aux 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 a un stress donnée et réussit à produire a un niveau satisfaisant par rapport a une autre plante qui sera dite non adaptée (**Ceccarelli et al., 1992, Fellah et al., 2002**).

II.6. Mécanisme d'adaptation des plantes au déficit 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). La résistance d'une plante à une contrainte hydrique peut être définie, du point de vue physiologique, par sa capacité de survivre et à s'accroître et du point de vue agronomique, par l'obtention d'un rendement plus élevée que celui des plantes sensibles (Madhava Rao et al., 2006). La résistance globale d'une plante au stress hydrique apparaît comme le résultat 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).

▪ 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. 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 sources nutritives à la fin du cycle de développement lorsque celles-ci devient limitantes (Poorter, 1989). La précocité de 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).

▪ Adaptations morphologiques :

L'effet de la sécheresse peut se traduire, selon la stratégie adaptative de chaque espèce ou variété, par des modifications morphologiques pour augmenter l'absorption d'eau et/ou pour diminuer la transpiration et la compétition entre les organes pour les

assimilats. Ces modifications affectent la partie aérienne ou souterraine : réduction de la surface foliaire et du nombre de tiges, enroulement des feuilles et/ou meilleur développement du système racinaire (**Slama et al., 2005**). Un système racinaire capable d'extraire l'eau du sol serait un caractère essentiel pour l'adaptation à la sécheresse. Cette caractéristique revêt une importance particulière pour les cultures qui subissent régulièrement des déficits hydriques durant le cycle de croissance (**El Fakhri et al., 2010**). L'exploitation d'un plus grand volume de sol permet à la plante de satisfaire ses besoins en eau, de maintenir ses échanges gazeux et sa croissance en conditions de sécheresse (**Annerose, 1990**).

La hauteur de la plante apparaît comme un critère de sélection important particulièrement dans les zones semi-arides. **Benmahammed (2005)**, trouve une liaison positive et significative entre le rendement et la hauteur de la paille. Ceci s'expliquerait par le fait 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**).

Fischer et Maurer (1978) mentionnent que les blés hauts ont un indice de sensibilité à la contrainte hydrique plus faible comparativement aux blés nains et semi – nains.

La surface foliaire détermine progressivement à la fois les quantités d'eau utilisées par la plante sous forme de transpiration et les quantités de carbone fixées par voie photosynthétique. (**Cooper et al., 1983 ; Benmahammed et al., 2008**).

Les résultats de **Mouellef (2010)** montrent que le stress hydrique a entraîné une réduction de la surface foliaire. En milieux variables, la diminution de la surface foliaire peut avoir des effets bénéfiques en réduisant de la surface évaporante et celle soumise à la radiation solaire. (**Cooper et al., 1983 ; Benmahammed et al., 2008 ; Belkherchouche et al., 2009**).

L'enroulement foliaire, fréquent chez de nombreuses plantes cultivées (blé, sorgho...) peut donc être considéré comme un indicateur de perte de turgescence en même temps qu'un caractère d'évitement de la déshydratation (**Monneveux et This, 1997**). Chez le blé, l'enroulement foliaire observé chez certaines variétés résistantes relève de ces mécanismes d'économie en eau (**Clarke, 1986**).

L'inflorescence des céréales est relativement protégée de l'évaporation par des surfaces protectrices comme une cuticule épaisse qui fait que le statut hydrique des inflorescences est meilleur que celui des feuilles (**Shepherd et Griffiths, 2006**).

De nombreux travaux, réalisés sur une large gamme de génotypes, semblent confirmer le rôle des barbes dans le remplissage du grain en conditions de déficit hydrique (**Ali Dib et al., 1992**). En effet, les barbes peuvent améliorer le rendement en conditions de sécheresse par augmentation de la surface photosynthétique de l'épi (**Slama et al., 2005**). En comparant trois variétés de blé dur, la variété ayant la barbe la plus développée sous contrainte hydrique (**Razzak**) présente le meilleur rendement (**Slama, 2002**).

■

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**).

El-Jaafari et Paul, (1993) indiquent que la diminution de la photosynthèse, qui fait suite à la réduction de la teneur relative en eau et du potentiel hydrique foliaire, est causée par la réduction de la pénétration du CO₂.

La diminution de la photosynthèse nette peut être attribuée à la diminution de la concentration interne du CO₂ sans que la capacité photosynthétique des tissus de la feuille ne soit endommagée.

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., 1997**). 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, glycinebétaine), des sucres solubles et certains constituants inorganiques (**Richards et al., 1997**).

Sous un stress hydrique, une diminution de la teneur en chlorophylle est remarquée chez le blé dur (**Bousba et al., 2009**). Pour limiter les pertes en eau par évaporation et aussi l'augmentation de la résistance à l'entrée du CO₂ atmosphérique nécessaire à la photosynthèse. L'économie de l'eau se traduit par une turgescence relative moins affectée par le stress conduisant à une dilution de la chlorophylle (**Slyter, 1974**). Le rapport chlorophylle (a /b) est un bon indicateur du seuil de tolérance au stress hydrique (**Guettouche, 1990**).

Tahri et al., (1979) montrent que l'augmentation de la teneur en proline foliaire sous l'effet du stress suivi par un abaissement dans les teneurs en pigments chlorophylliens totaux (chlorophylle a et b).

Les résultats des **Tahri et al., (1997)** révèlent une certaine proportionnalité, mais inverse, entre les teneurs en prolines accumulées et les teneurs en pigments chlorophylliens perdus. Ainsi la variété qui accumule plus de proline est aussi celle qui connaît la plus forte

Diminution de ses teneurs en pigments chlorophylliens.

Partie II:
Etude expérimentale

Chapitre I: Matériel et Méthodes

L'objectif de ce travail est d'étudier l'influence de stress hydrique sur le comportement morphologique et la variabilité de la réponse, pour sélectionner les meilleures variétés tolérantes chez sept variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) cultivées en plein champ sous un climat semi-aride (El Oued Lakhdar El-hamadia).

En raison de circonstances exceptionnelles dues à l'épidémie de Corona, nous avons réalisé cette étude à l'aide de résultats précédents, obtenu par notre encadreur Kelaleche Haizia, durant la campagne 2016/2017.

I.1. Description du site expérimental:

I.1.1. Situation géographique :

L'étude a été réalisée dans la ferme de Mr Bachir Laabachi à L'oued lakhdare au cours de la campagne 2016-2017.

Le site expérimental, au lieu-dit El Hammadia est une commune de la wilaya de Bordj-Bou-Argeridj, est située à 6 km au sud du chef-lieu de la wilaya, au bord de la RN45 sur la route de M'sila, aux coordonnées géographiques 35° 58' 47" N 44° 44' 51"E, à une altitude de 862m. Cette région est caractérisée par un climat semi-aride.

I.1.2. Le sol:

En matière organique satisfaisante (1.6%), le pH est basique de valeur moyenne de (7.71). Selon la Pour le sol du site expérimental, il à une texture argileuse (**Tab.VI**), et une teneur faible teneur en limon et en argile la structure du sol est stable.

Tableau V: Résultats d'analyse des échantillons du sol du site expérimental.

	Sable(%)	Argile (%)	Limon (%)	MO (%)	Ph
Le sol du site expérimental	32	32	36	1.6	7.71

(Fertial SPA, 2015).

I.1.2. Le climat :

La zone d'étude se situe dans l'étage bioclimatique semi-aride, elle est soumise au régime climatique des hauts plateaux, qui se caractérise par des hivers froids, une pluviométrie irrégulière, des gelées printanières et des vents chauds et des séchant en fin de cycle de la céréale.

I.1.2.1. Caractéristiques du climat de la campagne d'étude 2016/2017**• Températures:**

En analysant les données de la période 2016-2017, nous constatons que janvier est le mois le plus froid avec une température moyennes de 4,4°C. Juillet est le mois le plus chaud avec une température moyenne de 27,6°C. En comparant entre les deux périodes sèches, il en ressort que la température a augmenté dans la région de 4,4°C pour janvier, le mois le plus froid, et de 27.6°C à BBA pour le mois le plus chaud. Ceci montre une véritable tendance à une augmentation des températures dans les deux périodes. Durant la période expérimentale, la moyenne de la température est de 17,7 C°. La température moyenne la plus élevée est enregistrée entre le mois de juin et novembre, alors que la plus basse, elle est enregistrée entre le mois de décembre et janvier (**Annexe 1**).

• Précipitations:

Durant la période expérimentale, on a enregistré 136,8 mm allant du mois de septembre à avril, la répartition de la pluviométrie est aléatoire, elle est variable d'un mois à l'autre, le mois de janvier est le plus pluvieux (50,6 mm), par contre le mois d'aout est le plus sec (2mm). La précipitation totale enregistrée durant la campagne est 241,7 mm. En fin, il apparait clairement que le climat dans la région d'étude est caractérisé par une grande variabilité interannuelle.

I.2. Mise en place de l'expérimentation :**I.1.2. Matériel végétal :**

Le matériel végétal utilisé dans notre étude est constitué d'une collection qui comporte sept variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) qui sont : Waha, Bousselem, Mexicali, Hoggar, Altar, Oued zenati et Polonicum.

Tableau VI: Nom et origine du matériel végétal utilisé dans l'expérimentation.

Génotype	Nom	Origine
1	Waha	ICARDA/ CIMMYT
2	Bousselem	Algérie
3	Mexicali	ICARDA/ CIMMYT
4	Hoggar	Algérie
5	Altar	ICARDA/ CIMMYT
6	Oued zenati	Algérie
7	Polonicum	Algérie

Tableau VII: Principaux caractères des variétés étudiées.

Variétés	Caractéristiques
WH	Précoce, sensible au gel tardif, très productive avec un rendement stable et élevée, tolérante a la sécheresse.
BOUSL	Haute de paille, résistante aux maladies cryptogamiques, résistante au froid, a la verse, a la sécheresse
MEXI	Précoce, très productive avec un rendement stable et élevée, adaptée aux zones sahariennes.
HOG	Le PMG élevé, tallage moyen, peu sensible a l'helminthosporiose, tolérante a la verse, adaptée aux hauts plateaux et les zones sahariennes
ALT	Variété CIMMYT.
OZ	Tardive, résistante a la moucheture et au mitadinage, rendement moyen, le PMG élevé, tolérante a la septoriose, sensible aux rouilles brunes.
POLO	Tardive, bonne résistance a la moucheture et au mitadinage, rendement moyen.

Source : (Ait Kaki, 2008)

1.2.2. Le dispositif expérimental :

Le dispositif expérimental adopté est un split plot avec un facteur étudié. Il est constitué de deux blocs chacun subdivisé en deux parcelles. La parcelle est partagée en trios sous parcelles élémentaires chacun représente quatre répétitions.

L'essai comporte, donc douze parcelles élémentaires de dimensions 1 m de long et 1m de large, déterminant une superficie de 1 m², avec une ligne de semis espacées de 50 cm.

I.2.2. Conduite de la culture :

- **Précédent cultural:**

Le précédent cultural a été une culture maraichère.

- **Préparation du sol:**

✓ Un labour profond effectuée à l'aide d'une charrue à disque en mois de mars 2016.

✓ Un premier recroisement effectuée à l'aide d'un covercrop en 27 mai 2016 pour la

Fermeture du labour.

✓ Le deuxième recroisement effectuée à l'aide d'un covercrop en 12 novembre 2016 Pour recouvrement d'engrais et pour la préparation de lit de semence.

✓ Les travaux superficiels réalisés avant le semis à l'aide d'un roto herse.

- **Fertilisation:**

✓ Epannage d'engrais super phosphate 40% effectuée à l'aide d'un centre fige en 12 novembre 2016.

✓ Epannage d'engrais de couverture (urée) effectuée à l'aide d'un centre fige en 16 mars 2017 avec une dose de 100 kg/h.

- **Semis:**

✓ Le semis est réalisé manuellement le 14 décembre 2016 avec une densité de 100 Grains Par mètre carré.

- **Désherbage:**

Un désherbage total a été effectué au stade début tallage par l'utilisation d'un herbicide systémique racinaire COSSACK de double action monocotylédone et dicotylédone avec une dose de 1L/ha à l'aide d'un pulvérisateur de 200L, et un autre désherbage manuel.

I.3. Paramètres morphologiques mesurés :

- **La surface foliaire de la feuille étendard (SFE) :**

La surface foliaire de la feuille étendard est estimée à partir d'un échantillon de sept répétitions, dont on mesure la longueur totale et la largeur moyenne. La surface foliaire est déduite par la formule :

$$SF \text{ (cm}^2\text{)} = 0.606(L \times l)$$

Où :

SF= surface moyenne de la feuille étendard (cm²)

L= longueur moyenne de la feuille étendard (cm)

l= largeur moyenne de la feuille étendard (cm)

0,606= coefficient de régression de la surface estimée à partir du papier grammage sur celle déduite par le produit (L x l) (Belkhrhouche et al., 2009).

• **La hauteur de la plante totale (HPT en cm) :**

Elle est mesurée à maturité, du ras du sol jusqu'au sommet de la plante.

• **Longueur de col de l'épi (LC):**

Elle est mesurée à maturité à partir du dernier nœud jusqu'à la base de l'épi.

• **Longueur de l'épi (LE):**

La mesure de la longueur de l'épi est depuis sa base jusqu'à l'extrémité, les barbes ne sont pas incluses.

• **La longueur des barbes (LB):**

Nous avons mesuré cette longueur depuis le sommet de l'épillet terminale jusqu'à l'extrémité des barbes.

I .4.Etude statistique :

L'étude statistique est effectuée pour tous les paramètres mesurés et pour les sept variétés traitées. Les résultats, présentés sous forme d'histogrammes, rejoignent le plus souvent des valeurs moyennes et leurs écartypes, ces deux derniers ont été réalisés par le logiciel *Excel 2007*. Ensuite l'analyse des variances a été réalisée par l'utilisation du logiciel STATISTICA software et ANOVA and Corrélation.

Chapitre II: Résultats et discussion

II.1. Variation des caractères morphologiques :

Comme illustré en (**Annexe 2**), le tableau d'analyse des changements a montré que tous les indicateurs morphologiques étudiés (surface foliaire étendard, longueur de la plante, longueur du col de l'épi, longueur de l'épi, ainsi que longueur du barbe) ont enregistré une différence très significative ($P < 0,001$) entre les variétés sans exception dans des conditions semi-aride. La grande diversité génétique enregistrée entre les espèces étudiées facilite le processus de sélection et améliore la résistance au stress hydrique.

■

La surface de la feuille étendard (SFE) :

Dans des conditions de sécheresse, L'analyse de la variance de la surface de la feuille étendard (**Annexe 2**) indique une différence très hautement Significative entre les sept génotypes étudiés, les valeurs de surface foliaire étendard variaient entre ($26,21\text{cm}^2$) dans la variété oued Zanati et 5.51cm^2 dans la variété Mèxicali avec une moyenne totale de ($17,14\text{cm}^2$) (**Annexe 3**).

En fonction de date d'échantillonnage (**Fig.4**) la surface foliaire de la feuille étendard varie selon les génotypes, de ($26,21\text{cm}^2$) pour OZ et BOUSL ($25,58\text{cm}^2$), suivi par WH, HOG, POLO, et ALT, et les valeurs ($22,85\text{cm}^2$), ($16,68\text{cm}^2$), et ($12,58\text{cm}^2$), ($10,61\text{cm}^2$) respectivement. Pour MEXI qui ressort comme le génotype prenant la surface foliaire la plus faible avec ($5,51\text{cm}^2$).

L'analyse de la variance de la surface de la feuille étendard indique une différence très hautement significative entre les sept génotypes étudiés (**Annexe 2**), et mis en évidence 5 groupes homogènes qui sont:

- ✓ **Groupe a** : OZ et BOUSL.
- ✓ **Groupe b** : WH.
- ✓ **Groupe c** : HOG.
- ✓ **Groupe d** : POLO et ALT.
- ✓ **Groupe e** : MEXI.

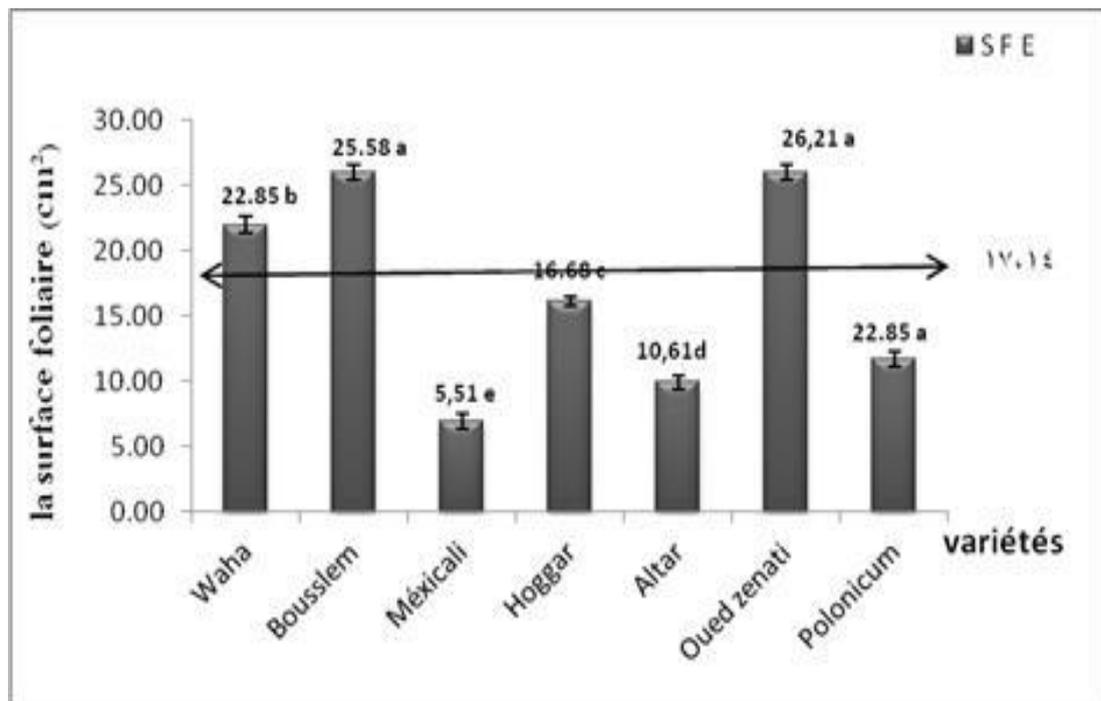


Fig.4 : Changements de La surface foliaire de la feuille étendard à maturité dans des Conditions sèches (semi- arides).

En regardant le rôle que la feuille étendard joue à la croissance et le développement du grain, et à déterminer la quantité de production et en raison de l'importance fondamentale de la production spécialement aux zones semi-arides, on va sélectionner les variétés les plus résistants aux stress hydriques et les plus productifs, et comme le (**Annexe 3**) a montré que, que le stress hydrique à influencé la surface du feuille étendard dans tous les 7 variétés.

Selon (**Johnson et al., 1973 ; Adjab, 2002**), les plantes à surface foliaire plus grande peuvent tolérer la déshydratation et maintenir un potentiel hydrique élevé.

Par contre, **Kirkham et al., (1980) in Nadjem**, suggèrent qu'une surface foliaire réduite peut être avantageuse, du fait qu'elle réduit effectivement les pertes en eau totale de la plante.

Selon les chercheurs cités précédant et d'après les résultats obtenus, on conclut que les variétés MEXI et ALT qui présentent une surface de la feuille étendard faible par rapport aux autres variétés étudiées utilisent la stratégie de la réduction de la surface foliaire comme une réponse ou adaptation au stress hydrique.

■ **La hauteur des la plante totale (HPT):**

À partir des résultats (Annexe 3 et Fig.5), la hauteur de la plante est limité entre (78.83cm) et (47,66cm). La valeur maximale (78.83cm) est observée chez la variété BOUSL, la valeur minimale (47,66cm) est observée chez la variété MEXI et les autres variétés (WH, HOG, ALT, OZ et POLO) présentent des valeurs médianes avec (72,83 cm), (61 cm), (62,66 cm) (57,66 cm) et (59,33 cm) respectivement.

L'analyse de la variance de la surface de La hauteur de la plante totale indique une différence très hautement significative entre les sept génotypes testés à l'épiaison seulement, (Tab annexe 2), et mis en évidence 5 groupes homogènes qui sont:

- ✓ **Groupe a :** BOUSL.
- ✓ **Groupe b :** WH.
- ✓ **Groupe c :** HOG et ALT.
- ✓ **Groupe d :** POLO et OZ.
- ✓ **Groupe e :** MEXI.

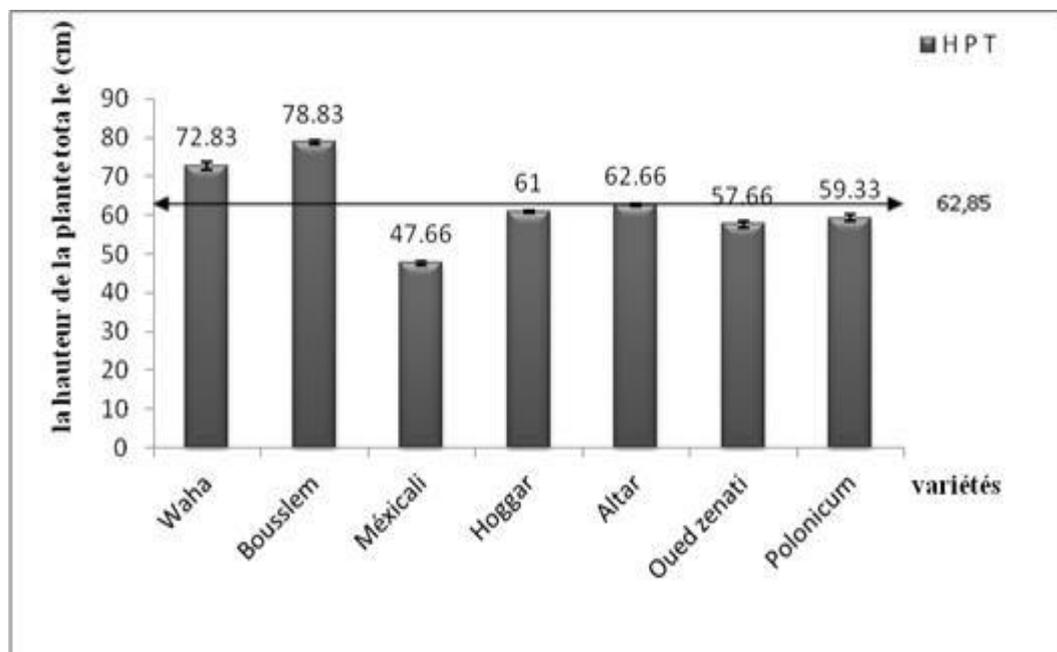


Fig.5 : Changements de hauteur de la plante à maturité dans des conditions semi-Arides.

La hauteur de la plante apparaît comme un critère de sélection important particulièrement pour les zones arides. (Mekliche, 1983) trouve une liaison positive et significative entre le rendement grain et la hauteur de la paille. Ceci s'expliquerait par le fait 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**).

Fisher et Maurer (1978) mentionnent que les blés hauts ont un indice de sensibilité à la contrainte hydrique plus faible comparativement aux blés nains et semi nains. Alors que **Bouzerzour (1998)** montre que les variétés de blé dur à paille courte, sous stress sévères en fin de cycle, ont une bonne adaptation et une meilleure productivité que les blés hauts et tardifs.

D'après ces résultats, il est évident que le cultivar Bousselem est plus adaptatif et résistant que d'autres variétés étudiées en climat semi-aride.

▪ **Longueur de col de l'épi (LC):**

Les résultats présentés dans (**L'annexe 2**) et (**l'annexe 3**) montrent que les conditions de croissance ont affecté de manière très significative dans plusieurs indicateurs étudiés, y compris la longueur du col de l'épi entre les variétés de blé dur étudiées, où la différence de la longueur du col de l'épi variait entre (8,13cm) par rapport à Hoggar. Par conséquent, ce dernier forme un groupe homogène (a) avec à la fois le cultivar Altar, Bousselem et Polonicium respectivement par une longueur de (7,83cm), (7,50cm) et (7,06cm) et la plus petite longueur de (5,13cm) pour le cultivar Waha qui forme également un groupe homogène (b) avec tous les cultivars Mexicalis et Oued zenati avec une longueur de col de (5,16cm) pour tous les deux (**Annexe 3**,

Figure 6).

- ✓ **Groupe a :** BOUSL, HOG, ALT, POLO
- ✓ **Groupe b :** WH, MEXI, OZ

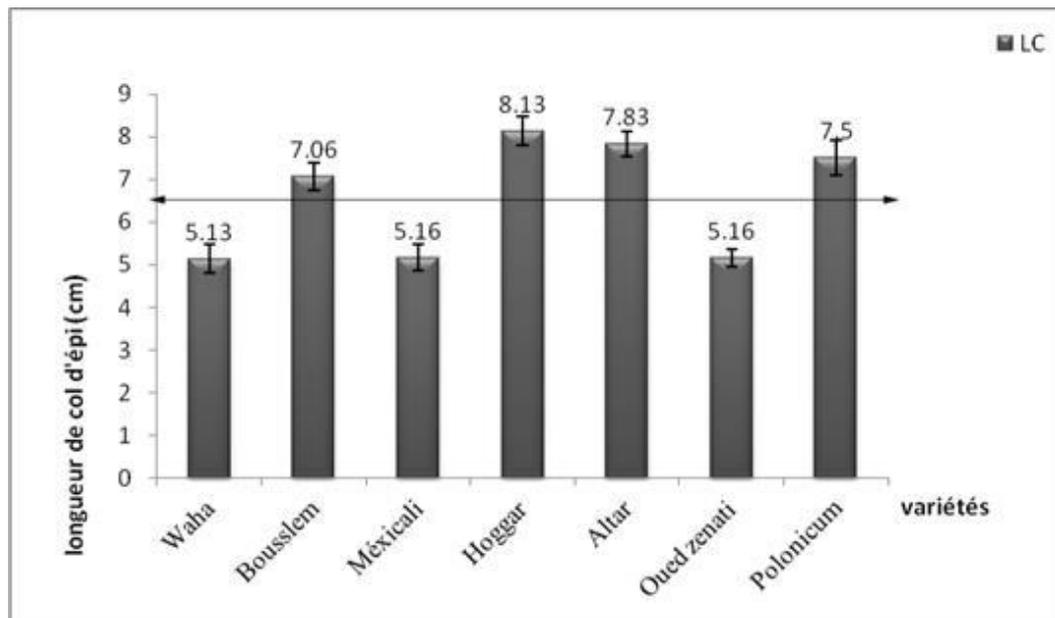


Fig.6: Changements de Longueur de col de l'épi à maturité dans des conditions Sèches et semi-arides.

La longueur du col de l'épi a souvent été proposée comme critère de sélection de géotypes tolérants au déficit hydrique (**Fisher et Maurer, 1978**). Ce caractère a toutefois un déterminisme génétique plus complexe que celui de la hauteur de la plante (**El-Hakimi, 1992**).

De nombreux travaux menés dans des zones marquées par les déficits hydriques montrent que les meilleurs rendements sont fournis par les géotypes à col de l'épi plus long (**Ortiz Ferrera et al., 1991**). Donc, la longueur joue un rôle important dans la résistance aux hautes températures et au déficit hydrique terminal. Selon les chercheurs cités précédant et d'après les résultats obtenus en (**Fig.6**), on conclut que les variétés hoggar, Altar, Polonicum et Bousselem sont respectivement les plus résistants.

■ **La longueur des épis (LE):**

L'analyse des changements du (**Annexe 2**) a montré une différence très significative à la fois dans la longueur de l'épi entre les variétés ($p < 0.001$) dans des conditions semi-sèches.

L'étude a montré les moyennes pour la longueur de l'épi dans (**Annexe 3**) et (**Fig.7**) est située entre (5,63cm) et (8,6cm). Les valeurs maximales variaient entre (8,6cm) pour la variété Bousselem, qui forme un groupe homogène avec la variété waha et la variété Hoggar avec des valeurs de (8,4cm) et (8,03cm) respectivement,

avec une longueur moyenne de l'épi variaient entre (7,16cm) pour la variété POLO, qui forme un groupe homogène avec la variété Alt avec une valeur de (7,66 cm) et un groupe pour la variété Oz avec une valeur de (6,8cm) , tandis que La valeur minimale a été trouvée chez la variété Mexicali avec une valeur de (5,63cm), et mis en évidence 4 groupes homogènes qui sont :

- ✓ **Groupe a** : BOUSL, WH, HOG
- ✓ **Groupe b** : POLO et ALT
- ✓ **Groupe c** : OZ.
- ✓ **Groupe d** : MEXI.

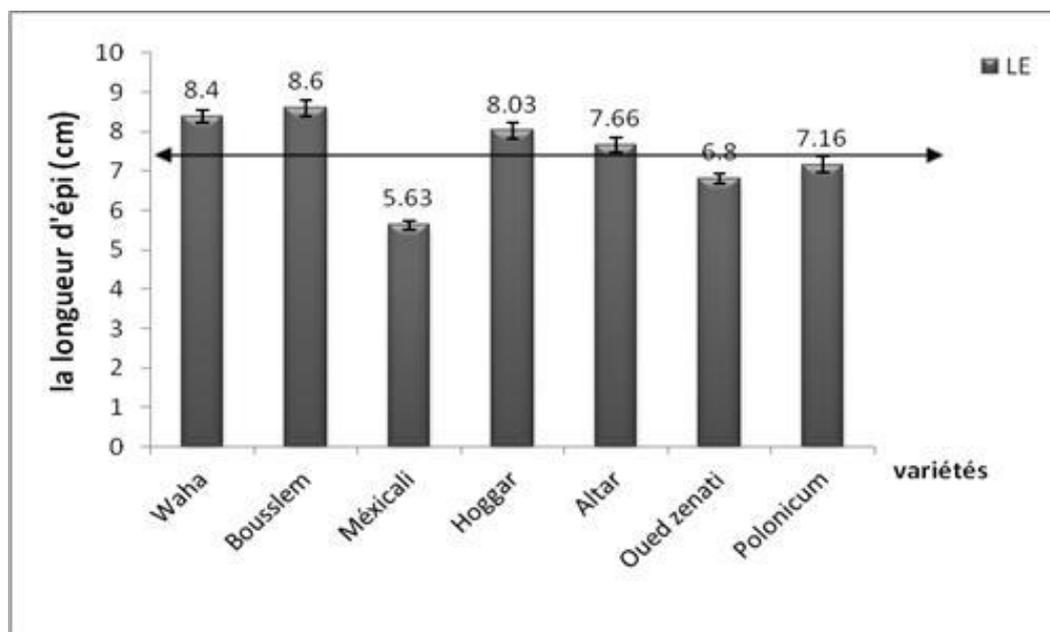


Fig.7: Changements de la Longueur d'épi à maturité dans des conditions semi-arides.

L'épi joue un rôle important dans l'adaptation aux conditions de sécheresse, car il participe avec une plus grande proportion par rapport au pétale dans le processus de photosynthèse lors de conditions de pénurie d'eau (**Banoun, 1977**) et à partir de celui-ci dans des conditions de stress hydrique, alors plus que la longueur de l'épi est long, il plus contribue au rendement de la photosynthèse, et en fonction de cette caractéristique les variétés sont Bousselem, Waha et hoggar, respectivement, étaient les meilleurs par rapport aux autres groupes.

■

La longueur de barbe (LB) :

L'analyse des changements d' (**Annexe 2**) a montré une différence très significative à la fois dans la longueur de la barbe entre les variétés ($p < 0.001$) dans des conditions semi-sèches.

D'après les résultats en (**Annexe 3**) et la (**Fig.8**) montrent : La longueur des barbes la plus élevée chez les variétés WH, OZ, BOUSL et POLO est de (13,63cm), (13,23cm), (13,13 cm), et (12,63cm) respectivement.

Chez les variétés HOG, ALT et Mexi les barbes sont courtes de valeurs de (8,86 cm) et (8,8 et 7,93 cm) respectivement, et mis en évidence 2 groupes homogènes qui sont:

- ✓ **Groupe a** : WH, OZ, BOUSL et POLO
- ✓ **Groupe b** : HOG, ALT et Mexi

La longueur de la barbe joue un rôle très important dans la plénitude du grain, comme (**Salama et al., 2005**) a indiqué que les espèces à une longue barbe qui poussent dans des conditions de pénurie d'eau donnent de meilleurs rendements grâce à la contribution de la longueur de la barbe à la zone de photosynthèse. Comme (**Gate et al., 1993**), ont été indiqués qu'après la sénescence de la dernière feuille, Les barbes sont les seuls organes chlorophylliens restants pour faire la photosynthèse et qui contribuent à la plénitude du grain. Les résultats de ces études sont cohérents avec nos résultats dans (**Annexe 3**) et la (**Fig.8**).

Plusieurs d'études ont mentionné qu'une fois la longueur de la barbe est un critère de sélection dans des conditions climatiques semi-arides, et par conséquent les variétés de groupe (a) sont les plus résistantes.

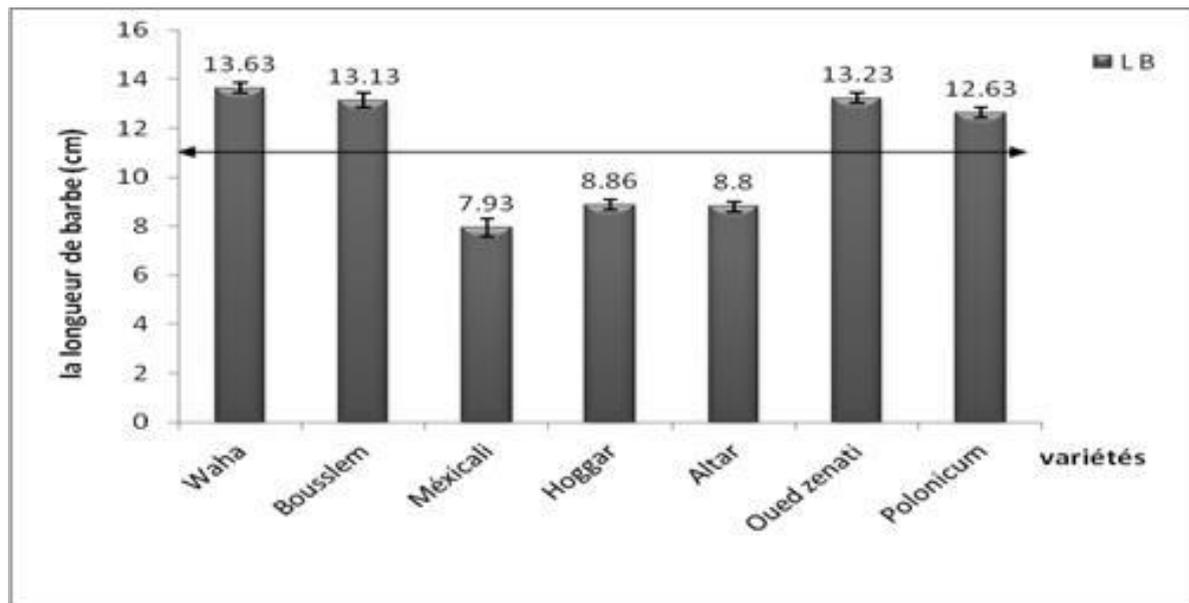


Fig.8 : Changements de la Longueur de barbe à maturité dans des conditions semi-arides.

II.2. Distinction direct de la réponse des variétés et de leur sélection à l'aide d'indicateurs étudiés :

L'étude des valeurs moyennes de la moyenne maximale a permis de distinguer ou décrire les variétés étudiées.

Ces résultats ont montré au (Annexe 2) et (Annexe 3) et à la (Fig.9) que la variété Altar et la variété bousslem et oued zenati se distinguaient par une valeur moyenne élevée de plusieurs indicateurs :

- La variété Altar: les moyennes élevées enregistrées dans les caractéristiques morphologiques suivantes : Longueur du barbe (**LB**) et Longueur de l'épi (**LE**) et la Hauteur Totale de plante (**HPT**)
- la variété bousslem: les moyennes élevées enregistrées dans les Caractéristiques morphologiques suivantes : surface foliaire étandard (**SFE**), Longueur de l'épi (**LE**) et Longueur du barbe (**LB**) et la Hauteur Totale de plante (**HPT**)
- la variété oued zenati : les moyennes élevées enregistrées dans les caractéristiques morphologiques suivantes : surface foliaire étandard (**SFE**), Longueur du barbe (**LB**)

(La Fig.9), (Annexe 2 et 3) montrent que la variété mexicalis était caractérisée par une valeur minimale moyenne dans tout les indicateurs

morphologiques : longueur de la surface foliaire, longueur de la plante, longueur de l'épi et du col de l'épi. Les résultats de ce document ont confirmé la difficulté de déterminer la variété résistante à partir des valeurs maximales de tous les indicateurs étudiés Cette distinction mérite d'être utilisée dans la sélection et l'amélioration du rendement du blé en climat semi-aride.

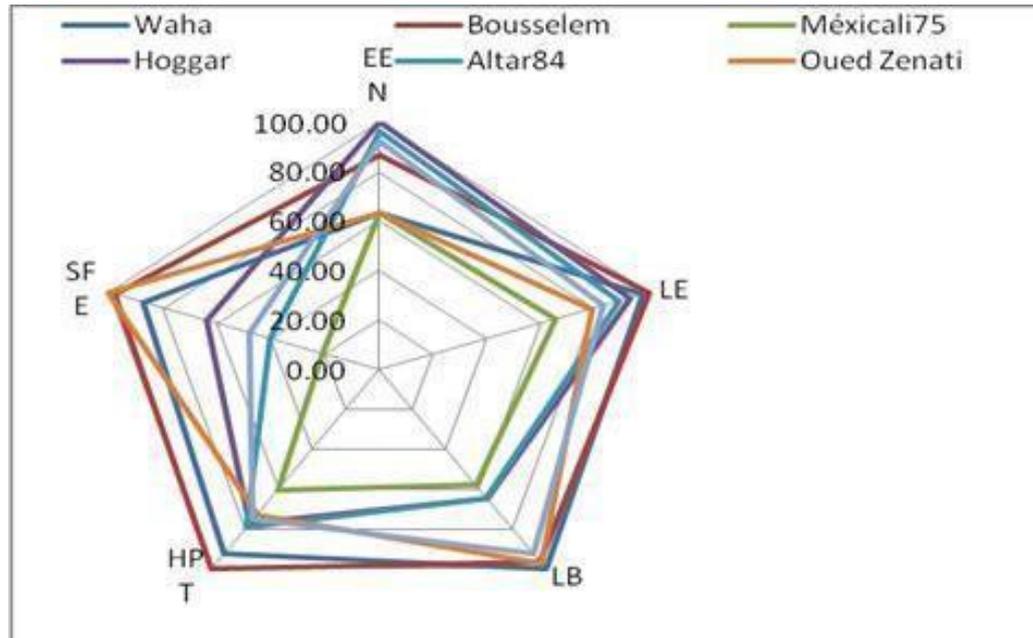


Fig.9 : Valeurs des pourcentages, par rapport à la valeur maximale, des indicateurs étudiés des variétés de blé dur en conditions climatiques semi-arides

Conclusion

Conclusion:

Le déficit hydrique constitue l'un des principaux facteurs responsables des faibles rendements chez le blé dur. Cependant, l'impact de ce stress abiotique sur la productivité de cette espèce, dépend de son intensité et le temps de sa déclaration.

L'étude de la réponse au stress hydrique chez sept variétés de blé dur testées révèle une variabilité pour la plupart des paramètres mesurés morphologique, rendement et la croissance. A travers les résultats de cette étude, nous remarquons que le stress hydrique a affecté négativement certaines caractéristiques morphologiques du blé dur dans toutes les variétés étudiées avec des proportions différentes.

L'analyse du changement a montré que le génotype a produit une grande différence dans la surface de la feuille étandard, la longueur de la plante, la longueur du col de l'épi, ainsi que la longueur de barbe. Les différences enregistrées entre les indicateurs étudiés des cultivars en réponse au climat semi-aride indiquent la différence du potentiel génétique de chaque cultivar pour la résistance à la sécheresse.

D'après les résultats obtenus et de ce qui a été enregistré par d'autres études, la stratégie optimale pour sélectionner des variétés tolérantes à la sécheresse consiste à sélectionner des variétés qui ont plus de caractéristiques morphologiques, notamment: la surface de la feuille drapeau est un petit, tandis que la longueur d'une plante et le col de l'épi, ainsi que la longueur d'épi et la longueur de barbe sont grands.

Selon les résultats obtenus, on conclut que les variétés Altar et Mexicali sont les plus résistantes en fonction de la surface foliaire petit.

En tant en fonction La hauteur de la plante la variété Bousselem est plus adaptative et résistant.

d'après les résultats obtenus, on conclut que les variétés hoggar, Altar, Polonicum et Bousselem sont respectivement les plus résistants en fonction de la longueur du col de l'épi.

En fonction de la longueur d'épi les variétés Bousselem, Waha et hoggar, respectivement, étaient les meilleurs par rapport aux autres groupes.

En fonction de la longueur de barbe les variétés les plus résistantes sont : waha, oued zenati , Bousselem et Polonicum .

Les résultats obtenus par la réalisation du présent travail informent que les génotypes testés influent sur le rendement en grain du blé dur et l'élaboration de sa qualité dépendent étroitement des conditions d'alimentation hydrique de la plante.

*Références
bibliographiques*

- **قلالش حيزية. 2018.** دراسة استجابة بعض اصناف القمح الصلب للمناخ شبه الجاف – برج بو عريريج. دكتوراه العلوم بيولوجيا النبات. جامعة فرحات عباس- سطيف 1.
- **Ali Dib, T. (1992).** Contribution à l'étude de la tolérance à la sécheresse de blé dur. Etude de la diversité de caractères physiologiques d'adaptation. Thèse de doctorat, Montpellier, 196p.
- **Amokrane, A., Bouzerzour, H., Benmahammed, A., 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. J. M. (1990).** Recherches sur les mécanismes physiologiques d'adaptation à la sécheresse. Application au cas de l'arachide (*Arachis hypogea L.*) cultivée au Sénégal. Thèse de doctorat es Sciences Naturelles, Université Paris VII, 282p.
- **Anonyme, (2006).** Les marchés mondiaux du blé.
USDA.http://www.agpb.com/fr/dossier/eco/marchesmondiaux_2006.pdf.
(25.05.2008/11:37).
- **APG III., (2009).**An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: **APG III.**
Botanical Journal of the Linnean Society, 161: 105 121.
- **Araus, J. L., Slafer, G.A., Reynolds, M. P., Royo, C. (2002).** Plant breeding and water relations in C3 cereals. What should we breed for? *Annals of Botany*, 89: 925-940.
- **Bagga, A. K., Ruwal, K. N., & Asana, R. D. (1970).** Comparison of some Indian and semi-dwarf Mexican wheat to unirrigated cultivation. *Indian J. agric.Sci.* 40: 421- 427.
- **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.
- **Bajji M., Lutts S. & Kinet J-M. 2001.** Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid conditions. *Plant Sci.* **160** : 669 -681p.

- **Baldy, C.H. (1992).** Effet du climat sur la croissance et le stress hydrique des blés en méditerranée occidentale. Dans: tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétale, Montpellier. Les colloques de l'INRA, 64: 83-100.
- **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 /U R E F). Orsay. *Sécheresse*. 2 : 75- 83 p.
- **Benmahammed, A. (2005).** Hétérosis, transgressions et efficacité de la sélection précoce et retardée de la biomasse, du nombre d'épis et utilisation des indices chez l'orge (*Hordeum vulgare* L.). Thèse de Doctorat d'Etat en Biologie végétale, option, Génétique et Amélioration des plantes. Université de Constantine. 125p.
- **Boulal H., El Mourid M., Rezgui S., Zeghouane O. 2007 :** Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Edition: ITGC, INRA Algérie et ICARDA : 176 p.
- **Bousba, R., Ykhlef., N., Djekoun, A. (2009).** Water use efficiency and flag leaf photosynthetic in reponse to water deficit of durum wheat (*Triticum durum* Desf). World Journal of Agricultural Sciences, 5: 609 -616 .
- **Bouzerzour, H., & Oudina, M. (1989).** Variabilité du rendement de l'orge sous l'influence du climat des hauts plateaux. In séminaire W.O.M.Eds. ICARDA. 110-119.
- **Bozzini A. 1988:** Origin, distribution and production of durum wheat in the world. In Fabriani G.& Lintas C. (Ed). *Durum: Chemistry and Technology*. AACC (Minnesota). Etats-Unis : 1-16.
- **Ceccarelli, S., Grando, S., & Impiglia, A. (1998).** Choice of selection strategy in breeding barley for stress environments. *Euphytica*, 103: 307-318.
- **Chahbar, S., Belkhodja, M. (2016)** Water deficit effects on morpho-physiologicals parameters in durum wheat. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 8(3): 1166-1181.

- **Chaise L., Ferla A. J., Honore A. & Moukhli R. (2005).** L'impact du changement climatique sur l'agriculture en Afrique. Atelier Changement Climatique. ENPC.
- **Chellali, B. (2007).** Marché mondial des céréales : L'Algérie assure sa sécurité alimentaire. <http://www.lemaghreb.dz.com/admin/folder01/une.pdf>. (31.05.2008).
- **Chennafi H. Aidaoui A. Bouzerzour H. Saci A, 2006.** Yield response of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivar Waha to deficit irrigation under semi-arid growth conditions. *Asian Journal of Plant Science*. **5**: 854-860 pp. Conditions. *Asian Journal of Plant Sciences* 5: 854-860p.
- **Clarke, J. M. (1986).** Effect of leaf rolling in leaf water loss in *Triticum* spp. *Can J Plant Sci* 66: 885-891.
- **Cooper, P. J. M., Keating, J. D. H., & Hughes, G. (1983).** Crop evapotranspiration - technique for calculation of its components by field measurements. *Field Crops Res*, 7: 299-312.
- **Djermoun, A. (2009)** La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques. *Nature et Technologie*, N°1 :45 -53.
- **El-Jaafari, S., Paul, R. (1993).** Accumulation foliaire de proline et résistance à la sécheresse chez le blé (*Triticum aestivum* L.). *A. I. P. B. B.* 101: 88-92.
- **FAO, (2007).** Perspectives alimentaires. Analyse des marchés mondiales. <http://www.fao.org/010/ah864f/ah864f00.htm>. (31.5.2008/13:28).
- **FAO. (2020).** Perspectives alimentaires. Analyse des marchés mondiales.
- **Feldman, M. (2001).** Origin of Cultivated Wheat. Dans Bonjean A.P. et W.J. Angus (éd.) *The World Wheat Book: a history of wheat breeding*. Intercept Limited, Andover, Angleterre: p 3-58.
- **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 p.
- **Greenway, H. et Munns, R. (1980).** Mechanism of salt tolerance in non halophytes. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, 31 : 149-190.
- **Grignac, P. (1978).** Amélioration variétale de blé dur (*Triticum durum* Desf.). *Annale de l'INA (El – Harrach)* ,83 -110.

- **Guettouche, R. (1990).** Contribution à l'identification des caractères morphophysologiques d'adaptation à la sécheresse chez le blé dur (*Triticum durum* Desf). Thèse diplôme d'agronomie approfondie.
- **Haddad, L., Bouzerzour, H., Benmahammed, A. Zerargui, H., Hannachi, A., Bachir, A., Salmi, M., Oulmi, A., Nouar, H., Laala, Z. (2016)** Analysis of the phenotypic variability of some varieties of Durum wheat (*triticum durum* desf.) to improve the efficiency Of performance under the constraining conditions of semiarid Environments. *Fundam Appl Sci*, 8(3): 1021-1036.
- **Herve Y., (1979).** Introduction à l'amélioration des plantes. Cours. École nationale supérieure agronomique de Rennes.
- **Hsissou D. 1994.** Sélection *In vitro* et caractérisation de mutants de blé dur tolérants à la sécheresse. Thèse de doctorat. Univ. Catholique de Louvain. improvement program 1986, ICARDA PUBL. 112EN, Allepo, pages,78-101.
- **Johanson D. A., Richards R. A. et Turner N.C. 1973.** Yield water relation gas exchange and surface
- **Jones H.G., Flowers T.J. et Jones M.B. 1989.** Plants under stress. Univ. Cambridge.
- **Karakas, A. (2011).** Motivational Attitudes of ELT Students towards Using Computers for Writing and Communication. *The Journal of Teaching English with Technology*, 11(3), 37-53.(2011).
- **Kirkham M. B., Smith E. L., Danasobhon C. et Draket T. I. 1980.** Resistance to water loss of winter
- **Laberche J-C . 2004.** La nutrition de la plante In Biologie Végétale. Dunod. 2e (éd). Paris: 154 -163 p.
- **Levitt J. 1982.** Responses of plants to environmental stresses. AcademicPress. New York San Francisco – London: 607p.
- **Madhava Rao K.V., Raghavendra A.S. & Janardhan Reddy K. 2006 .** Printed in the Netherlands. Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants. *Springer*: 1-14 p.
- **Mekliche, A., Boukecha, D., & Hanifi-Mekliche, L. (2003).** Etude de la tolérance a la sécheresse de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) .I. Effet de l'irrigation de complément sur les caractères phénologiques, morphologiques et physiologiques, 24 (1, 2): 97-110.

- **Monneveux, P. 1989.** Quelles stratégies pour l'amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique des céréales d'hiver. Journées Scientifiques de l'AUPELF : " Amélioration des plantes pour l'adaptation au milieu aride". Tunis, 4 -9 Décembre.
- **Monneveux, P., & This, D. (1997).** La génétique face au problème de la tolérance des plantes cultivées à la sécheresse : espoirs et difficultés. *Sécheresse*, 8 : 29-37.
- **Mouellef, A. (2010).** Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (*Triticum durum* Desf.) au stress hydrique. Mémoire magister, Faculté de biologie. Département de Biologie Végétale et Écologie, Université Constantine, 82 p.
- **Nachit, N. (1998) .** Durum wheat improvement. In VARMA Ed., Cereal
- **Nadjem, K. (2012).** Contribution à l'étude des effets de semis direct sur l'efficacité d'utilisation de l'eau et le comportement variétale de la culture de blé en région semis aride. mémoire de Magister. Université Ferhat Abbas, Sétif.
- **Nana, R., Tamini, Z., Sawadogo, M., Some, P.P. (2010).** *Etude morphologique comparative de cinq variétés de gombo (Abelmoschus esculentus L.) soumises à un stress hydrique.* 10 (03) :28-38.
- **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.
- **Richards R. A., Rebtzke G. J., Van Herwaarden A. F., Dugganb B. L., Condon A. (1997).** Improving yield in rainfed environments through physiological plant breeding. *D. A*, 36: 254-66.
- **Shepherd, T., & Griffiths, D. W. (2006).** The effects of stress on plant cuticular waxes. *New Phytol*, 171: 469–499.
- **Simon, H., Codaccioni P., Lequeur X ., (1989).** Produire des céréales à paille Coll. Agriculture d'aujourd'hui. S. T. A, pp 63-296.
- **Slama, A., Ben Salem, M., Ben Naceur, M. & Zid, E.D. (2005).** Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. Institut national de la recherche agronomique de Tunisie (Inrat).

Univ. Elmanar. Tunisie. (http://www.john-libbeyeuotext.fr/fr/revues/agro_biotech/sec/e-docs/00/04/11/2E/telecharger.md)

- **Soltner D. 2005.** Les grandes productions végétales. 20ème Ed. Collection science et techniques agricoles, pp: 303-308.
- **Soltner, D. (1990).** Les grandes productions végétales. 17ème édition. Science et technique agricoles. France, 21-25.
- **Sorrells, M. E., Diab, A., Nachit, M. (2000).** Comparative genetics of drought tolerance. *Options méditerranéennes série A (Séminaires méditerranéens)*, 40: 191-201.
- **Tahri, E., Belabed, A., Sadki, K. (1997).** Effet d'un stress osmotique sur l'accumulation de proline, de chlorophylle et des ARNm codant pour la glutamine synthétase chez trois variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.). *Bulletin de l'Institut Scientifique. Rebat.*21: 81 - 89.
- **Tsimilli-Michael M. M., Pêcheux R. J. et Strasser. 1998.** Vitality and stress adaptation of the symbionts of coralreef and temperate foraminifers probed in hospite by the fluorescence kinetics O-J-I-P. *Archs. Sci. Genève.*51: 205 - 240 p.
- **Turner NC. 1986.** Adaptation to water deficit: a changing perspective. *Aust J Plant Physiol* .13: 175- 90 p.
- **Zhang, J., Nguyen, H.T., Blum, A. (1999).** Genetic analysis of osmotic adjustment in crop plants. *J. Exp. Bot*, 50: 291-302.

ANNEXES

Annexe 1 : Les données climatiques pour la campagne 2016/2017.

	Avril	mai	Juin	juillet	aout	septembre
T(°C)	15,4	18,8	24	27,6	26	21,4
P(mm)	45,7	38,9	6,7	2,6	2	10,7

	octobre	novembr e	Décembr e	janvier	février	mars	avril
T(°C)	19,3	11,3	8,3	4,4	9,2	12,4	14,3
P(mm)	18	33,2	6,7	50,6	15,4	2,2	9

Annexe 2: Analyse du changement pour chacune des surfaces foliaires de la feuille étandard (SFE), hauteur de la plante (HPT), longueur du col de l'épi(LC), longueur de l'épi (LE), ainsi que longueur des barbes(LB) dans des conditions climatiques semi-arides.

Variations	DF	Of square				
		SFE	HPT	LC	LE	LB
Block	2	1.68 ^{ns}	0.32 ^{ns}	0.18 ^{ns}	0.54 ^{ns}	0.11 ^{ns}
		192.45**				18.85***
Genotype	6	*	314.17***	5.57***	3.20***	
Erreur	12	1.69	3.02	0.35	0.19	0.50
Total	20	144.76	235.71	4.22	2.53	14.17
CV(%)		7.58	2.76	9.12	5.86	6.38

*, ** and *** significantly at $p < 0.05$, < 0.01 and < 0.001 , respectively.

ns: no significant.

Annexe 3: Comparaison des moyennes pour chaque surface de la feuille étandard(SFE), hauteur de la plante (HPT), longueur du col de l'épi (LC), longueur de l'épi (LE), ainsi que la longueur de barbe (LB). Dans des conditions climatiques semi-arides

Génotype	SFE	HPT	LC	LE	LB
Waha	22,85(b)	72,83(b)	5,13(b)	8,4(ab)	13,63(a)
Bousselem		78,83(a)	7,06(a)	8,6(a)	13,13 (a)

25,58(a)					
Méxicali	75,51(e)	47,66(f)	5,16(b)	5,63(e)	7,93 (b)
Hoggar	16,68(c)	61(cd)	8,13(a)	8,03(ab)	8,86(b)
Altarg4	10,61 (d)	62,66(c)	7,83(a)	7,66(bc)	8,8(b)
Oued Zenati	26,21(a)	57,66(e)	5,16(b)	6,8(d)	13,23(a)
Polonicum	12,58(d)	59,33(de)	7,50 (a)	7,16(cd)	12,63(a)
Mean	17,14	62,85	6,57	7,47	11,17
Min	5,51	47,66	5,13	5,63	7,93
Max	26,21	78,83	8,13	8,6	13,63
LSD5%	2.31	3.09	1.067	0.77	1.26

Résumé:

Le déficit hydrique constitue le principal stress abiotique limitant considérablement la productivité du blé dur (*Triticum durum* Desf) en Algérie. La présente étude a été conduite au cours de la campagne agricole 2016- 2017 à la ferme de l'agriculteur Bachir Laabachi d'El Hammadia wilaya de Bordj Bou Arreridj avec l'objectif d'étude l'influence de stress hydrique et la variabilité de la réponse pour sélectionner les meilleures variétés tolérantes chez sept variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.), qui sont Waha, Bousselem, Mexicali, Hoggar, Altar, Oued zenati, Polonicum. à travers une caractérisation morphologique. Selon les résultats obtenus, on conclut que les variétés Altar et Mexicali sont les plus résistantes en fonction de la surface foliaire et en fonction La hauteur de la plante la variété Bousselem est plus adaptative et résistante. Les variétés hoggar, Altar, Polonicum et Bousselem sont respectivement les plus résistants en fonction de la longueur du col de l'épi. En fonction de la longueur d'épi les variétés Bousselem, Waha et hoggar, respectivement, étaient les meilleurs par rapport aux autres groupes et selon la longueur de la barbe, les variétés les plus résistantes sont : waha, oued zenati , Bousselem et Polonicum . En conclusion, L'étude a montré que le stress hydrique provoque les mêmes mécanismes de la tolérance chez les sept variétés, mais à des degrés différents.

Mots clés : Blé dur (*Triticum durum* Desf.), stress hydrique, paramètres morphologiques, tolérance.

المخلص:

نقص الماء من أهم العوامل البيولوجية التي لها تأثير على إنتاجية القمح الصلب في الجزائر. أجريت هذه الدراسة خلال السنة الزراعية 2016-2017 بمزرعة البشير لعباشي المتواجدة بالحمادية ولاية برج بوعريبيج، بهدف دراسة تأثير الإجهاد المائي وآليات الإستجابة لسبعة أصناف من القمح الصلب وهي واحه، بوسالم، ميكسيكالي، هقار، آلتار، واد زناتي، بولونيكوم، من خلال الخصائص المورفولوجية. وحسب النتائج التي تحصلنا عليها لاحظنا ان الصنفين التار و بوسالم هم الأكثر تحملا للجفاف من خلال المساحة الورقية اما بالنسبة لطول النبات فان الصنف بوسالم هو الأكثر مقاومة. أما الأصناف هقار ،التار، بولينيكوم وبوسالم على الترتيب هي الأكثر مقاومة للجفاف من خلال طول عنق السنبله. وبالنسبة لطول السنبله فان الأصناف بوسالم، واحه و هقار على الترتيب هي الأكثر مقاومة للإجهاد المائي اما بالنسبة لطول السفا فان الأصناف واحه، واد زناتي، بوسالم و بولينيكوم هي الأكثر مقاومة وتحملا للجفاف. و أظهرت الدراسة أنه في جميع الأصناف السبعة كان لها نفس آليات الإستجابة للإجهاد المائي لكن بدرجات متباينة.

الكلمات المفتاحية: القمح الصلب، الإجهاد المائي، المعايير المورفولوجية ، التحمل.