

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers
Département des Sciences agronomiques



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Réalisé en vue de l'obtention du diplôme de MASTER

Option : amélioration des plants

Thème

Effet de l'irrigation de complément sur quelques paramètres
morphologiques du blé dur (*Triticum durum* Desf.)

sous conditions semi-arides

Présenté par :

- Louradi Nawal

- Faura Zoulikha

Devant le jury composé de :

Président : M^r BELGUERI Hamza M.A.A (Université de Bordj Bou Arreridj)

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

Examineur : M^{me} TABTI Dahbia M.A.A (Université de Bordj Bou Arreridj)

Année universitaire : 2019-2020

Remerciements

Nous remercions avant tout ALLAH tout puissant, de nous avoir guidées au cours de toutes nos années d'étude et nous avoir données la volonté, la patience et le courage pour terminer ce travail.

Nous adresse l'expression de nous très vives gratitude et respects à notre encadreur,

Mme. Kelaleche pour son soutien, pour ses conseils utiles et sa gentillesse et pour ses appréciations sur ce travail.

Nous remercions beaucoup les membres du jury qui nous ont fait l'honneur de participer et de juger notre mémoire.

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

Nous tiens 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.

Sommaire	
Résumé	
Remerciement	
Liste des Tableaux	
Liste des Figures	
Liste des Abréviations	
Liste des Annexes	
Introduction.....	1
Partie I : synthèse bibliographique	
Chapitre 1 : Généralités sur le blé dur	3
1.1. Historique et origine géographique	3
1.2. Origine génétique de blé dur	3
1.3. Description générale de la plante	4
1.4. Classification botanique du blé	6
1.5. Cycle de développement du blé dur	7
1.5.1. La période végétative	7
1.5.2. Période reproductrice	8
1.5.3. Période de maturation	8
1.6. Les exigences du blé	9
1.7. Production du blé dans le monde et en Algérie	10
Chapitre 2 : le stress hydrique	11
2.1. L'eau dans la plante	11
2.2. Notion de stress	11
2.3. Le stress hydrique	11
2.4. Effet du stress hydrique sur la plante	12
2.4.1 Effet du stress hydrique sur les paramètres morphologique	12
2.4.2. Effet sur les paramètres physiologique	12
2.4.3. Effet sur le rendement	12
2.5. Mécanisme d'adaptation des plantes au stress hydrique	13
2.5.1. Adaptations phénologiques	13
2.5.2. Adaptations morphologiques	13
2.5.3. Adaptations physiologiques	14
Chapitre 3 : Irrigation de complément	15

3.1. Définition	15
3.2. Intérêt de l'irrigation de complément	15
3.3. Périodes d'intervention	16
3.3.1. Irrigation en début de cycle	16
3.3.2. Irrigation en fin de cycle	17
3.4. Impact sur les composantes de rendement	17
Partie II : étude expérimentale	
Chapitre 1 : Matériel et méthodes	18
1.1.Objectif de l'étude	18
1.2.Description du site expérimental	18
1.3.Les conditions pédoclimatiques	18
1.4.Matériel utilisées	19
1.4.1. Matériel végétal	19
1.4.2. Matériel d'irrigation	21
1.5. Dispositif expérimental	21
1.6. Les paramètres étudiés	22
Chapitre 2 : Résultats et discussion	23
2.1. Effet de l'irrigation de complément sur quelques paramètres morphologiques en condition irrigué et pluvial.	23
2.1.1 L'effet de l'irrigation complémentaire sur la longueur de la feuille étandard	24
2.1.2. L'effet d'irrigation complémentaire sur la hauteur de plante	25
2.1.3. L'effet de l'irrigation de complément sur longueur d'épi avec barbe	26
2.1.4. L'effet de l'irrigation de complément sur la longueur d'épi sans barbe	27
2.1.5. L'effet de l'irrigation de complément sur la longueur de col	28
Conclusion et perspectives	30

Références bibliographiques

Annexes

Liste des figures

Figure 01 :	Origines génétiques des différentes espèces de blé	04
Figure 02 :	Morphologie du blé	05
Figure 03 :	Différents stades de développement du blé	09
Figure 04 :	Diagramme ombrothermique de site expérimental « Oued Lakhdar » 2016/2017	20
Figure 05 :	La longueur de feuille étendard chez les sept variétés du blé dur en conditions irriguées et pluviales.	24
Figure 06 :	La hauteur de végétation chez les sept variétés du blé dur en conditions irriguées et pluviales.	25
Figure 07 :	La longueur de l'épi avec barbe chez les sept variétés du blé dur en conditions irriguées et pluviales.	26
Figure 08 :	La longueur de l'épi sans barbe chez les sept variétés du blé dur en conditions irriguées et pluviales.	27
Figure 09 :	La longueur de col chez les sept variétés du blé dur en conditions irriguées et pluviales.	28

Liste des tableaux

Tableau 1 :	Classification botanique du blé	06
Tableau 2 :	La pluviométrie et la température moyenne durant la campagne 2016/2017.	19
Tableau 3 :	Variation des paramètres morphologiques chez les sept variétés étudiées en (cm) en conditions irriguées et pluviales.	23

LISTE DES ABREVIATIONS

%: Pour cent.

ALT: Altar.

BBA : Bourdj Bou Arreridj

BSS: Bousselem.

C° : Degré Celsius.

Chl a: Chlorophylle a.

Chl a+b: Chlorophylle a+b.

Chl b: Chlorophylle b.

cm : Centimètre.

CO2 : Dioxyde de Carbone.

DO: Densité Optique.

FAO: Food and Agriculture Organization.

g : Gramme.

h : Heure.

ha: Hectares.

HG: Hoggar.

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

ITGC : Institut Technique des Grandes Cultures.

J : Jours.

K m² : kilomètre carré.

Kg : Kilo gramme.

m² : Mètre carré.

m³ : Mètre cube.

mg : Milligramme.

Mha : Million d'hectares.

ml : Millilitre.

mm: Millimètre.

mn : Minute.

Mt : Million de tonne.

MX: Mexicali.

nm : Nanomètre.

ONM BBA : Office National de la Météorologie, Station B.B.Arreridj.

OZ: Oued Zenati.

PF: Poids Frais.

POLO: Polonicum.

PS : Poids sec.

PSII : Photosystème II.

PT : Poids de la pleine Turgescence.

q/h : Quintaux par Hectare.

TCT: Taux de Chlorophylle Totale.

TRE : Teneur Relative en Eau.

WH: Waha.

Liste des Annexes

Annexe A : Analyse comparative des moyennes de la (longueur de feuille étendard (**LFE**), hauteur de la plante(**HPT**), longueur d'épi (**LE**), longueur d'épi avec barbe(**LEB**), longueur de col (**LC**), en condition irriguée.

Annexe B : les paramètres morphologiques (longueur de feuille étendard (**LFE**), hauteur de la plante (**HPT**), longueur de col (**LC**), longueur d'épi (**LE**), longueur d'épi avec barbe (**LB**), chez les sept variétés étudiés en conditions irriguée et pluviale.



Introduction

Introduction

Les céréales et particulièrement le blé dur occupe une place prépondérante dans l'agriculture et par conséquent l'économie Algérienne. Cette importance se justifie à plusieurs niveaux. Cette espèce constitue un élément de base du modèle alimentaire de la population locale. Néanmoins sa production demeure faible pour satisfaire les besoins sans cesse croissant et son importation constitue une lourde facture à l'économie Algérienne. Les faibles productions s'expliquent principalement par les faibles rendements enregistrés à travers les différentes compagnes agricultures (**MADR, 2011**).

Le blé est un enjeu majeur pour l'Algérie dont la consommation nationale atteint 10 millions de tonnes. Un besoin qui avait longtemps fait les beaux jours des agriculteurs français comptant sur les rapports privilégiés entretenus entre Paris et Alger pour approvisionner ce marché, où la consommation de céréales est très importante et rentre même dans la stratégie gouvernementale de maintien de la paix sociale. Une situation qui place l'Algérie comme troisième plus grand importateur de blé dans le monde et qui fait d'elle un marché appétissant pour les producteurs de céréales (**MADR, 2020**).

En Algérie, le blé est cultivé en conditions pluviales dans les plaines intérieures et plus particulièrement dans les hauts plateaux, appartenant aux étages bioclimatiques semi-arides. Ces zones sont souvent soumises aux effets des aléas climatiques (augmentation de la température couplé à la baisse des précipitations).qui se répercutent sur la croissance et le développement des céréales et par conséquent sur leur productivité (**Bouzerzour et al., 2000**). Dans ces aires, les sècheresses variables dans le temps et l'espace restent le facteur le plus limitant auquel fait face la culture du blé dur (**Annichiarico et al., 2005**).

Le stress est l'ensemble des conditions qui provoquent des changements des processus physiologiques résultant éventuellement en dégâts, dommages, blessures, inhibition de la croissance ou de développement (**Hopkins, 2003**). Au niveau cellulaire, l'eau est le principal véhicule pour les substances qui transitent d'un organe à l'autre, car elle achemine les éléments nutritifs vers les tissus et les organes. Un déficit en eau affecte toutes les fonctions de la plante (**Mouna et al., 2010**). En effet, selon le degré de stress dans le milieu, les plantes sont exposées à des modifications de leur comportement morpho-physiologique (**Bennaceur et al., 2001**), biochimique (**Grennan, 2006**), et minéral (**Martinez et al., 2007**). Ainsi, les plantes réagissent à ce stress, soit pour disparaître ou déclencher des mécanismes de résistance. La tolérance au stress hydrique est un phénomène complexe, faisant intervenir, face à la pression erratique des contraintes environnementales, de nombreux mécanismes

interagissant entre eux et possédant un déterminisme génétique complexe. Devant la raréfaction des ressources en eau accentuée par le changement climatique, la recherche de variétés cultivées plus adaptées à la stress hydrique devient un enjeu essentiel pour faire face à l'accroissement de la population mondiale (**Richards et al., 2002**). C'est pourquoi, pour valoriser ce potentiel et stabiliser la production, L'irrigation du blé dur a été proposée en complément du choix variétal (**Bouthiba et al., 2008**).

L'irrigation de complément des céréales consistera à garantir une production seuil ou production minimale garantie, quelles que soient les conditions climatiques. Selon (**Saleh, 1987 in Gandouz, 2014**), L'irrigation de complément est la quantité d'eau fournie lors de l'exposition récente du déficit hydrique de la plante afin de réduire les dommages à la période de stress hydrique. **Boutfirass et al., (1994) in kelaleche (2018)**, montre que L'irrigation de complément est considérée comme une technique potentielle qui améliore l'efficacité d'utilisation de l'eau.

L'introduction de l'irrigation d'appoint du blé dans le développement agricole de l'Algérie est d'un grand intérêt. Bien que toutes les expérimentations à travers le monde et en Algérie confirment l'intérêt des irrigations d'appoint pour l'amélioration et la stabilisation des rendements des céréales d'où l'autosuffisance et une réduction de la dépendance économique, ainsi que pour la valorisation de l'eau d'irrigation en condition de déficit pluviométrique (**Bouthiba, 2007**).

C'est dans ce contexte, Ce travail a pour objectif de montrer l'ampleur de l'effet de l'irrigation de complément sur certaines propriétés, morphologiques, de sept variétés du blé dur (*Triticum durum* Desf.) cultivées en plein champ.

Notre travail est présenté en deux parties : La première partie porte une étude bibliographique, est composée de trois chapitres : le blé dur, le stress hydrique, l'irrigation de complément. Le deuxième volet du travail a été consacré pour l'étude expérimentale, elle est composée d'un chapitre matériel et méthodes, il s'agit d'une description détaillée des méthodes et matériel utilisé pendant la conduite de la culture sur le terrain. Un deuxième chapitre consacré pour présenter les résultats obtenus avec les interprétations et la discussion de ces résultats. Finalement le mémoire est achevé, par une conclusion et des perspectives, suivies de la liste de références bibliographiques et annexes.



Partie 01 :

Etude bibliographique

Chapitre 01: Généralité sur le blé

1.1. Historique et origine géographique :

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**).

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**). selon **Hamed, (1979)** le centre d'origine du blé est le Tigre et l'Euphrate (l'actuel Irak), puis l'espèce s'est entendue 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**).

1.2. Origine génétique de blé dur :

Le blé dur (*Triticum durum*) est une espèce allo tétraploïde ($2n = 4x = 28$) possédant sept paires de chromosomes homologues associées à deux génomes différents A et B. Le génome A vient du blé sauvage *Triticum urartu Tum*. Plus connu sous le nom *einkorn* (*Triticum monococcum*) de constitution génomique diploïde AA (**fig.1**). Par contre le génome B vient de l'espèce sauvage, diploïde elle aussi, *Aegilops speltoides Tausch* (**Schuhwerk et al., 2011**).

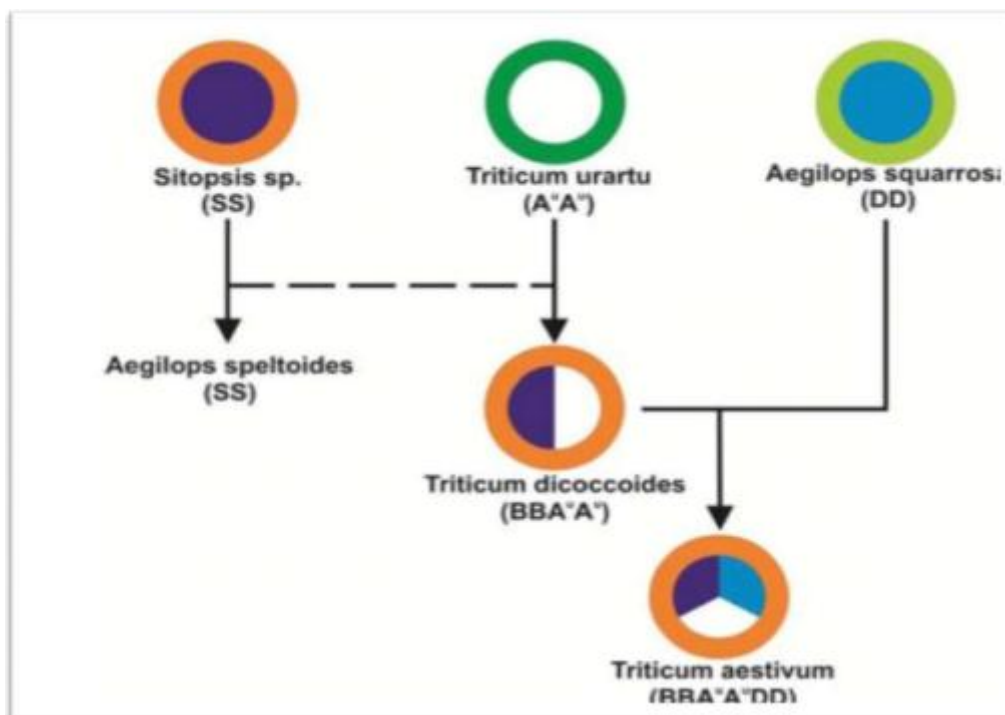


Figure 01 : Origines génétiques des différentes espèces de blé (Schuhwerk et al., 2011).

1.3. Description générale de la plante :

Le blé est une plante herbacée annuelle qui produit le grain, c'est une graminée de hauteur moyenne pouvant atteindre jusqu'à 1.5m selon les variétés (Bozzini, 1988). L'appareil végétatif comprend l'appareil aérien et l'appareil racinaire (Gate et Giban, 2003).

Le système aérien est formé d'un certain nombre d'unité biologiques, les talles, les feuilles et les gaines (fog.02) (Clarke et al., 2002). Le talle est formé d'une tige feuillée ou chaume portant à son extrémité une inflorescence (Clarke et al., 2002). Les feuilles sont simples, allongées, alternées et à nervures parallèles alternes ou distiques (disposées sur deux rangs le long de la tige). Au point d'attache de la gaine de la feuille se trouve une membrane mince et transparente (Ligule) comportant deux petits appendices latéraux (Oreillettes) (Gate et Giban, 2003) (fig.2).

L'inflorescence du blé est un épi, ce dernier est constitué d'unités de base, les épillets, l'épillet est une petite grappe de un à cinq fleurs enveloppées chacune par deux glumelles (inférieure et extérieure) (fig.2).

Le grain de blé est un fruit sec dont les dimensions moyennes sont, de 6 à 8mm de longueur et de 3mm environ de largeur et d'épaisseur, (fig.2). La coupe du grain fait apparaître trois parties (Feuillet, 2000) :

Les enveloppes (Qui représentent 14 à 15% du poids du grain, comprennent Le péricarpe, enveloppe du fruit Le tégument de la graine ou « testa » et le tégument du nucelle ou « bande hyaline »), L'assise protéique (60% du poids des enveloppes), Le germe (Qui représente 2,5% du grain) (**fig.2**).

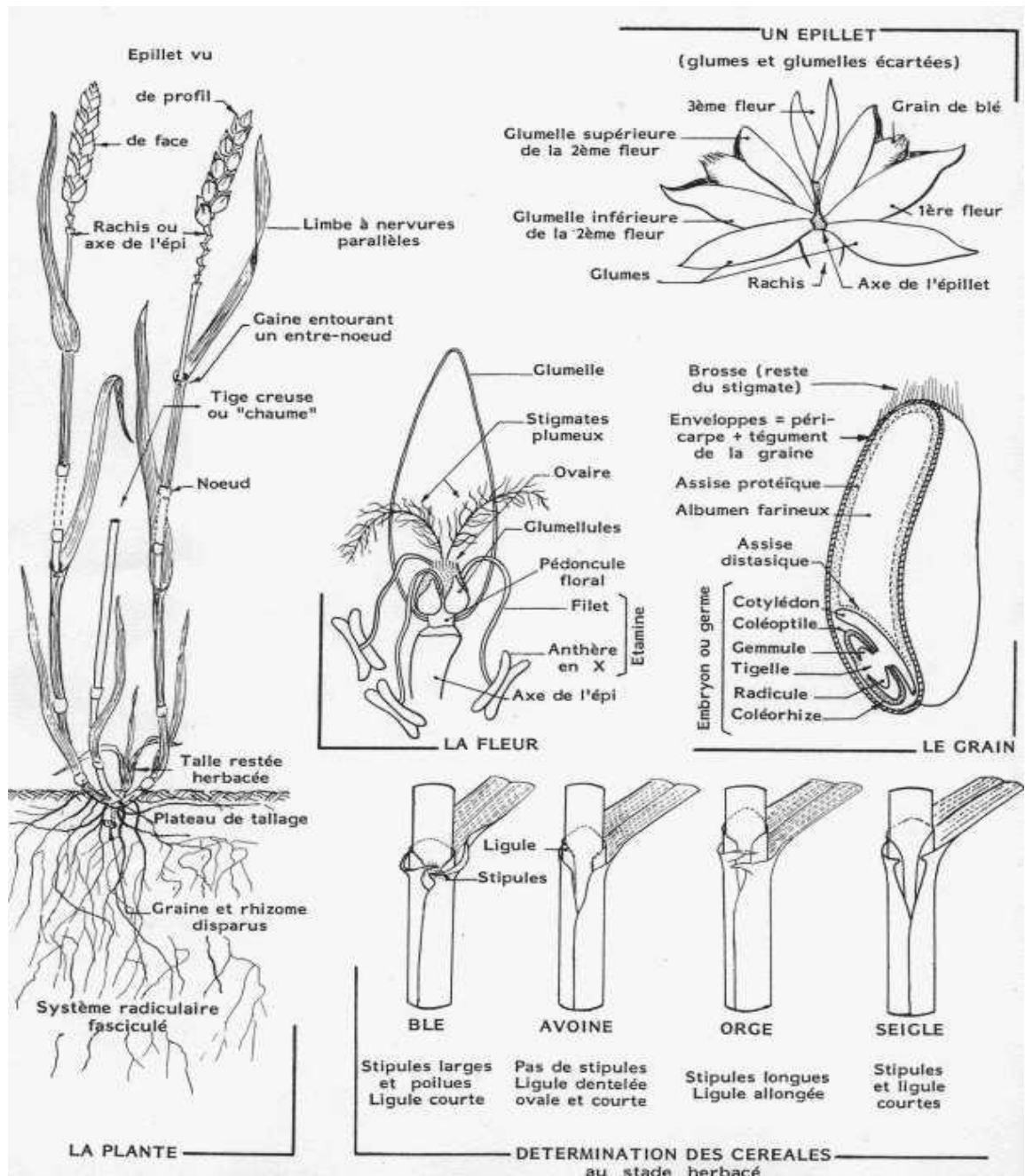


Figure 02 : Morphologie du blé (Soltner, 1998).

La plante de blé dur comporte un système racinaire, de type fasciculé, il est composé de deux systèmes racinaires successifs :

- **Le système séminal** (racines primaires) : seul fonctionnel de la levée au début du tallage, ces racines sont d'origine embryonnaire, ce système est constitué d'une racine

principale et deux paires de racines latérales, soit cinq racines ; éventuellement une sixième racine qui peut se développer. Les racines de ce système sont au nombre de six, rarement sept (**Hazmoune, 2006**) (**fig.2**).

- **Le système adventif** (racines secondaires), c'est un système de racines coronaires ou système de racines de tallage, Il se forme dès le tallage et se substitue parallèlement au système séminal, Il est de type fasciculé bien que moins puissant (**Soltner, 2005**). Les racines adventives se forment plus tard à partir des nœuds à la base de la plante et constituent le système racinaire permanent (**Clarke et al., 2002**) (**fig.2**).

1.4. Classification botanique du blé :

Tableau 01 : Classification botanique du blé (**APG III, 2009**)

Règne :	Plantae
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	Triticinae
	Triticum
Espèce	T. durum Desf.

1.5. 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 (**fig.3**).

1.5.1. La période végétative :

Elle s'étend de la germination au tallage, 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 racine et des racines séminales et celle de l'élongation de la coléoptile (**Bouffenaar et al., 2006**). Elle se divise en trois phases dont leur durée s'étale jusqu'au fin tallage avec une croissance complètement végétative (**fig.3**).

➤ Phase semis-levée :

La germination du grain de blé commence quand il absorbe 25% de son poids d'eau (**Grandcourt et Prats, 1970**). Il se traduit par la sortie des racines séminales et par la croissance de la coléoptile qui s'entrouvre pour laisser passer la première feuille vers la surface du sol. Pendant cette phase, la jeune plantule vit sur les réserves de la graine (**Boulal et al., 2007**).

➤ Phase début tallage – stade plein tallage :

Dès que la première feuille a percé la coléoptile, ce dernier s'arrête de croître et se dessèche, la première feuille fonctionnelle s'allonge, puis la deuxième, la troisième et la quatrième toutes en positions alternées (**Boulal et al., 2007**).

Le tallage est un mode de développement propre aux graminées, il débute à la troisième feuille lorsqu'un renflement apparaît à 2 cm de la surface du sol, c'est le futur plateau de tallage (**Grandcourt et Prats, 1970**).

➤ Phase de montaison :

Pendant cette phase, en même temps que l'émission des feuilles du maître-brin, des talles apparaissent d'une façon synchrone, chaque talle primaire (les talles issues des premières feuilles) émet une talle secondaire susceptible d'émettre une talle tertiaire (**Boulal et al., 2007**). Ce phénomène correspond en fait à une ramification de la tige principale. De nouvelles racines sortent de la base du plateau de tallage (Zone de la sortie des talles), ce sont les racines secondaires, les racines primaires deviennent inactives (**Bozzini, 1988**).

La fin de cette phase est observée lorsque la jeune inflorescence (apex) est d'environ 1cm au-dessus du plateau de tallage (**Boulal et al., 2007**).

1.5.2. Période reproductrice :

C'est la formation et la naissance de l'épi, le début de cette phase est marqué par une différenciation de l'ébauche d'épillet sur l'apex (**fig.3**), Ce stade marque la fin de la période végétative et l'acheminement vers la fonction de reproduction (**Bouffenaar et al., 2006**).

➤ **Phase ébauches d'épillets (phase A-B) :**

Le début de cette phase est marqué par une différenciation de l'ébauche d'épillet sur l'apex qui correspond au stade A, Le stade B est repéré par l'apparition de deux renflements latéraux qui apparaissent sur l'épillet, ce sont les ébauches des glumes (**Boulal et al., 2007**).

➤ **Phase montaison-floraison (anthèse) :**

L'épiaison se caractérise par l'émission de l'épi hors de la gaine de la feuille, la fécondation et l'anthèse suivent de quelques jours d'épiaison, les épis dégainés fleurissent généralement entre 4 à 8 jours après l'épiaison (**Bahlouli et al., 2005**). La précocité de l'épiaison et de la floraison sont un facteur très recherché dans les environnements où les facteurs limitant hydriques et thermiques sont souvent une contrainte pendant la période de remplissage des grains (**Boulal et al., 2007**).

1.5.3. Période de maturation :

Mazouz (2006) a mentionné que cette phase se compose de trois étapes successives (**fig.03**) :

- **La première étape** est définie comme une phase de multiplication des cellules du jeune grain encore vert, elle se termine par le stade laiteux (le grain s'écrase facilement en laissant apparaître un liquide blanchâtre).
- **La seconde étape** concerne l'accumulation des assimilés, le poids frais des graines continue à augmenter alors que celui des tiges et des feuilles diminue et se termine par le stade pâteux où le grain s'écrase en formant une pâte.
- **La dernière période** est qualifiée de phase de dessiccation, le grain devient dur et de couleur jaunâtre. C'est le stade de la maturation physiologique (**Bouffenaar et Zaghouane, 2006**).

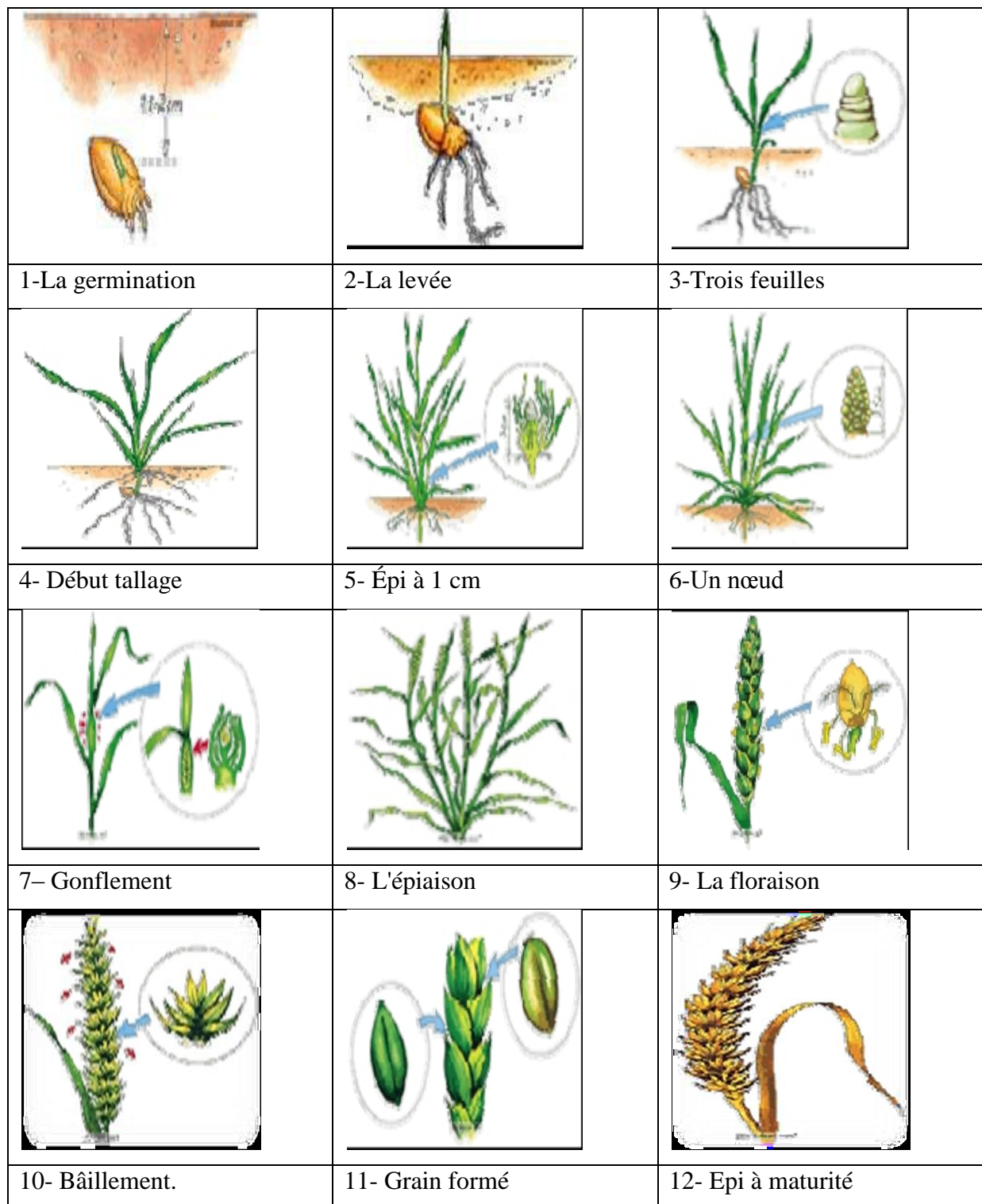


Figure 03 : Différents stades de développement du blé. (Casnin et al., (2013))

1.6. Les exigences du blé :

1.6.1. La température :

La température est l'un des facteurs importants pour la croissance et l'activité végétative. Selon (Soltner,1988), Le blé à un zéro de végétation très bas, à 0° c, son exigence en chaleur est très élevée, pour accomplir son cycle végétatif, il lui faut un cumul de température total de 2300°c, qui se répartissant comme suite :

- 1 Semi-germination 150° c
- 2 Germination- tallage 500 °c
- 3 Tallage- floraison 85° c
- 4 Floraison-maturation 800° c

1.6.2. L'eau :

L'eau a une grande importance dans la croissance de la plante. En plus de l'eau de constitution des cellules et de celle qui entre dans les synthèses glucidiques catalysées par la chlorophylle, l'eau est le véhicule des éléments minéraux solubles de la sève brute (**Soltner, 1990**).

1.1.1. Lumière :

La lumière et le facteur qui agit directement sur le bon fonctionnement de la photosynthèse et le comportement de blé. Un bon tallage et garanti, si le blé est placé dans les conditions optimale d'éclairiments (**Bebba, 2011**).

1.1.2. Le sol :

Les sols qui conviennent le mieux au blé sont des sols drainés et profonds. Des sols limoneux, argilo-calcaires, argilo-siliceux et avec des éléments fins. Du point de vu caractéristiques climatiques, les blés durs sont sensibles au calcaire et à la salinité ; un pH de 6,5 à 7,5 semble indiqué puisqu'il favorise l'assimilation de l'azote (**Hacini, 2014**).

1.1.3. La fertilisation :

Fertilisation 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.

1.2. Production du blé dans le monde et en Algérie :

Les prévisions de la **FAO, (2020)** concernant la **production** de céréales dans le monde en 2020 ont été révisées à la hausse (+ 9,3 millions de tonnes). Elles s'établissent désormais à près de 2 790 millions de tonnes et la production mondiale devrait dépasser de 3,0 pour cent (81,3 millions de tonnes) le record atteint en 2019 (**FAO, 2020**). La production mondiale de blé est estimée à 761,5 millions de tonnes, soit 3,2 millions de tonnes de plus par rapport au mois précédent. L'augmentation est due en grande partie à une révision à la hausse des prévisions relatives à la production de blé en Australie (+ 5,5 millions de tonnes), qui s'explique principalement par l'amélioration des perspectives de rendement due à de fortes précipitations antérieures et des prévisions météorologiques favorables pour le reste de la campagne. Ces facteurs, combinés à des superficies emblavées plus importantes que prévu initialement, devraient entraîner un rebond plus net de la production en 2020, qui contrasterait avec les récoltes réduites des deux années précédentes, dues à la sécheresse. Les prévisions relatives à la production de blé ont également été relevées pour l'Inde (+ 2,2 millions de tonnes), (**FAO, 2020**).

En Algérie, la production nationale céréalière réalisée à l'issue de la campagne 2017-2018 a atteint 60,5 millions de quintaux, contre 34,7 millions de quintaux enregistrés durant la campagne précédente, soit une hausse de 74,4% (**MADR, 2018**). Dans le détail, la production céréalière est répartie entre le blé dur, à hauteur de 31,5 millions de quintaux, contre 19,9 millions de quintaux enregistrés durant la campagne précédente, soit une hausse de 58%, et l'orge pour 19,5 millions de quintaux, contre 9,6 millions de quintaux réalisés lors de la campagne 2016-2017 (**MADR, 2018**). S'agissant des superficies emblavées, au titre de la campagne 2017-2018, celles-ci ont atteint 3,4 millions d'hectares contre 3,5 millions d'hectares pour la campagne 2016-2017 (**MADR, 2018**).

Chapitre 02 : Stress hydrique

2.1. L'eau dans la plante :

La plante pour se développer a besoin d'eau et quand celle-ci vient à manquer les conséquences peuvent être graves (**Bernard, 2006**).

Elle s'y trouve naturellement à l'état liquide, mais aussi sous forme de vapeur d'eau dans les chambres sous-stomatiques des feuilles (**Laberche, 2004**). La richesse en eau des plantes est variable selon les espèces, les organes et les milieux de vie. En effet, une salade peut contenir 90 à 93% d'eau, une feuille est composée souvent de 80 à 90% d'eau et le bois fraîchement coupé peut renfermer 30 à 50 % d'eau (**Leclerc, 1999**).

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

- l'eau contribue au maintien de la structure de la cellule et en particulier de la structure colloïdale du cytoplasme.
- elle est le siège des réactions métaboliques, Elle intervient dans les réactions métaboliques comme l'hydrolyse ou la photosynthèse, elle est donc en ce sens un aliment pour le végétal.
- elle permet la turgescence des cellules et par là même des tissus et des organes.
- 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**).

2.2. Notion de stress :

Tsimilli 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. 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 et al., 2006**).

2.3. Le stress hydrique :

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**). Le stress hydrique est toute restriction hydrique qui se traduit par une baisse de potentiel de la plante suite à une perturbation de son activité physiologique provoquée par un déficit de consommation en eau et communément appelé stress hydrique (**Mouhouche et Boulassel, 1997**).

2.4.Effet du stress hydrique sur la plante:

2.4.1. Effet du stress hydrique sur les paramètres morphologique :

➤ Partie souterraine (racine) :

Hopkins (2003) affirme que la croissance des racines est généralement moins sensible au déficit hydrique que celle de la partie aérienne. La croissance racinaire est plutôt orientée dans un sens de remodelage de l'ensemble de système racinaire: le nombre des racines diminue, le volume racinaire est également réduit (**Daaloul et al., 2005**).

➤ Partie aérienne (feuilles) :

La feuille est l'organe le plus sensible à la contrainte hydrique, elle change de forme et d'orientation (**Gate et al., 1993**).donc un déficit hydrique contrôle la croissance végétative en réduisant la vigueur de la plante. Les plantes soumises à un déficit hydrique voient généralement leur sénescence s'accélérer, et une perte trop importante d'eau par transpiration peut conduire à la mort des cellules (**Bouchabke et al, 2006**).

2.4.2. Effet sur les paramètres physiologique :

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 ensuite à une perte de fonctions vitales (**Benkolli et Bouzghaia, 2016**). 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. En cas de déficit hydrique, la plante pourra être exposée d'abord à une perte de turgescence (**Hamla, 2016**).

2.4.3. Effet sur le rendement :

Le déficit hydrique est une contrainte abiotique majeure de la production agricole, il impact négativement le rendement de culture et la qualité des produits, le déficit hydrique affecte significativement les composantes du rendement, en effet 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 (**Benkhellef, 2016**). Le tallage est l'un des principaux facteurs déterminant le

rendement en grains chez les céréales, une carence hydrique précoce durant la phase végétative réduit le nombre et la taille des talles chez le blé, Après la fécondation, il réduit la taille des organes et s'il se poursuit pendant la phase de remplissage, il affecte leur composition et entraîne une diminution du poids de 1000 graines par altération de la vitesse et la durée de remplissage des grains (**Bouthiba et al. 2010**).

2.5.Mécanisme d'adaptation des plantes au stress hydrique :

2.5.1. Adaptations phénologiques :

L'esquive permet à la plante de réduire ou d'annuler les effets de la contrainte hydrique par une bonne adéquation de son cycle de culture à la longueur de la saison des pluies. (**Amigues et al., 2006**). La précocité constitue un important mécanisme d'esquive de la sécheresse de fin de cycle (**Ben Naceur et al., 1999**). Le rendement de nombreuses variétés a été amélioré grâce au raccourcissement des longueurs de cycle chez pratiquement toutes les espèces cultivées annuelles (**Turner et al.,2001**), sur les légumineuses (**Subbarao, 1995**), comme sur les céréales (**Fukai et al., 1999**).

2.5.2. Adaptations morphologiques :

➤ **La hauteur de la plante :**

Il a été admis que les variétés de céréales les plus tolérantes à la sécheresse sont celles qui se caractérisent par une paille haute, cette tolérance résulterait de l'aptitude à remplir Correctement le grain en phase terminale du cycle grâce aux quantités d'assimilats stockés Dans la tige et particulièrement au niveau du col de l'épi (**Blum, 1988**).

➤ **Système racinaire :**

L'efficacité de l'extraction de l'eau du sol par les racines figure parmi les types d'adaptation permettant à la plante d'éviter ou, plus exactement, de retarder la déshydratation de ses tissus (**Turner et al., 2001**). L'aptitude des racines à exploiter les réserves en eau du sol sous stress est une réponse particulièrement efficace pour l'élaboration de la production de graines (**Passioura, 1977**). Un système racinaire extensif permet au blé de mieux résister à un stress hydrique (**Bensalem et al., 1991 in Mazouz, 2006**).

➤ **Longueur des barbes :**

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**).

Slama (2002) mentionne que la variété ayant la barbe la plus développée, sous contrainte hydrique présente le meilleur rendement. En plus, la présence des barbes augmente

l'efficacité d'utilisation de l'eau et l'élaboration de la matière sèche lors de la phase de maturation du grain (Nemmar, 1980).

2.5.3. Adaptations physiologiques :

➤ La régulation stomatique :

La réduction de la perte en eau par la fermeture stomatique est un moyen d'adaptation des plantes au stress hydrique (Djekoun et Planchon, 1992 in Mouellef, 2010). Cette diminution de la transpiration peut engendrer une réduction de la photosynthèse. Ainsi, les génotypes qui ont la capacité photosynthétique intrinsèque la moins affectée par le stress hydrique présentent une efficacité de l'utilisation de l'eau (photosynthèse/transpiration) plus élevée et une plus grande capacité de survie (Ykhlef, 2001).

➤ Ajustement osmotique :

L'ajustement osmotique est un exemple d'adaptation qui permet le maintien d'une turgescence positive pour des teneurs en eau relativement faible, il intervient aussi en retardant la sénescence foliaire et en améliorant l'extraction de l'eau par les racines, de ce fait de continuer ses activités métaboliques et survivre à la contrainte (Leonardis et al., 2010). On parle d'ajustement osmotique quand les concentrations des solutés (le proline, les sucres solubles ...etc), à l'intérieur de la cellule augmentent pour maintenir une pression osmotique cellulaire élevée (Leonardis et al., 2010).

➤ La teneur en chlorophylle :

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 (Slayter, 1974 in Mouellef, 2010).

Le rapport chlorophylle (a/b) est un bon indicateur du seuil de tolérance au stress hydrique (Guettouche, 1990 in Mouellef, 2010). Tahri et al., (1997) montrent que l'augmentation de la teneur en proline foliaire sous l'effet du stress suivie par un abaissement dans les teneurs en pigments chlorophylliens totaux (Chlorophylles a et b).

Chapitre 03: Irrigation de complément

3.1. Définition :

L'irrigation de complément (*suplemental irrigation* en anglais) peut être définie comme l'addition de petites quantités d'eau aux cultures pluviales, essentiellement pendant les périodes où les précipitations ne fournissent pas suffisamment d'humidité pour la croissance normale des plantes, afin de stabiliser les rendements. C'est une intervention temporaire, selon les disponibilités en eau, pour augmenter l'évaporation (Nallet, 1990 ; Thevenet, 1990 ; Oweis et al., 1998 ; Oweis et al., 1999 in Bouthiba, 2007).

Selon Ait kadi, (1985) in Gandouz, (2014), l'irrigation de complément est une quantité d'eau fournie pour compenser la pénurie d'eau dans le sol causé par le manque de précipitations ou de fluctuation pour assurer un meilleur rendement. L'eau est appliquée à une culture pluviale qui devrait normalement produire des rendements sans irrigation.

Les pluies sont la principale source d'humidité pour les cultures pluviales, l'irrigation de complément est appliquée uniquement lorsque les précipitations ne parviennent pas à fournir l'humidité essentielle pour que la production soit améliorée et stabilisée. (Perrier et Salkin, 1987 in Gandouz, 2014).

L'irrigation de complément est la quantité d'eau fournie lors de l'exposition récente du déficit hydrique de la plante afin d'assurer que la quantité minimum d'eau pour un rendement optimal, est disponible pendant les phases critiques de croissance des cultures. Saleh, (1987) in Gandouz, (2014).

3.2. Intérêt de l'irrigation de complément :

Selon Perrier et Salkin (1987), l'intérêt d'une irrigation de complément pour une culture pluviale peut être résumé en les points suivants :

- Augmentation et stabilisation des rendements
- Amélioration de la qualité de la production
- Augmentation de la superficie des terres cultivées
- Conservation de l'eau et réduction du coût de la culture

3.3. Périodes d'intervention :

Selon qu'il s'agisse d'apport d'eau en début de cycle ou en fin de cycle de la culture. Les variétés de blé répondent de manière différente, d'une année à une autre et d'un environnement à un autre (**Bouthiba, 2007**).

Le nombre et le moment d'irrigation ont un effet très significatif sur l'élaboration du rendement. En effet, **Xue et al., (2003)**, obtiennent un gain de rendement compris entre 41 et 46% avec une seule irrigation donnée au stade tallage, avec une augmentation de l'évapotranspiration de 20% par rapport à la conduite pluviale. Par contre, l'application de deux irrigations au cours du cycle de croissance a des conséquences différentes sur le rendement en grains et la consommation en eau selon les périodes d'intervention. Au moment de l'épiaison et du remplissage du grain, l'augmentation du rendement est de 67% avec une augmentation de 32% de l'évapotranspiration, alors que l'irrigation au stade montaison et au stade anthèse, le rendement est augmentée de 85% avec une augmentation de l'évapotranspiration de 46% par rapport au régime pluvial.

Quant au traitement ayant reçu 3 irrigation (montaison, épiaison et anthèse), les augmentations sont de l'ordre de 165% pour l'évapotranspiration et 209% pour le rendement en grains par rapport au traitement pluvial.

3.3.1. Irrigation en début de cycle :

Les irrigations en début de cycle permettent une levée précoce et une couverture rapide du sol, diminuant ainsi l'évaporation du sol et augmentant l'efficacité d'utilisation de l'eau (**Rezgui et al., 2005**).

De bonnes conditions d'alimentation hydrique de la phase 3 nœuds à l'épiaison, permettront au blé de compenser la baisse du peuplement épi par une fertilité des épis supérieurs, tout particulièrement pour les variétés à forte fertilité des épis (**Bouthier et al., 2000**).

3.3.2. Irrigation en fin de cycle :

L'irrigation de complément en fin de cycle est devenue une nécessité en climats aride et semi-aride car la sécheresse affectant ces régions est souvent régulière et quasi permanente à partir du mois d'avril avec le début de l'augmentation de la demande évaporatoire et le déficit en eau du sol, ce qui se traduit par une pénalisation des rendements de blé (Duivenbooden et al., 1999 in Bouthiba, 2007).

les conditions climatiques durant la période de remplissage du grain semblent être crucialement importantes pour la détermination de la qualité du grain en environnement méditerranéen (Rharrabti et al., 2003). Selon Siddique, (2001) Le rendement en grains est positivement corrélé avec l'utilisation de l'eau en post-floraison avec un coefficient de corrélation de 0.59).

3.4. Impact sur les composantes de rendement :

L'objectif principal de l'irrigation de complément et comme déjà mentionné est pour augmenter ou améliorer le rendement, cette optimisation dépend d'un ensemble de caractéristiques génétiques des variétés, la quantité d'eau d'irrigation et de la période d'irrigation (Gandouz, 2014).

Selon Boutfirass et al., (1994) in Gandouz, (2014), une dose d'irrigation de complément est estimée à 60 mm au cours des talles et / ou phase d'élongation stimulent une plus grande production et produisent une plus grande quantité de matière sèche qui améliorent l'efficacité de l'exploitation de la production d'eau. Des études ont montré que l'irrigation de complément pendant la phase de floraison améliore le rendement du blé dur (Boutfirass, 1990 in Gandouz, 2014).



Partie 02 :
Etude expérimental

Chapitre 01 : Matériel et méthodes

1.1. Objectif de l'étude :

L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet de l'irrigation de complément sur la teneur relative en eau et quelques paramètres morphologiques, 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 ma Damme Kelaleche Haizia doctorant en sciences, durant la campagne 2016/2017.

1.2. Description du site expérimental :

L'expérimentation a été mise en place sur la région d'El oued lakhdar (El-Hamadia) dans la ferme de monsieur LAABACHI. Le site expérimental est situé aux coordonnées géographiques : Latitude 35° 58' 47" Nord, longitude 4° 44' 51" Est, l'altitude par rapport au niveau de la mer 680 Km².

1.3. Les conditions pédoclimatiques :

- **Sol** : Le sol est de type argilo-limoneux, il constituée de (32%) de sable, (36%) de limon, (1,6%), Matière organique, et leur PH=7,71 (**social, 2015**).
- 1.3.2. Climat Le climat du site est de type méditerranéen, continental, semi-aride, caractérisé par un été très chaud avec vent dominant (SIROCCO), et automne chaud avec averse, et un hiver très froid avec fortes gelées tardives et froides (**social, 2015**).

- **Précipitations et températures :**

Tableau 2 : La pluviosité et la température moyenne durant la campagne 2016/2017.

Mois	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A
P (mm)	45,7	38,9	6,7	2,6	2	10,7	18	33,2	6,7	50,6	15,4	2,2	9
T (C°)	15,4	18,8	24	27,6	26	21,4	19,3	11,3	8,3	4,4	9,2	12,4	14,3

Source : ONM BBA, 2017.

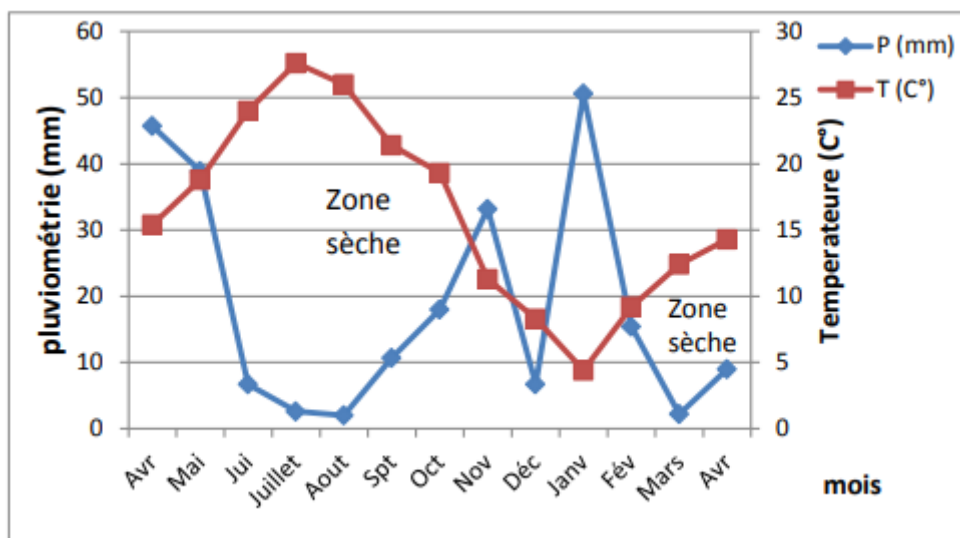


Figure 04 : Diagramme ombrothermique de site expérimental « Oued Lakhdar » 2016/2017 (ONM BBA, 2017).

D'après ce diagramme on peut ressortir deux périodes sèches qui s'étalent du mi-mai jusqu'à la mi-novembre, et la seconde du mi-février jusqu'au mois d'avril (Figure 04). La quantité de pluie tombée durant la campagne 2016/2017 était très petite avec une précipitation annuelle de 241,7 (mm). La répartition des précipitations mensuelles est irrégulière avec le cycle végétatif de blé dur (figure 04). Le taux pluviométrique le plus élevé est enregistré au mois de janvier avec une valeur de 50,6 mm, tandis que le taux le plus faible est marqué au mois d'août avec 2 mm de précipitation. Les températures moyennes maximales et minimales sont signalées en juillet (27,6°C) et Janvier (4,4°C) respectivement.

1.4. Matériel utilisés :

1.4.1. Matériel végétal :

L'expérimentation mise en place au cours de la saison 2016 /2017 est constituée de 07 variétés différentes de blé dur, trois issues de sélection **CIMMY/ICARDA**, et quatre variétés local. Les principales caractéristiques de ces génotypes sont les suivantes :

Waha : Est une sélection locale faite à l'intérieur du matériel introduit l'**ICARDA**. Elle se caractérise par sa précocité, ce qui la rend sensible au gel tardif, très productive avec une stabilité du rendement élevée et tolérance à la sécheresse (**Maziani et al., 1993, Nachit, 1994**). C'est une variété qui réussit à échapper aux stress de fin du cycle (**Abassene, 1997**). Elle présente un épi demi-lâche à compact, roussâtre, la paille est courte et demi pleine. Le grain est moyen, clair ambré à roux. le PMG est moyen. Le tallage est moyen à fort avec une très bonne productivité. Elle est modérément tolérante aux rouilles, à la fusariose et à la

septoriose, sensible au piétin-échaudage. Elle est adaptée aux hauts plateaux et aux plaines antérieures (**Bouthiba et Debacke, 2001**)

Oued Zenati : Est une sélection locale faite à l'intérieur du matériel introduit de l'ITGC (station de Guelma/1936). C'est une variété tardive, est assez résistante à la moucheture et au mitadimage, avec un rendement moyen, adaptée aux plaines antérieures, son épi est blanc, gros et peu allongé, le PMG est élevé. Le tallage est moyen, tolérante à la septoriose sensible aux rouilles brunes et jaunes et à la fusariose (**Bouthiba et Debacke, 2001**).

Polonicum : Est une variété **CIMMYT**, elle est caractérisée par sa précocité et son grain allongé, très productive avec une stabilité du rendement élevée. Adaptée aux hauts plateaux et aux zones sahariennes (**Ait –Kaki, 2008**). Mexicali : Est une variété **CIMMYT**, elle est caractérisée par sa précocité et son grain allongé, très productive avec une stabilité du rendement élevée. Adaptée aux hauts plateaux et aux zones sahariennes (**Ait –Kaki, 2008**).

Hoggar : Est une variété du sud de l'Espagne, sélection (**ITGC de Tiaret/1986**), C'est une variété dont l'épi est demi-lâche et blanc. Le grain moyen est roux, le PMG est élevé. La paille ainsi que tallage sont moyen. Elle est peu sensible à l'helminthosporiose et moyennement tolérante aux rouilles, tolérantes à la verse. Elle est adaptée aux hauts plateaux et les zones Sahariennes (**Ait –Kaki, 2008**).

Bousselem : Sélectionné localement, à partir de **CIMMYT/ICARDA**, c'est une variété haute de paille, présentant des épis, barbe noire-grise, demi-lâche, long et robuste et hauteur de la plante moyenne de 90 à 100 cm, elle se caractérise par une résistante aux maladies cryptogamiques, mais le traitement des semences aux fongicides est recommandé. Elle présente aussi une résistance au froid et à la sécheresse (**Baghem, 2012**).

Altar : Est une variété **CIMMYT**.

1.4.2. Matériel d'irrigation :

L'irrigation a effectué manuellement à l'aide d'un seau. Alors que le volume d'eau fourni pour chaque parcelle est 20mm.

1.5. Dispositif expérimental :

L'essai s'étale sur une superficie de 45m², Le matériel végétal est semé le 14 décembre 2016, il s'agit d'un BAC (Bloc Aléatoire Complet) avec 4 répétitions (deux répétitions avec irrigation de complément et les deux autres sans irrigation), chaque bloc est

divisé en 7 parcelles élémentaires d'une rangée de 1m de long et 1m de large, l'espace intrabloc est de 20 cm et inter-bloc de 50cm.

Au cours de cette étude, il est utilisé l'engrais SULFAZOT (26 % N, 35 % S, 120 Kg/ha) dans le stade de tallage et les mauvaises herbes ont été éliminées manuellement. Au cours de cette étude, l'irrigation a effectuée en deux temps, le premier correspondant à la phase de montaison, et le second exactement après la phase d'épiaison.

1.6. Les paramètres étudiés (paramètres morphologiques) :

L'étude est réalisée en sept répétitions par variété et par bloc pour les paramètres morphologiques. Il est procédé à des analyses physiologiques et biochimiques au laboratoire de chimie à l'université de Bordj Bou Arreridj, en plus des mesures biométrique au champ.

3.6.1. La longueur de la feuille étendard : Ce paramètre est déterminé par mesure directe de la longueur de la feuille étendard à partir de la ligule (point d'insertion de la feuille avec la tige) jusqu'à la pointe. Cette mesure est exprimée en cm.

3.6.2. La hauteur de végétation : Elle est mesurée du ras du sol jusqu'à sommet de la plante à l'aide d'une règle graduée.

3.6.3. Longueur de l'épi avec barbe : Elle est mesurée à partir de la base de l'épi jusqu'à l'extrémité supérieure des barbes.

3.6.4. Longueur de l'épi sans barbe : Elle est mesurée sur des épis avec des barbes coupées à partir de la base de l'épi jusqu'au sommet de l'épillet terminal.

3.6.5. Longueur entre nœud : Elle est mesurée à partir du dernier nœud jusqu'à deuxième nœud à l'aide d'une règle graduée en « cm ».

3.7. 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 Correlation.

Chapitre 2: Résultats et discussion

2.1. Effet de l'irrigation complémentaire sur quelques paramètres morphologiques :

Les résultats de (Guendouz et al., 2012) ont indiqué l'effet positif et significatif de l'irrigation complémentaire sur nombreuses paramètres morphologiques ainsi que nos résultats pour cette expérience ont montré une différence et une variation dans la réponse de toutes les génotypes étudiées et dans tous les paramètres étudiés (longueur de feuille étendard ,hauteur de la plante, longueur d'épis sans barbe, longueur d'épis , longueur de collet), en condition de stress hydrique et en condition d'irrigation de complément.

Les résultats des paramètres morphologiques présentés dans le (Tableau 03) :

Tableau 03 : Variation des paramètres morphologiques chez les sept variétés étudiées en (cm) en conditions irriguées et pluviales.

conditions	LC	LE	LEB	HPT	L FE
Irrigué	7,92	6,95	15,71	50,36	15,42
pluvial	4,94	7,36	17,62	42,12	11,21
LSD 5%	0,35	0,21	0,46	0,12	0,36

Les résultats du **tableau 03** montrent un effet positif de l'irrigation complémentaire dans la plupart des paramètres par rapport aux moyennes enregistrées dans les conditions de stress hydrique, à l'exception de la longueur d'épi en condition irrigué.

2.1.1. L'effet de l'irrigation complémentaire sur la longueur de la feuille étandard :

La longueur des feuilles est un paramètre très sensible au stress hydrique et à la haut température, se stress a considérablement réduit la longueur des feuilles (**Bajji, 1999**).

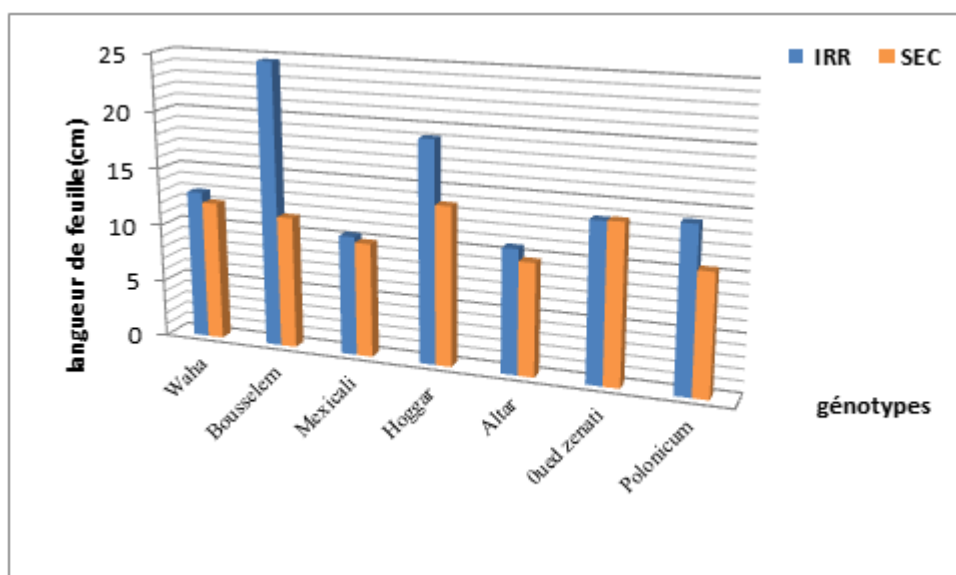


Figure 05: La longueur de feuille étandard chez les sept variétés du blé dur en conditions irriguées et pluviales.

Selon l'analyse de la variance, les résultats de la longueur de la feuille étandard enregistrent une différence très hautement significative entre les sept variétés (Annexe A).

En conditions irriguées, les valeurs de la longueur des feuilles étandard les plus élevées sont enregistrées chez Bousselem avec maximum de 24,59 cm et minimum de 10,34 cm chez Mexicali.

En conditions pluviales, on note chez Hoggar et Oued Zenati les valeurs les plus élevées avec maximum de 13,71. et une valeur minimale de (9,69 chez Altar.

L'étude des résultats (**Figure**), démontre que l'irrigation de complément est amélioré la longueur de la feuille étandard chez les tous variétés étudiés à l'exception de Oued Zenati, et la meilleur amélioration remarquée chez Bousselem et Hoggar qui représentent une différence de (13,16cm) et (5,39cm) respectivement.

Ont confirmé nos résultats avec **Bajji, (1999)**, qui montre que 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.

D'autre part, **Cherfia, (2010)** trouve une corrélation positive entre le rendement et la surface foliaire de la feuille étandard. Ainsi, les variétés de blé étudiées qui se distinguent par les surfaces les plus élevées donnent un rendement en grains très important. Toute fois une diminution de la surface foliaire peut affecter le rendement à cause de la réduction de la capacité photosynthétique (**Lefi et al., 2004**). D'après **Araus et al., (1998)** la sélection pour une surface foliaire large contribue à des améliorations du rendement grain. De ce fait, la sélection pour cette caractéristique privilégie la variété Bousselem.

2.1.1 L'effet d'irrigation complémentaire sur la hauteur de plante :

Les résultats obtenus de cette expérience montrent un effet positif sur la hauteur de plante chez tous les génotypes étudiés (**fig.06**).

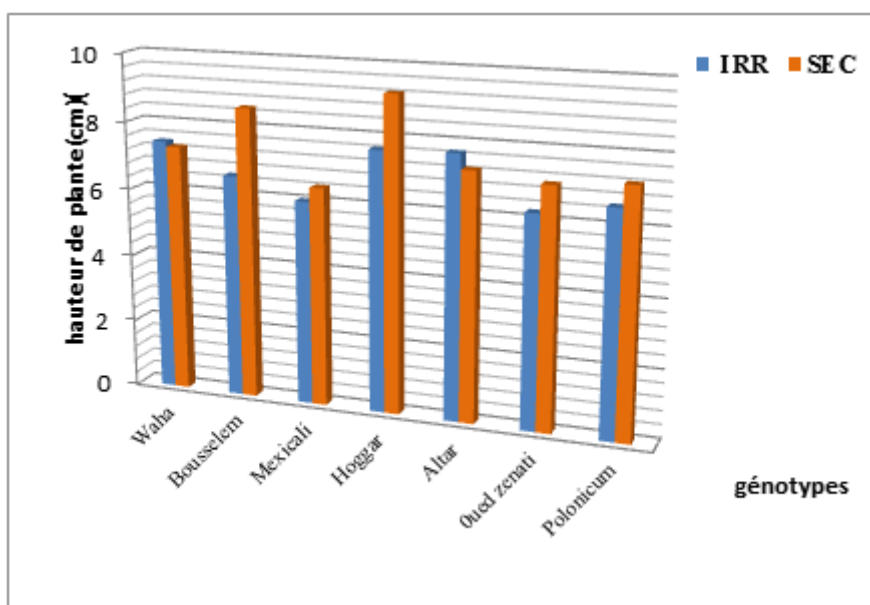


Figure 06 : La hauteur de végétation chez les sept variétés du blé dur en conditions irriguées et pluviales.

Selon l'analyse de la variance, les résultats de la hauteur de végétation enregistrent une différence très hautement significative entre les sept variétés.

En condition irriguées, la valeur la plus élevée est notée chez la variété Altar avec maximum 7,71 cm, et la valeur la plus faible est notée chez la variété Mexicali avec minimum 6 cm.

En condition pluviales, la valeur la plus élevée est enregistré chez la variété Hoggar avec maximum 9,23 cm, et la valeur la plus faible est enregistrée chez la variété Mexicali avec minimum 6,43cm.

Bahlouli et al., (2005), trouve que la hauteur de la plante est considéré comme un critère important dans les zones semi-arides pour leur capacité de stocker et produire des sucres pour le remplissage de grain dans les périodes sèche.

Rebetzke et al., (2002) trouvent que l'importance de la hauteur sous stress est liée à la capacité de croissance du système racinaire en profondeur. De ce fait, une paille haute est souvent associée d'un système racinaire profond ce qui conférerait à la plante une meilleure capacité d'extraction de l'eau du sol. Sur cette base, les résultats des sept génotypes étudiés montrent que la meilleure variété pour cette caractéristique est Hoggar.

2.1.3. L'effet de l'irrigation de complément sur longueur d'épi avec barbe :

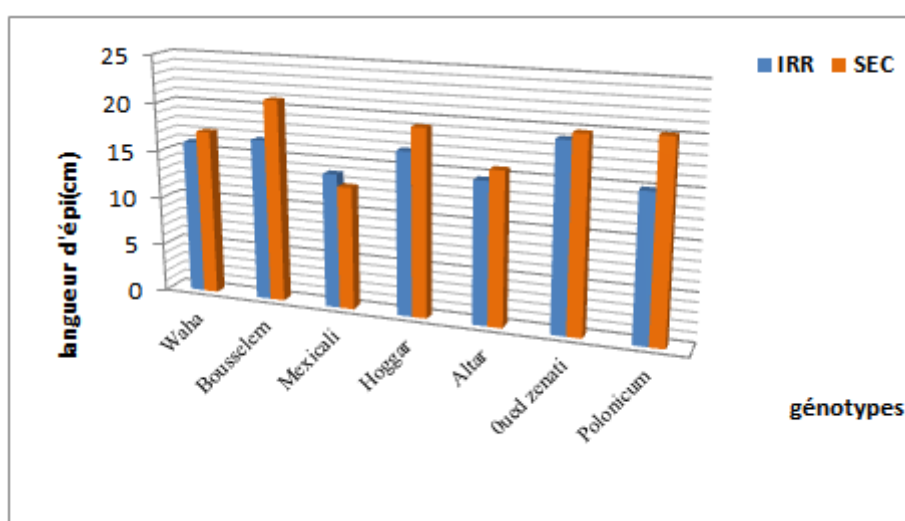


Figure 07 : La longueur de l'épi avec barbe chez les sept variétés du blé dur en conditions irriguées et pluviales.

L'analyse de la variance nous a montré une différence très hautement significative pour la longueur d'épi avec barbe chez les sept variétés étudiée (annexe A).

La **figure07** montrent que les valeurs les plus élevées de la longueur d'épi avec barbe sont observées en conditions pluviales avec maximum de 20,87 cm chez Bousselem et minimum de 12,66 cm chez Mexicali sauf la dernière qui représente une valeur élevée en conditions irriguées qu'en conditions pluviales. Par contre, en conditions irriguées on note chez Oued Zenati une valeur élevée avec maximum de 19,07 cm et une valeur minimale de 13,86 cm chez Mexicali.

La longueur des barbes est un paramètre morphologique qui semble être étroitement lié à la tolérance au déficit hydrique terminal, tout au moins chez le blé dur (**Hadjichristodoulou, 1985**). **Kelaleche, 2018** et **Slama (2002)** mentionne que la variété

ayant la barbe la plus développée, sous contrainte hydrique présente le meilleur rendement. En plus, la présence des barbes augmente l'efficacité d'utilisation de l'eau et l'élaboration de la matière sèche lors de la phase de maturation du grain (Nemmar, 1980). D'après Grignac (1965) et Ali Dib (1992), les barbes arrivent à contribuer pour environ 15% au remplissage du grain du fait qu'à ce moment, elles sont les seuls organes qui restent photosynthétisants.

L'étude des résultats démontre que, l'irrigation de complément a joué un rôle important dans la réduction du degré de stress dans les variétés irriguées par rapport aux variétés non irriguées, les variétés les plus tolérantes au stress sont Hoggar, Bousselem, Polonicum, et Oued Zenati.

2.1.4. L'effet de l'irrigation de complément sur la longueur d'épi sans barbe :

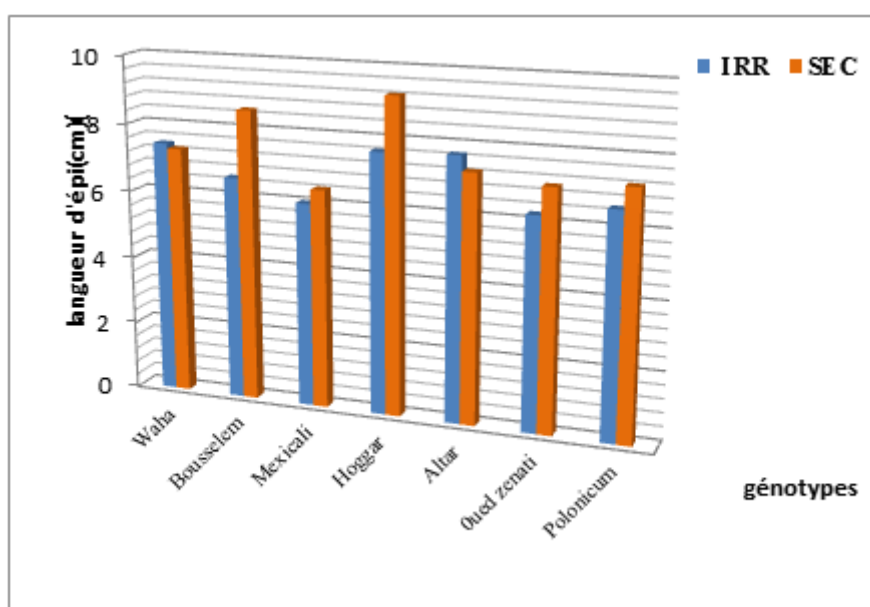


Figure 08 : La longueur de l'épi sans barbe chez les sept variétés du blé dur en conditions irriguées et pluviales.

Selon l'analyse de la variance, les résultats de la longueur d'épi sans barbe enregistrent une différence très hautement significative entre les sept variétés.

En conditions pluviales, La variété Hoggar représente la valeur la plus élevée, avec un maximum 9,23 cm. Par contre, la variété Mexicali représente la valeur la plus faible d'un minimum 6,43.

En condition irriguée, la valeur la plus élevée est notée chez la variété Altar avec maximum 7,71 cm, et la valeur la plus faible est notée chez la variété Mexicali avec minimum 6 cm.

D'après **Blum, (1985)**, l'épi joue un rôle dans la photosynthèse et la production d'assimilés nécessaires au remplissage du grain, quand la dernière feuille devient sénescente, et sa contribution à la photosynthèse de la plante entière serait comprise entre 13% et 76% (**Biscoe et al., 1976**). Ont confirmé nos résultats avec (**Bammoun, 1997**) qui montre que, En cas de stress hydrique, la photosynthèse de l'épi participe relativement plus au remplissage que la feuille étendard. De ce fait, une augmentation de la longueur de l'épi contribue à une augmentation de la capacité photosynthétique.

2.1.5. L'effet de l'irrigation de complément sur la longueur de col :

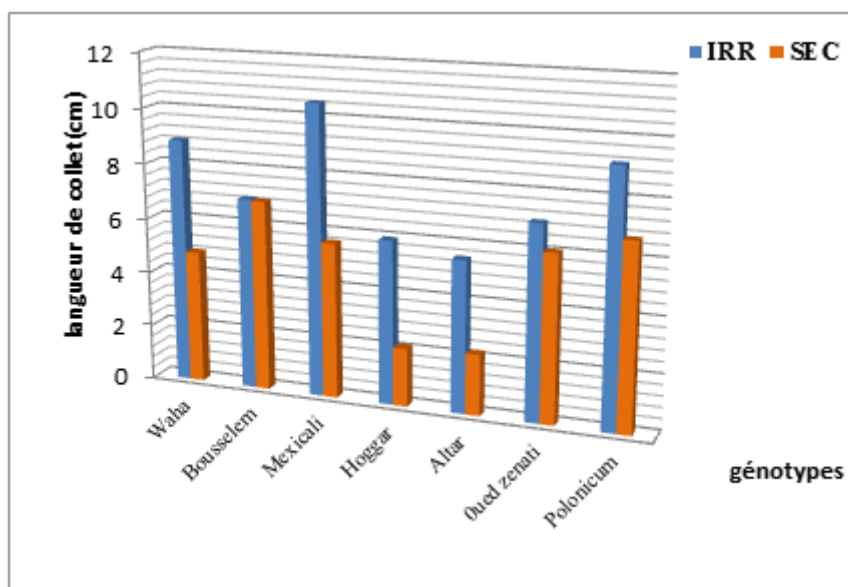


Figure 09: la longueur de col chez les sept variétés du blé dur en conditions irriguées et pluviales.

Selon l'analyse de la variance, les résultats de la longueur de col enregistrent une différence très hautement significative entre les sept variétés (Annexe A).

En conditions pluviales, la valeur la plus élevée est notée chez la variété Mexicali avec maximum 10.5 cm.

Pour le traitement pluvial, la valeur la plus élevée est enregistré chez la variété Altar avec minimum 5,5 cm.

Le col de l'épi est un déterminisme génétique plus important que la hauteur de la plante, a été souvent proposé comme un critère de sélection des génotypes tolérants au stress hydrique (**Fisher et Maurer, 1978**), à cause de la quantité d'assimilât stockés dans cette partie de la plante qui sont susceptibles d'être transportés vers le grain (**Gate et al., 1992**).

Selon **Ehdaie et al., (2006)** un col long de l'épi, plein, est aussi intéressant comme caractère adaptatif dans les milieux caractérisés par les stress abiotiques.



Conclusion

Conclusion et perspectives:

Les résultats obtenus, montre que l'irrigation de complément améliore la longueur de collet et la longueur de feuille étandard, la meilleur amélioration est observée chez la variété Mexicali et Polonicum et Waha pour la longueur de col, Bousselem et Hoggar pour la longueur de feuille étandard.

L'étude de la réponse à l'irrigation de complément chez les sept variétés de blé dur testées révèle l'existence d'une grande variabilité pour la plupart des paramètres mesurés. L'effet de l'irrigation de complément est bien marqué entre les sept variétés de blé dur. Nous avons étudié la réponse de ces sept variétés de blé dur à l'irrigation de complément, par analyse comparative de quelques paramètres morphologiques. Les résultats qui peuvent être tirés sont regroupés dans les points suivants :

- La longueur de la feuille étandard, la longueur de col, augmentent dans les variétés sous conditions irriguées et diminuent dans les variétés sous conditions pluviales c'est le cas de Bousselem, Hoggar, Mexicali, et Waha. D'autre part, une augmentation de la longueur des barbes et d'épis et hauteur de végétation est observée chez les variétés sous conditions pluviales plus que les variétés sous conditions irriguées citant le cas de Hoggar, Polonucum, et Oued Zenati.

- L'application de l'irrigation de complément améliore la capacité d'adaptation au stress hydrique chez les sept variétés mais avec fréquences différentes.

- Dans le cadre d'un travail futur, il serait souhaitable :

- D'utiliser plusieurs variétés.

- Vérifier les résultats sur champ.

- D'étudier les composants du rendement.

- D'appliquer une ou plusieurs irrigations à des stades critiques de la croissance de la plante.

- De compléter le travail par des études de biologie moléculaire pour identifier les gènes responsables à la variabilité entre les différents génotypes.

Référence bibliographique

قندوز ع. 2014. تقييم علاقة بعض المؤشرات الضوئية و سلوك القمح الصلب تحت تأثير انظمة سقي مختلفة. أطروحة دكتوراة العلوم. كلية علوم الطبيعة والحياة. جامعة سطيف -1. 138ص.

قلال ش. 2018. دراسة استجابة بعض اصناف القمح الصلب للمناخ شبه الجاف- برج بوعريبيج. دكتوراه العلوم ببيولوجيا النبات. جامعة فرحات عباس- سطيف [1].

- **Ali Dib, T., Monneveux, P., & Araus, J.L. (1992).** *Adaptation à la sécheresse et notion d' "idéotype chez le blé dur. II : caractères physiologiques d' "adaptation. Agronomie, 12 :381-393.*
- **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.*
- **Bahlouli F., Bouzerzour H. and Benmahammed A. 2005.** *Selection of stable and high yielding cultivar of durum wheat under semi – arid conditions. Pakistan Journal of Agronomy 4 (4): 360-365.*
- **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.*
- **Ben Naceur, M., Nailly, M., & Selmi, M. (1999).** *Effet d'un déficit hydrique, survenant à différents stades de développement du blé, sur l'humidité du sol, la physiologie de la plante et sur les composantes du rendement. MEDIT, 2 : 53-60.*
- **Bernard R. 2006.** *L'eau et la vie. (éd).Dauphin. Paris : 13- 59 p.*
- **Blum A., 1985.** *Photosynthesis and transpiration in leaves and ears of wheat and barley varieties. J. exp. Bot, 36: 432-440.*
- **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.*
- **Bouthiba A., 2007 :** *Optimisation de l'irrigation de complément du blé dans la région de Chlef.Mém.Doctorat. Institut National Agronomique. El-Harrach, Alger.22.28p*
- **Bouthier, A., J. M. Deumier, and J.P. Bonnifel., 2000 :** *Gérer les ressources en eau Optimiser l'irrigation des céréales. Persp. Agric. N° 256.*
- **Bozzini A. 1988.** *Origin, distribution, and production of durum wheat in the world. Dans Fabriani G. et C. Lintas (Ed.). Durum: Chemistry and Technology. AACC (Minnesota), États-Unis. p. 1-16.*
- **Cherfia R., 2010.** *Etude de la variabilité morpho-physiologique et moléculaire d' "une collection de blé dur algérien (Triticum durum Desf.). Mémoire de Magister, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Département de Biologie et Ecologie. Université Mentouri, Constantine. 77p.*
- **Clarke J.M., Norvell W.A., Clarke F.R. and Buckley T.W. 2002.** *Concentration of cadmium and other elements in the grain of near-isogenic durum lines. Can. J. Plant Sci. Revue canadienne de phytotechnie 82: 27-33.*
- **Djekoun A. & planchon C. 1992.** *Stomatal conductance photosynthesis and acetylene reduction rate in Soybean genotypes.Can. J.Plant sci.72: 383 - 390 p.*

du Développement Rural. 23 pages.

- **FAO. (2020).** *Perspectives alimentaires. Analyse des marches mondiales.*
- **Feldman M., ER. Sears. 1981.** *The wild gene resources of wheat. Sci. Am.244 : 98–109.*

Référence bibliographique

- **Fellah, A., Bouzerzour, H., Benmahammed, A., Djekoun, A. (2002).** *Sélection pour améliorer la tolérance aux stress abiotiques chez le blé dur (Triticum turgidum L. var. durum). Actes de l'IAV, Hassan II (Maroc), 22: 161-170.*
- **Feuillet P, (2000).** *Le grain de blé, composition et utilisation. Ed INRA. Paris : 88-199.*
- **Gate P. et Giban M. 2003.** *Stades du blé. Ed. Paris, ITCF, 68p.*
- **Grandcourt M.C. et Prats J. 1970:** *Les céréales. 2ème édition, Revue et Augmentée. Editeurs Baillière et Fils, p. 22.*
- **Guendouz A., Guessoum S., Maamari K., Hafsi M., 2012.** *The Effect of Supplementary Irrigation on Grain Yield, Yield Components and Some Morphological Traits of Durum Wheat (Triticum durum Desf.) Cultivars. Advances in Environmental Biology. 6(2) : 564-572.*
- **ICARDA., 1986 :** *Annuel Repport. Aleppo.Syrie. (Master of Science, IAMM, 2008, Série Thèses & Masters n°93) 45-51.*
- **Kiliç H. and Yağbasanlar T., 2010.** *The Effect of Drought Stress on Grain Yield, Yield Components and some Quality Traits of Durum Wheat (Triticum turgidum ssp. durum) Cultivars, Not. Bort. Agrobot. Cluj., 38: 164-170.*
- **Laberche J-C . 2004.** *La nutrition de la plante In Biologie Végétale. Dunod. 2e (éd). Paris: 154 -163 p.*
- **Leclerc J.C. 1999.** *Ecophysiologie végétale. Publication de l'université de Saint Etienne. Paris: 283 p.*
- **Lefi E., Gulias J., Cifre J., Ben Yones M. and Medrano H., 2004.** *Drought effects on the dynamics of leaf production and senescence in field-grown Medicago arborea and Medicago citrina. Ann.Appl. Biol, 144: 176 -196.*
- **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.*
- **MADR.,2020.** *Ministère de l'Agriculture et du développement rural, statistiques agricoles.*
- **Mazouz L. 2006.** *Etude de la contribution des paramètres phéno-morphologiques dans l'adaptation du blé dur (Triticum durum Desf.) dans l'étage bioclimatique semi -aride .Mémoire de Magistère. Déprt.Agronomie. Université Hadj Lakhdar, Batna ,70p.*
- **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.*
- **Nemmar, M. 1980.** *Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé dur (Triticum durum Desf.) et chez le blé tendre (Triticum.aestivum L.) : étude de l'accumulation de la proline sous l'effet du stress hydrique. thèse D.A.A. ENSA. Montpellier. France. 65 p.*
- **Passioura J. B., 1977.** *Grain yield, harvest index and water use of wheat. J.Aust. Inst. Agric. Sci.,43:117-120.*
- **Rebetzke G. J., Condon R. A., Richards R.A. and Farquhar G. D., 2002.** *Selection for reduced carbon isotope discrimination increases aerial biomass and grain yield of rain-fed bread wheat, Crop Sci., 42: 739 -745.*
- **Rharrabti,Y., C. Royo, D. Villegas, N. Aparicio, and L.F. GarcíadelMoral., 2003:** *Durum wheat quality in Mediterranean environments I. Quality expression under different zones, latitudes and water regimes across Spain. Field Crops Res.80: 1236131.*

Référence bibliographique

- **Siddique, K., 2001:** *Water use and water use efficiency of cool season grain legumes in low rainfall Mediterranean-type environments. Eur. J. of Agron.* 267-280.
- **Slama, A. 2002.** *Étude comparative de la contribution des différentes parties du plant du blé dur dans la contribution du rendement en grains en irrigué et en conditions de déficit hydrique. Thèse de doctorat en biologie, faculté des sciences de Tunis.*
- **Soltner D., 1998.** *Les grandes productions végétales : céréales, plantes sarclées, prairies. Sainte-Gemme-sur-Loire, Sciences et Techniques Agricoles éd. 464p.*
- **Soltner D. 2005.** *Les grandes productions végétales. 20ème Ed. Collection science et techniques agricoles, pp: 303-308.*
- **Subbarao, G.V. Johansen, C., Slinkard, A.E., Nageswara, R.C., Saxena, N.P., Chauhan, Y.S. 1995.** *Strategies for improving drought resistance in grain legume. Crit Rev Plant Sci.* 14 : 469-523.
- **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 p.*
- **Ali Dib T., 1992 :** *Contribution à l'étude de la tolérance à la sécheresse chez le blé dur, étude de la diversité des caractères phénologiques d'adaptation. Thèse de doctorat en Sciences Agronomiques ENSA. Montpellier (France), 253p.*
- **Abbassenne F., 1997 :** *Etude génétique de la durée des phases de la durée des phases de développement et leur influence sur le rendement et ses composantes chez le blé dur (triticum durum Desf.). Thèse magister, INA Alger , 81p.*
- **Ait Kaki S., 2008 :** *Contribution à l'étude de l'interaction génotype x milieu, pour la qualité technologiques chez le blé dur en Algérie. Thèse doctorat, Université de Annaba, 174p.*
- **Bebba S., 2011 :** *Essai de comportement de deux variétés de blé dur (Triticum durum L. var. Carioca et Vitron) conduite sous palmier dattier au niveau de la région de Ouargla. Diplôme d'Ingénieur d'état en Agronomie Saharienne. Univ. Kasdi Merbah, Ouargla. 5p.*
- **Bennaceur M., Nailly, M., et Selmi, M., 1999 :** *Effet d'un déficit hydrique, survenant à différents stades de développement du blé, sur l'humidité du sol, la physiologie de la plante et sur les composantes du rendement. MEDIT, n. 2, p. 53-60.*
- **Bousba R., Ykhlef N. & Djekoun A., 2009:** *Water use efficiency and flag leaf photosynthetic response to water deficit of durum wheat (Triticum durum Desf.). World Journal of Agricultural Sciences* 5. 5: 609 -616 p.
- **Bouthiba A., 2007 :** *Optimisation de l'irrigation de complément du blé dans la région de Chlef. Mém. Doctorat. Institut National Agronomique. El-Harrach, Alger. 22.28p.*
- **Bouthier, A., J. M. Deumier, and J.P. Bonnifel., 2000 :** *Gérer les ressources en eau Optimiser l'irrigation des céréales. Persp. Agric. N° 256.*
- **Bouthiba A., Debaeke P., 2001 :** *Besoins en eau de différentes variétés de blé dur en condition semi-arides. LRBN, Laboratoire de recherche Bioressources Naturelles, Faculté des sciences agronomique et biologique, Université Hassiba Benbouali, BP151, Chlef (Algérie), Email : bouthiba_aek62@yahoo.fr Relations eau-production agricole p 188-195.*

Référence bibliographique

- **Baghem O., 2012** : *Effet des Techniques Culturelles sur la Biodiversité Faunistique des céréales dans la zone semi-arid. Thèse de Magister, Université de Sétif, 75p.*
- **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. (Mémoire Mouellef A., 2010).37p.*
- **Blum A., 1985**: *Photosynthesis and transpiration in leaves and ears of wheat and barley varieties. J. exp. Bot, 36: 432-440.*
- **Biscoe P. V., Gallagher, J., Littleton, E. J., Monteith, J. L., & Scott, R. K., 1976**: *Barley and its environment. Sources of assimilates. J Appl Ecol, 12: 295-302.*
- **Bammoun, A., 1997** : *Contribution à l'étude de quelques caractères morpho- physiologiques, biochimiques et moléculaires chez des variétés de blé dur (Triticum turgidum ssp durum.) pour l' étude de la tolérance à la sécheresse dans la région des hauts plateaux de l' Ouest Algérien. Thèse de Magister, pp 1-33.*
- **Feillet P., 2000** : *Le grain de blé dur : composition et utilisation. INRA. Paris.*
- **Grennan A.K., 2006**: *High Impact Abiotic Stress in Rice. An "Omic" Approach; Plant Physiol, April 2006, Vol. 140, pp. 1139–1141.*
- **Gandouz A., 2014** : *L'évaluation de certains indicateurs optiques liés au comportement de le blé, sous l'influence de différents systèmes d'irrigation. Diplôme de doctorat.Univ.Ferhat Abbas Sétif 1.35p.*
- **Hopkins, W. G., 2003** : *Physiologie végétale. 2ème édition. De Boeck, Bruscelles: 61-476.*
- **Hadjichristodoulou A., 1985**: *Stability of Performance of Cereals in Low- Rain fall Areas as Related to Adaptive Traits. Drought Tolerance in Winter Cereals Proceedings of an International Workshop, 27-31 October, Capri, Italy, 191-199.*
- **ICARDA., 1986** : *Annuel Repport. Aleppo.Syrie.*
- **Mouna E, Said M, Mounsif B, Nasserelha O. N., 2010**: *Effet du stress hydrique sur la repartition ionique dans les feuilles et les racines du blé dur (Triticum durum).*
- **Martinez JP; Silva H; Ledent JF & Pinto M., 2007**: *Effect of drought stress on the osmotic adjustment, cell wall elasticity and cell volume of six cultivars of common beans (Phaseolus vulgaris L.) European journal of agronomy. Jan., Vol. 26,1,p. 30-38.*
- **Mziani L., Bamoun A., Hamou N., Brinis L., & Mounneveux P., 1993** : *Essai de définition des caractères d'adaptation de blé dur des différentes zones agroclimatiques de l'Algérie. In : Tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéennes. Diversité et amélioration variétales. P. monneveux and M. Bensalem (eds). Les colloque , 64.INRA.Paris 191-203.*
- **Nachit M., 1994**: *Germplasm program cereals : productivity and yied stability. In: Cérail improvement program Annual Repport. ICARDA, Alpos, Syria. 116p.*
- **Office National de la Météorologie., 2017** : *Station bordj Bou Arreridj.*
- **Richards, R.A., Rebetek G.J., Condon, A.G., Van Herwaarden, A.F., 2002** : *Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. Crop Sci. 42: 111-121.*
- **Schuhwerk D., A.Nakhforoosh, S.Kutshka, G.Bodner, H.Rausgruber., 2011** : *Field-screening of durum wheat (Triticum durum Desf.) for drought tolerance. In Tagung der Vereinigung der*

Référence bibliographique

- Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs. 2010, p. 147-154. LFZ Raumberg-Gumpenstein, Irdning, Austria.*
- **Ykhlef N., 2001.** *Photosynthèse, Activité photochimique et tolérance au déficit hydrique chez le blé dur (Triticum durum ; Desf).* Thèse de doctorat. Univ. Mentouri .Constantine.
 - **Bozzini, A. (1988).** *Origin, distribution and production of durum wheat in the world.*
 - **Boulal, H., Zahgouane, O., El Mourid, M., Rezgui, S. (2007).** *Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie).* Ed. ITGC, INRA, ICARDA. 176P.
 - **Bahlouli, F., Bouzerzour, H., Benmahammed, A. (2005).** *Selection of stable and high yielding cultivar of durum wheat under semi-arid condition. Pakistan journal of Agronomy, 4: 360-365.*
 - **Bernard, R. (2006).** *L'eau et la vie. (éd).Dauphin. Paris : 13- 59 p.*
 - **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.*
 - **Grignac, P. (1978).** *Amélioration variétale de blé dur (Triticum durum Desf.).Annale de l'INA (El – Harrach) ,83 -110.*
 - **Gate, P., Bouthier A., Casabianca, H. & Deleens, E. (1993).** *Caractères physiologiques décrivant la tolérance à la sécheresse des blés cultivés en France : interprétation des corrélations entre le rendement et la composition isotopique du carbone des grains. Colloque Diversité génétique et amélioration variétale Montpellier (France). Les colloques. 64. Inra. Paris.*
 - **Guettoche, R. (1990).** *Contribution à l'identification des caractères morphophysiologiques d'adaptation à la sécheresse chez le blé dur (Triticum durum Desf).* Thèse diplôme d'agronomie approfondie.
 - **Herve Y., (1979).** *Introduction à l'amélioration des plantes. Cours. École nationale supérieure agronomique de Rennes.*
 - **Hamed, M. (1979).** *Plantes et culture des cultures céréalières, les cultures légumineuses. Syria.*
 - **Monneveux, P. 1991.** *Quelle stratégie pour l'amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique des céréales d'hiver, In : Chalbi Demarly Y. éd. L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. Ed. AUPELF-UREF. John Libbey. ENSA-INRA,165- 186.*
 - **Mouellef, A (2010).** *Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (Triticum durum Desf.) au stress hydrique. Thèse de Magister en Biotechnologie végétale. Université Mentouri, Constantine.*
 - **Soltner, D. (1990).** *Les grandes productions végétales. 17ème édition. Science et technique agricoles. France, 21-25.*
 - **Slyter, R. (1974).** *The effect of internal water status on plant growth development and yield In: plant responses to climatic factors. Proc.of upsal simpium, Unesco.*
 - **Tsimilli-Michael, M.M., Pêcheux, R.J., Strasser. (1998).** *Vitality and stress adaptation of the symbionts of coral reef and temperate foraminifers probed in hospite by the fluorescence kinetics O-J-I-P. Archs. Sci. Genève, 51: 205 – 240.*

Référence bibliographique

- **Araus J. L., Tapia L., Alegre L. (1989).** *The effect of changing sowing date on leaf structure and gas exchange characteristics of wheat flag leaves grown under mediterranean climate condition. Journal of experimental Botany, vol. 40, n° 215, 639-646.*
- **Amigues J. P., Debaeke P., Itier B., Lemaire G., Seguin B., Tardieu F., Thomas A. (2006).** *Sécheresse et agriculture. Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau. Expertise scientifique collective, Rapport, INRA (Fr).*
- **Boufenar-zaghofane F. et zaghofane O. (2006).** *Guide des principales variétés de céréales à paille en algérie (blé dur, blé tendre, orge et avoine) 1ère édition. Alger : ECRIE. 154p.*
- **Benkolli M. et Bouzeghaia B. (2016).** *Etude biochimique de dix variétés de blé dur (Triticum durum Desf.) Sous l'effet d'un stress oxydatif généré par un stress hydrique. Mémoire Université Mentouri Constantine. P : 1-23.*
- **Bouthiba A. A., Debaeke P., Hamoudi S. A. (2010).** *Varietal differences in the response of durum wheat (Triticum turgidum L. var. durum) to irrigation strategies in a semi-arid region of Algeria. Irrigation Science. 26: 239-251.*
- **Blum A. (1988).** « *Plant breeding for stress environments* » in « *Evaluation de la variabilité génétique des caractères d'adaptation à la sécheresse chez les espèces tétraploïdes sauvages et cultivées du blé* » (Al Hakimi, A). Thèse pour l'obtention du diplôme de l'école pratique des hautes études (ENSA, INRA de Montpellier).
- **Bensalem et al. (1991) . 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.*
- **FUKAI S., PANTUWAN G . JONGDEE B ., COOPER M. (1999).** *Screening for drought resistance in raifedrice .Edit .filed corps res . vol .64,pp 61-74.*
- **Issaad G. (2013).** *Statut nutritionnel et plasticité de réponse aux stress chez un modèle végétale (Triticum durum Desf.). Thèse. Université Badji Mokhtar. ANNABA. P : 15-16-21-22-27-33-35.*
- **Jones , (1980) . Jones M. M., Osmon B., and Turner N.C. 1980.** *Accumulation of solutes in leaves of sorghum and sunflower in response to water deficits. Aust J Plant Physiol, 7: 193-205.*
- **Leonardis A. M., Marone D., Mazzucotelli E., Neffar F., Rizza F., Di Fonzo, N., et Mastrangelo A. M. (2010).** *Durum wheat genes up-regulated in the early phases of cold stress are modulated by drought in a developmental and genotype dependent manner. Plant science, 172(5), 1005-1016pp.*
- **Mouhouche B. & Boulassel A. (1997).** *Gestion rationnelle des irrigations des compléments des cultures de légumineuses alimentaires et céréales. Recherche agronomique. INRA. 1: 21-31p.*
- **Turner M. G., Gardner R. H., O'Neill R. V. (2001).** *Landscape Ecology in Theory and Practice. New York: Springer-Verlag. 401 pp.*
- **Annicchiarico P., Abdellaoui Z., Kelkoulim M., Zerargui H., 2005.** *Grain yield, straw yield and economic value of tall and semi-dwarf durum wheat cultivars in Algérie. J. Afr. Sci- 143: p 57-64.*
- **Bouzerzour H., Benmahammed A., Benbelkacem A., Hazmoune T., Mimoune, H., Bourmel S., Mekhlouf A. 2000.** *Stabilité des performances et caractéristiques phenol-morphologiques de quelque*

Référence bibliographique

varieties de blé dur (Triticum durum Desf.) issue d'une sélection multilocale. Proc. du premier Symposium International sur la Filière Blé-Enjeux et stratégie, Alger, 7-9 Février, 2000.p178-184.

- **Bouhabke O., Tardieu F., Simounneeu T., 2006.** *Leaf growth and turgor in growing cells of maize(Zea maysL) respond to evaporative demand in well- watered but not in water saturated soil- Plant cell and Environment 29:1138-1148.*
- **Madr., 2011.** *Annuaire statistiques du Ministère de l' Agriculture et du Développement Rural.*

Annexe A : Analyse comparative des moyennes de la (longueur de feuille étandard, hauteur de la plante, longueur d'épi, longueur d'épi avec barbe, longueur de collet, en condition irriguée.

Variations	DDL	LFE	HPT	LC	LE	LB
Block	2	0.057 ^{ns}	0.011 ^{ns}	0.086 ^{ns}	0.72 ^{ns}	0.072 ^{ns}
Génotype	6	68.09***	233.004** *	17.08***	20.52***	3.26***
irrigation	1	186.48***	711.77***	93.30***	38.47***	1.80***
G x I	6	16.85***	29.79***	10.58***	7.18***	1.003***
Erreur	26	0.32	0.0403	0.31	0.53	0.11
Total	41	46.41	152.57	17.30	13.74	1.83
CV (%)		4.30	0.43	8.70	4.40	4.82
Les moyennes qui représente la même lettre are non significatif différent à p<0.05, **,***: Significatif à 1 et 0.1% respectivement, ns: non significatif.						

Annexes B: les paramètres morphologiques (longueur de feuille étandard, hauteur de la plante , longueur de collet , longueur d'épi , longueur d'épi avec barbe , chez les sept variétés étudiés en conditions irriguée et pluviale.

Genotype	LFE	HPT	LC	LE	LB
Waha	12,46	43,28	7,46	7,43	16,08
Bousselem	19,36	46,85	7,28	7,95	18,45
Méxicali75	10,75	39,83	8,58	6,11	13,73
Hoggar	16,16	42,4	4,45	8,13	17,4
Altar84	9,55	42,36	4,5	7,18	14,93
Oued Zenati	12,95	51,58	5,16	6,71	18,76

Polonicum	12	57,4	7,61	6,58	17,33
Mean	13,32	46,24	6,43	7,15	16,67
Min	9,55	39,83	4,45	6,11	13,73
Max	19,36	57,4	8,58	8,13	18,76
LSD _{5%}	0,68	0,23	0,66	0,41	0,87

Résumé

Le blé dur est considéré comme une culture stratégique en Algérie. Toutefois, la croissance de cette culture et l'amélioration de son rendement sont limités par le manque d'eau et la température élevée. L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet de l'irrigation de complément sur quelques paramètres morphologiques, de sept variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) cultivées en plein champ sous un climat semi-aride (El Oued Lakhdar - El-hamadia). L'analyse statistique des données a confirmé que l'irrigation de complément améliore chez les sept variétés la longueur de la feuille étendard, la longueur de collet, particulièrement les variétés Bousselem, Mexicali, et Waha. Par contre le stress hydrique diminue ces paramètres et augmente en revanche la longueur d'épi avec barbe et la longueur d'épi sans barbe, la hauteur de végétation, particulièrement les variétés Hoggar, Polonocum, et Oued zenati.

Mots clé : Blé dur, l'irrigation de complément, Paramètres morphologiques, stress hydrique.

ملخص

يعتبر القمح الصلب كمحصول استراتيجي في الجزائر. ومع ذلك، فإن نمو هذا المحصول وتحسين أدائه محدود بسبب نقص المياه ودرجة الحرارة المتفاوتة. والهدف من هذا العمل هو دراسة تأثير الري التكميلي على بعض المزايا المورفولوجية، لسبعة أصناف من القمح الصلب زرعت في مناخ شبه جاف (الوا دالاخضر - الحمادية) اين أكد التحليل الاحصائي للبيانات أن الري التكميلي حسن في سبعة أصناف طول تم الحصول على النتائج التالية ورقة العلم، طول عنق السنبله، نخص بالذكر الصنف بوسالم و ماكسيكالي و واحه، وبالمقابل فان الإجهاد المائي يقلل من هذه المزايا ويزيد من جهة أخرى طول السنبله، طول السنبله مع السفا و طول النبات، نخص بالذكر كل من بولونيكوم و واد زناتي و هقار .

كلمات البحث: القمح الصلب، الري التكميلي، مزايا مورفولوجية، اجهاد مائي.

Abstract:

Durum wheat is considered as a strategic crop in Algeria. However, the growth of this crop and the improvement of its yield are limited by the lack of water and the irregular temperature. The objective of this work is to study the effect of complementary irrigation on some morphological parameters of seven varieties of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) grown in open fields under a semi- Arid climate (El Oued Lakhdar - El-hamadia) where following results were obtained: Statistical analysis of the data confirmed that improved complement irrigation in the seven varieties, flap leaf length, col length, citing Bousselem, and Mexicali and Waha. By reducing water stress, these parameters are decreased and. On the other hand, vegetation height, the length of beard and ear, are cited as Hoggar, Polonocum, and Oued zenati.

Keywords: Durum wheat, complement irrigation, morphological parameters, water deficit.