

UNIVERSITE MOHAMED EL BACHIR EL IBRAHIMI
BORDJ BOU ARRERIDJ

UNIVERSITY MOHAMED EL BACHIR EL IBRAHIMI
BORDJ BOU ARRERIDJ

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 الأرض والكون

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

قسم العلوم البيولوجية

Département des Sciences Biologiques



UNIVERSITE MOHAMED EL BACHIR EL IBRAHIMI
BORDJ BOU ARRERIDJ

UNIVERSITY MOHAMED EL BACHIR EL IBRAHIMI
BORDJ BOU ARRERIDJ

Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine Des Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biotechnologie et Protection des Végétaux

Thème

Effet de l'irrigation de complément sur quelques paramètres morpho-physiologiques et biochimiques de sept variétés du blé dur (*Triticum durum* Desf) cultivées à BBA (El Hamadia)

Présenté par : - Boucenna Faiza

- Belkhiri Chaima

Devant le jury :

Président : M^{me} Laoufi H. M.A.A (Université de Bordj Bou Arreridj)

Encadrant : M^{me} Kelaleche H. M.A.A (Université de Bordj Bou Arreridj)

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

Année universitaire : 2016/2017

Remerciement

Avant tout, nous remercions ALLAH tout puissant, De nous avoir accordé la force, le courage, la volonté et la patience pour terminer ce travail.

Nous remercions également :

M^{me} Laoufi . H pour avoir fait l'honneur de présider le jury de ce travail.

M^{me} Chourghal . N pour nous a fait en acceptant d'examiner ce travail.

Nous voudrions remercier du fond du cœur M^{me} Kelaleche.

H Pour avoir de bien voulu de nous encadrer, son implication personnelle, son soutien, sa patience, son aide, ses conseils et encouragements pour réaliser ce travail.

Nous gratitude ira également à M^r LAABACHI.

Nos sincères remerciements vont également aux enseignants de spécialité Biotechnologie et Protection des Végétaux, et tous les enseignants de la faculté Sciences de la Nature et de La Vie. Université Mohamed El Bachir-El Ibrahimí.

Bordj Bou Arreridj.

Nous remercions également toutes les personnes qui nous ont aidées, de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.

Merci



Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A ma très chère mère :

*Affable, honorable , Tu représentes pour moi le symbole
de la bonté par excellence, la source de tendresse et
l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de
m'encourager et de prier pour moi.*

A mon frère Ahmed et sa petit fil hamoud.

*A ma sœur Rima, et son époux fodèl et leurs enfants
Mohamed et youcef.*

*A ma sœur Choubaila ,et son époux Nassir et leurs petite
fille salsabil.*

A ma petite sœur Koko.

A mon mari Mounir et la famille «saïd jaat».

Et à « zoubidaaat » mes chères amies Lilya, Faiza.

*Toute ma gratitude à mes collègues de promotion ainsi
qu'à d'autres étudiants.*

A toutes les personnes que je connais et je n'ai pas citées.

** Chaïma **



Dédicace

Je dédie ce mémoire.

A mes chers parents :

Sources de mes joies, secrets de ma force.

Vous serez toujours le modèle.

Papa, dans ta détermination, ta force et ton honnêteté.

Maman dans ta bonté, ta patience et ton dévouement pour Nous.

Merci d'être tout simplement mes parents.

Mes frères : Tahar, Hamoud, et Mouhamed amin.

Mon très cher mari lotfi qui a toujours aimé me voire réussir.

mes chères amies « zoubidat » Lilya, chaima .

*Toute ma gratitude à mes collègues de promotion ainsi qu'à
d'autres étudiants.*

*Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet
soit possible, je vous dis merci.*

Faíza

Sommaire

Résumé

Liste des Figures

Liste des Tableaux

Liste des Abréviations

Introduction 01

Partie I : Etude bibliographiques

Chapitre I : Le blé dur

I.1. Généralités sur le blé dur..... 03

I.2. Historique et origine du blé dur 03

 I.2.1. Historique 03

 I.2.2. Origine 03

I.3. Importance et production du blé dur..... 04

 I.3.1. Dans le monde..... 04

 I.3.2. En Algérie 05

I.4. Caractéristiques morphologiques du blé dur 06

 I.4.1. Le grain 06

 I.4.2. Appareil végétatif 06

 I.4.3. Appareil reproducteur 07

I.5. Cycle de développement du blé dur..... 07

 I.5.1. Semis-levée 07

 I.5.2. Le tallage 07

 I.5.3. La montaison..... 08

 I.5.4. L'épiaison 08

 I.5.5. La floraison 09

 I.5.6. Le remplissage du grain..... 09

I.6. Exigences pédoclimatiques du blé dur..... 10

 I.6.1. Température 10

I.6.2. Eau.....	11
I.6.3. Lumière.....	11
I.6.4. Sol.....	11

Chapitre II : Le stress hydrique

II.1. Notion de stress	12
II.2. Définition de stress hydrique	12
II.3. Stades critiques du blé vis-à-vis de l'eau	12
II.4. Effets du stress hydrique sur le végétal.....	13
II.4.1. Effet du stress hydrique sur la photosynthèse	13
II.4.2. Effet du stress hydrique sur la croissance et le développement du blé.....	14
II.4.3. Effet du stress hydrique sur le rendement.....	14
II.5. Mécanismes d'adaptation de la plante au stress hydrique.....	15
II.5.1. Adaptation phénologique	15
II.5.2. Adaptation morphologiques	15
II.5.3. Adaptation physiologiques	16
II.5.4. Adaptation biochimiques	17

Chapitre III : Irrigation de complément

III.1. Définition.....	18
III.2. Importance et but de l'irrigation de complément.....	19
III.3. Périodes d'intervention.....	19
III.3.1. Irrigation en début de cycle.....	20
III.3.2. Irrigation en fin de cycle.....	20
III.4. Impact sur les composantes de rendement.....	21

Partie II : Etude expérimentale

Chapitre I : Matériel et méthodes

I.1. Objectif de l'étude	22
I.2. Description de site expérimental	22
I.3. Les conditions pédoclimatiques.....	22

I.3.1. sol.....	22
I.3.2. climat.....	22
I.4. Matériel utilisées	24
I.4.1. Matériel végétal	24
I.4.2. Matériel d'irrigation.....	25
I.5. Dispositif expérimental.....	25
I.6. Les paramètres étudiés	26
I.6.1. Les paramètres morphologiques.....	27
I.6.2. Les paramètres physiologiques.....	28
I.6.3. Les paramètres biochimiques.....	30
I.7. Etude statistique	34

Chapitre II : Résultats et discussion

II.1. Interprétation des résultats	35
II.1.1. Variation des paramètres morphologiques	35
II.1.2. Variation des paramètres physiologiques	41
II.1.3. Variation des paramètres biochimiques	46

Conclusion et perspectives	49
---	-----------

Références Bibliographiques

Annexes

LISTE DES FIGURES

Figure 01. Origines génétiques des différentes espèces de blé	04
Figure 02 : Etapes de la phase levé	07
Figure 03 : Phase de tallage	07
Figure 04: La phase de Montaison- Gonflement.....	08
Figure 05: Stade épiaison.	08
Figure 06 : Stade de maturation du grain	09
Figure 07 : Image satellitaire de la région d'Oued Lakhdar (El Hamadia).....	22
Figure 08 : Diagramme ombrothermique de site expérimental Oued Lakhdar 2016/2017	23
Figure 09 : Schéma du dispositif expérimental de l'essai mis en place sur la région d'El oued lakhdar au cours de la campagne agricole 2016/2017	26
Figure 10 : La longueur de la feuille étendard	27
Figure 11: La hauteur de végétation.....	27
Figure 12: Longueur de l'épi avec barbe	28
Figure 13: Longueur de l'épi sans barbe	28
Figure 14: Les principales étapes à suivre pour déterminer la teneur en eau.....	29
Figure 15 : Etapes à suivre pour le dosage des pigments chlorophylliens.....	30
Figure 16: Etapes à suivre pour le dosage de la proline.....	32
Figure 17: Courbe étalon du dosage de la proline.....	32
Figure 18: Dosage des sucres solubles.....	33
Figure 19: Courbe étalon du dosage des sucres solubles	33
Figure 20 : La longueur de la feuille étendard chez les sept variétés du blé dur en condition irriguée et pluvial.	36
Figure 21 : La hauteur de végétation chez les sept variétés du blé dur en condition irriguée et pluvial	37

Figure 22 : La longueur de l'épi avec barbe chez les sept variétés du blé dur en condition irriguée et pluvial.	38
Figure 23 : La longueur de l'épi sans barbe chez les sept variétés du blé dur en condition irriguée et pluvial	39
Figure 24 : La longueur entre-nœuds chez les sept variétés du blé dur en condition irriguée et pluvial	40
Figure 25 : la teneur relative en eau chez les sept variétés du blé dur en condition irriguée et pluvial.....	42
Figure 26 : Teneur en chlorophylle (a) chez les sept variétés du blé dur en condition irriguée et pluvial	44
Figure 27 : Teneur en chlorophylle (b) chez les sept variétés du blé dur en condition irriguée et pluvial.....	44
Figure 28 : Teneur en chlorophylle (a+b) chez les sept variétés du blé dur en condition irriguée et pluvial	45
Figure 29 : L'évaluation de la teneur en proline chez les sept variétés du blé dur en condition irriguée et pluvial	46
Figure 30 : L'évaluation de la teneur en sucres solubles chez les sept variétés du blé dur en condition irriguée et pluvial.	47

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Production du blé et les principaux producteurs.	05
Tableau II : Bilan du blé dur en Algérie.	06
Tableau III : Stade de développement, l'échelle de FEEKS et ZADOKS.	10
Tableau IV : La pluviosité et la température moyenne durant la campagne 2016/2017	23
Tableau V : Les valeurs climatiques durant la campagne 2016/2017.....	24
Tableau VI : la variation des paramètres morphologiques chez les septes variétés étudiées en (cm) en conditions irriguées et pluviales.....	35
Tableau VII : la variation de la teneur en eau chez les septes variétés étudiées en ($\mu\text{g} / \text{g MF}$) en conditions irriguées et pluviales	41
Tableau VIII : la variation de la teneur en chlorophylle chez les septes variétés étudiées en ($\mu\text{g} / \text{g MF}$) en conditions irriguées et pluviales	43

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 carrée.

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.

Introduction

Les céréales occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans le système agricole. Les céréales sont considérées comme une principale source de la nutrition humaine et animale (**Slama et al., 2005**).

Parmi ces céréales, Le blé occupe la première place pour la production mondiale et la deuxième après le riz, comme source de nourriture pour les populations humaines, il assure 15% de ses besoins énergétiques (**karakas et al., 2011**). Il est cultivé principalement dans les pays du bassin Méditerranéen à climat arides et semi-arides là où l'agriculture est dans la plus mauvaise passe. Elle se caractérise par l'augmentation de la température couplée à la baisse des précipitations, en plus la désertification et la sécheresse tuent les sols agricoles (**Abeledo et al., 2008**).

En Algérie, les céréales sont les principales cultures, cultivées sur une superficie annuelle d'environ 3,6 millions d'hectares (**Madr, 2012**). Parmi les céréales, le blé dur occupe une place de choix dans l'alimentation des populations algériennes (**Megherbi et al., 2012**). Le rendement de cette culture est le plus faible du bassin méditerranéen (**Belaid, 2000**). Le pays figure actuellement parmi les premiers importateurs mondiaux de blé dur en s'accaparant de près de 50 % du marché mondial (**CIC, 2007**).

Cette faiblesse de la production de blé en Algérie était toujours liée aux effets du stress hydrique qui se fait ressentir de manière très importante depuis la dernière décennie (**Chaise 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. Solen (**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 Semcheddine, (2015)**, montre que L'irrigation de complément est considérée comme une technique potentielle qui améliore l'efficacité d'utilisation de l'eau. La réponse du blé dur à l'irrigation de complément a fait l'objet de nombreuses études en Afrique du Nord et au Moyen Orient.

Pour répondre à ces préoccupations, notre travail vise à montrer l'ampleur de l'effet de l'irrigation de complément sur certaines propriétés, morphologiques, physiologiques, et biochimiques 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 et dans laboratoire. 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 des annexes.

Etude
Bibliographique

Chapitre I : Le blé dur

I.1. Généralités sur le blé dur

Le blé dur est exclusivement destiné à l'alimentation humaine. C'est la céréale de base de l'Afrique du Nord et du proche et moyen orient. Les céréales présentent l'avantage important de constituer des provisions pouvant se conserver sous forme de grains de grande valeur nutritionnelle et constituées par des substances amylacées et d'environ 10% de protéines. Elles sont de transformation aisée et variée par cuisson (**Oussinault, 1993 In Morsli, 2010**).

Le grain du blé dur sert à la production de pâtes alimentaires, du couscous, et à bien d'autres mets comme le pain, et divers gâteaux (**Troccoli et al., 2000**). Il est utilisé pour faire les chappattis dans le sous-continent indien et tortillas en Amérique Central et du Sud (**Pena et Pfeiffer, 2005**). La paille est utilisée comme litière et comme aliment pour les animaux (**Abbas et Abdelguerfi, 2005**).

Le blé dur (*Triticum durum*. desf) est une plante annuelle de la classe de Monocotylédones de la famille des Graminées, de la tribu des Triticées et du genre *Triticum* (**Feillet, 2000**). En termes de production commerciale et d'alimentation humaine, cette espèce est la deuxième plus importante du genre *Triticum* après le blé tendre. Leur famille comprend 600 genres et plus de 5000 espèces (**Feillet, 2000**).

I.2. Historique et origine du blé dur

I.2.1. Historique

La culture des céréales a permis l'essor des grandes civilisations, car elle a constitué l'une des premières activités agricoles. En effet, Il ya plus de trois millions d'années, l'homme préhistorique était nomade, pratiquait la chasse et la cueillette des fruits pour assurer sa nourriture. Le nomadisme a progressivement laissé la place à la sédentarité qui permit la culture des céréales. Le blé est l'une de ces céréales connue depuis l'antiquité, Sa culture remontée au mésolithique vers 7000 avant Jésus-Christ (**Ruel, 2006**).

I.2.2. Origine

A. Origine géographique

Le blé dur (*Triticum durum*) a été toujours cultivé dans les régions à climat de type méditerranéen telles que l'Afrique du nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Egypte), le sud de

l'Europe (Espagne, France, Italie, Grèce), et le Moyen Orient (Turquie, Syrie, Palestine). Cette espèce réputée tolérante des stress hydrique et thermique, est cultivée en Amérique dans les régions ouest des Dakota et du Montana, et dans le Saskatchewan et l'Alberta, au Canada (Hannachi *et al.*, 2013).

B. Origine génétique

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. Par contre le génome B vient de l'espèce sauvage, diploïde elle aussi, *Aegilops speltoides* Tausch (Schuhwerk *et al.*, 2011).

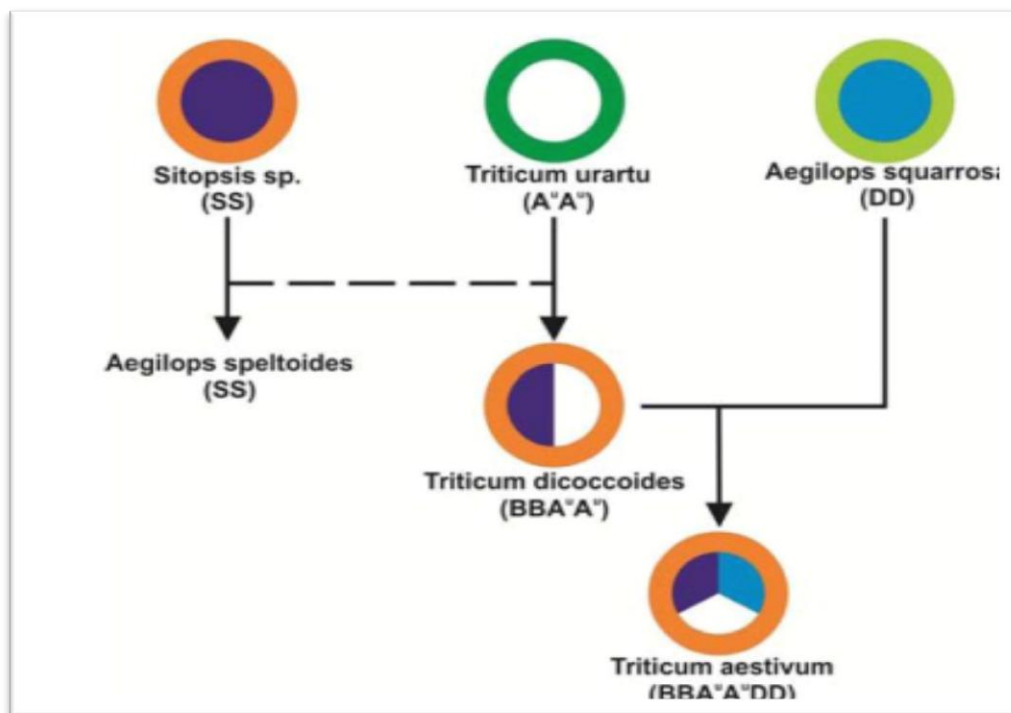


Figure 01 : Origines génétiques des différentes espèces de blé (Schuhwerk *et al.*, 2011).

I.3. Importance et production du blé dur

I.3.1. Dans le monde

Le blé est cultivé dans de différentes conditions climatiques, des latitudes Nord du Canada et de la Chine aux régions Sud de l'Amérique du Sud et de l'Australie. Le blé est adapté à une large gamme de conditions climatiques et pédologique et il est cultivé principalement en conditions pluviales. Il est surtout adapté aux régions tempérées dont les précipitations se situent entre 250 et 1750 mm (Curtis, 2002).

Le blé est une source alimentaire majeure pour une grande partie de la population mondiale (Curtis, 2002). Les gains de blé contiennent l'essentiel des nutriments ; incluant les carbohydrates (60-80% surtout de l'amidon), les protéines (8-17%) avec une quantité suffisante d'acides aminés essentiels (sauf la lysine, le tryptophane, et la méthionine), les lipides (1,5-2%), les minéraux (1,5-2%), les vitamines et les fibres (Peña, 2002).

Selon les premières prévisions de la FAO, la production de blé en 2016 s'établirait à 723 Mt, soit une baisse de 1,4% (10 Mt) par rapport au volume record rentré en 2015. La culture du blé dur est concentrée en Afrique du nord, en Russie, quoiqu'en Canada la production de blé en 2016 est de 27,6 Mt, en Inde la production de blé en 2016 est de 93,8 Mt, selon la FAO, en Chine la production de blé en 2016 devrait rester proche du niveau record enregistré en 2015 à 130,2 Mt. Au Pakistan, selon les prévisions, la production de blé en 2016 se chiffrerait à 26 Mt.

Tableau I: Production du blé et les principaux producteurs.

	Moyenne 2013-2015	2014	2015 Estim.	2016 Prévis.	Variation de 2015 à 2016 (%)
UE	153.1	157.1	158.5	155.0	-2.2
Chin continentale	126.1	126.2	130.2	130.0	-0.2
Inde	91.9	95.8	86.5	93.8	8.4
Fédération de Russie	57.9	59.7	61.8	57.0	-7.8
Etats-Unis	56.3	55.1	55.8	54.0	-3.2
Canada	31.5	29.4	27.6	29.2	5.8
Pakistan	25.2	26.0	25.5	26.0	2.0
Ukraine	24.3	24.1	26.4	17.8	-32.6
Australie	24.2	23.1	24.2	25.0	3.3
Turquie	21.2	19.0	22.6	21.5	-4.9
Kazakhstan	13.6	13.0	13.7	13.5	-1.5
Argentine	11.5	13.9	11.3	11.5	1.8
Rép.islamique d'Iran	10.5	10.6	11.5	11.5	0.0
Egypte	8.9	8.8	9.0	9.0	0.0
Ouzbékistan	7.5	7.6	8.0	7.5	-6.3
Autres	59.7	59.7	59.8	60.7	1.5
Total mondial	724.3	729.1	733.0	723.0	-1.4

Source : FAO, 2016.

I.3.2. En Algérie

En Algérie, la culture de blé dur (*Triticum durum*, Desf.) est une activité ancestrale. Elle se pratique sur une large étendue qui va du subhumide à l'aride supérieur et occupe presque, de moitié les emblavures annuelles en céréales. Pour l'année 2012, les emblavements,

en blé dur ont atteint 1,34 million d'hectares pour une production moyenne de 24 million de quintaux soit un rendement moyen de 18 q/h, et qui reste très inférieur au rendement moyen de l'Union Européenne qui est de 29 q/h pour la même année (**Madr, 2012**).

Selon **FAO, (2016)**, la croissance démographique, le changement de modèle de consommation et les ou tien des prix des produits de base, font que le volume des céréales consommées est en constante augmentation. Ainsi au cours de l'année 2016, les importations, de blé en Algérie sont évalués à 6,9 Mt, ces volumes sont les plus élevés depuis l'indépendance, la production du blé dur, comme celle de blé tendre, est très fluctuante. Pour la période 2004-2016, la production de blé dur a varié de 2,7 à 1,9 Mt. Cette production est loin de couvrir la demande qui est de plus importante, suite au faible nombre de produits de substitution et ou soutien des prix des céréales.

TableauII: Bilan du blé dur en Algérie.

Alger-juil(n) /juil(n+1)	2004 - 2005	2005 - 2006	2006 - 2007	2007 - 2008	2008 - 2009	2009 - 2010	2010 - 2011	2011 - 2012	2012 - 2013	2013 - 2014	2014 - 2015
Stock initial	1.5	2.3	2.9	3.0	3.3	2.7	2.7	2.9	3	3.7	4.7
Production	2.7	2.4	2.7	2.8	1.3	3.6	3.1	2.8	3.4	3.3	1.9
Importations	5.3	5.5	4.9	5.8	6.3	5.1	6.4	6.3	6.4	7.4	6.9
Consommation	7.2	7.3	7.5	8.2	8.3	8.7	9.2	8.9	9.0	9.7	9.7
Exportations	.	.	.	.	.	.	.	0.1	0.1	T	T
Stock fin	2.3	2.9	3.0	3.3	2.7	2.7	2.9	3.0	3.7	4.7	3.8

Source : **FAO, 2016**.

I.4. Caractéristiques morphologiques du blé dur

I.4.1.Le grain : Le fruit des graminées est un caryopse sec indéhiscant à maturité (**Morsli, 2010**).

I.4.2.Appareil végétatif : Le système aérien de la plante se développe en produisant un certain nombre de talles, qui se développent en tiges cylindriques formées par des nœuds séparés par des entre-nœuds. Chaque tige porte à son extrémité une inflorescence (**Morsli, 2010**).

Deux systèmes racinaires se forment au cours de développement :

- Un système primaire : se sont des racines séminales qui fonctionnent de la germination au tallage.
- Un système secondaire : de type fasciculé, les racines partent des nœuds les plus bas et sont presque toutes au même niveau (plateau de tallage).

I.4.3.Appareil reproducteur : Les fleurs sont groupées en inflorescence. Chacune est composée d'unités morphologiques de base : les épillets (Morsli, 2010).

I.5. Cycle de développement du blé dur

Selon Robert *et al.*,(1993) In Morsli, (2010), le cycle de la céréale comporte les stades suivants :

I.5.1. Semis-levée

- Cette période correspond à la mise en place du nombre de pieds/m². La plante forme des ébauches des futures feuilles.
- Levée : apparition de la première feuille qui traverse la coléoptile (qui est une gaine enveloppant la première feuille).
- 2-3 feuilles : ce stade est caractérisé par le nombre de feuilles de la plantule.

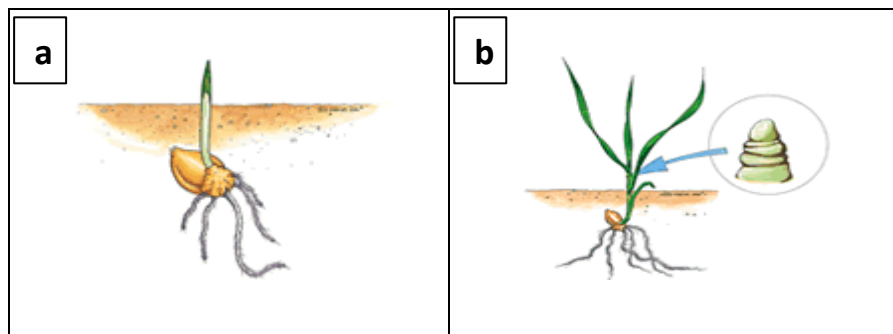


Figure 02 : Etapes de la phase levée (Soltner, 2005).

a : Germination, levée. **b** : développement des feuilles.

I.5.2. Le tallage

- **Stade début tallage** : lorsque la plante possède quatre feuilles, une nouvelle tige (la talle primaire) apparaît à l'aisselle de la feuille la plus âgée.
- **Stade plein tallage** : les talles apparaissent successivement ; talles primaires des deuxièmes et troisièmes feuilles et puis talles secondaires à l'aisselle des feuilles des talles primaires. Des ébauches d'épillets se forment pendant le tallage, alors que les ébauches de feuilles régressent.

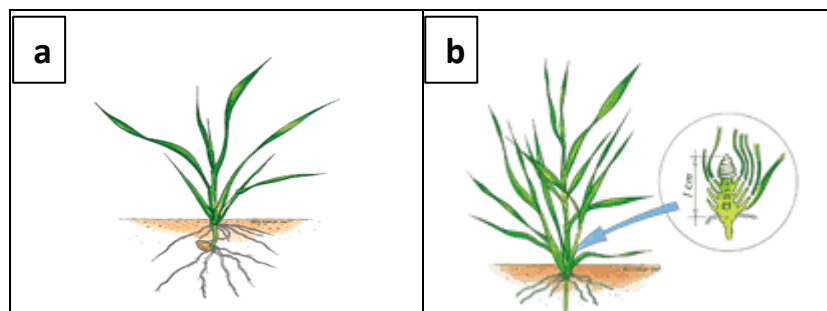


Figure03 :Phase de tallage (Soltner, 2005).

a : Stade Début tallage, **b** : Stade plein tallage.

I.5.3. La montaison

- **Stade épi 1 cm** : c'est la fin du tallage herbacé, marqué par l'élongation des entre-nœuds de la tige principale. Au niveau des futurs épis, on peut observer la formation des ébauches de glumes.
- **Stade 1 à 2 nœuds** : le premier, puis le second entre-nœud de la tige principale s'allonge. Au cours de cette période, se succèdent deux stades au niveau de l'épi. Le premier stade, correspondant à la formation des glumelles et le deuxième correspondant à la différenciation de l'épillet terminal. Ce dernier indique que le nombre d'épillets est définitif, et alors s'initie la phase de formation des fleurs.
- **Stade méiose mâle** : à ce stade, l'épi gonfle et la gaine de la dernière feuille ainsi que les grains de pollen se différencient dans les anthères. C'est une période particulièrement importante dans l'élaboration du nombre de grains.

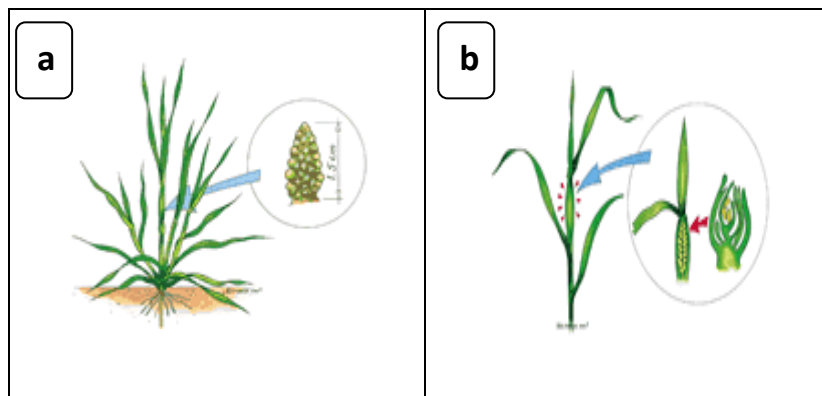


Figure 04 : La phase de Montaison- Gonflement (Soltner, 2005).

a : Elongation de la tige principale. **b** : Gonflement de l'épi.

I.5.4. L'épiaison

Ce stade recouvre la période des épis, depuis l'apparition des premiers épis jusqu'à la sortie complète de tous les épis hors de la gaine de la dernière feuille.



Figure 05 : Stade épiaison (Soltner, 2005).

I.5.5. La floraison

C'est l'apparition des étamines hors des épillets. A ce stade, la croissance des tiges est terminée, la fécondation a déjà eu lieu et le nombre de grains maximum est donc fixé.

I.5.6. Le remplissage du grain

- **Stade grain laiteux** : les enveloppes du grain sont formées. La taille potentielle du grain est déterminée.
- **Stade grain pâteux** : le poids de 1000 grains est acquis par suite du remplissage des enveloppes.
- **Grain mûr** : Obtenu après la dessiccation du grain entre stade laiteux et pâteux. La quantité d'eau contenue dans le grain est stable (**Bourras, 2001**).

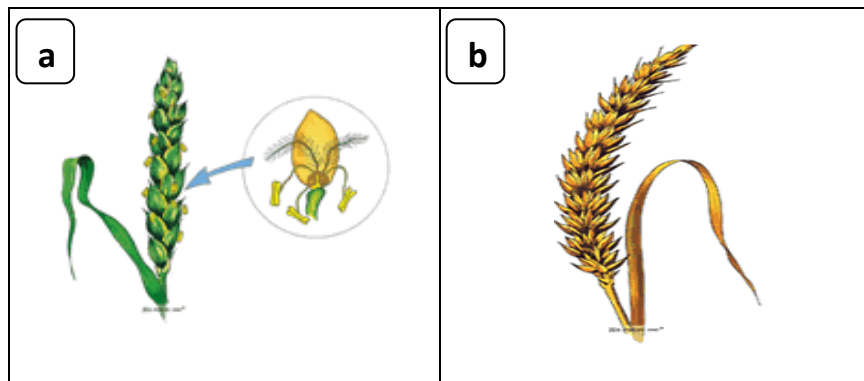


Figure 06 : Stade de maturation du grain (**Soltner, 2005**).

a : La floraison. **b** : Maturation du grain.

Tableau III: Stade de développement, l'échelle de FEEKS et ZADOKS.

Stade	FEEKS	ZADOKS	Caractéristiques
levée	1	7	Sortie de la coléoptile 1 ^{er} feuille traversant le coléoptile 1 ^{ière} feuille étalée 2 ^{ième} feuille étalée 3 ^{ième} feuille étalée
		10	
		11	
		12	
		13	
Début tallage	2	21	Formation de la 1 ^{er} talle
Plein tallage	3	22	2 à 3 talles
		23	
Fin tallage	4	24	
Epi 1cm	5	25	Sommet de l'épi distant à 1 cm du plateau de tallage
		30	
1-2 nœuds	6	31	1 nœud
		7	32	2 nœuds élongation de la tige
Gonflement l'épi gonfle la dernière feuille	8	37	Apparition de la dernière feuille. Ligule visible (méiose mâle). Graine de la dernière feuille sortie.
		9	
		10	
Epiaison	10-1	49-51	Graine éclatée ¼ épiaison ½ épiaison ¾ épiaison Tous les épis sortis
		53	
		55	
		57	
		59	
Floraison	10-5-1	61	Début floraison
		65	Demi-floraison
		69	Floraison complète
Formation du grain	10-5-3	71	Grain formé
		75	Grain laiteux
		85	Grain pâteux
		91	Grain jaune
		92	Grain mur

Source : Gate, 1995.

I.6. Exigences pédoclimatiques du blé dur

I.6.1. Température

A chaque phase du cycle végétatif du blé, la température reste un facteur qui conditionne la physiologie du blé, à une température de zéro 0°C la germination est bloquée et la phase de croissance nécessite 15 à 25°C. L'aptitude à la montaison est aussi déterminée par les températures et la durée du jour (Zane, 1993 in Bebb, 2011).

Les exigences globales en température sont assez importantes et varient entre 1800 et 2400°C selon les variétés. De même la température agit sur la vitesse de croissance, elle ne modifie pas les potentialités génétiques de croissance, c'est la somme de température qui agit

dans l'expression de ces potentialités. Chaque stade de développement du blé nécessite des températures particulières (**Balaid, 1986 in Bebba, 2011**).

I.6.2. Eau

Le blé exige une humidité permanente durant tout le cycle de développement, l'eau est demandée en quantité variable. Les besoins en eau sont estimés à environ 800 mm. (**Soltner, 1988 in Bebba, 2011**).

En zone aride, les besoins sont plus importants au vu des conditions climatiques défavorables. C'est de la phase épi 1 cm à la floraison que le besoin en eau est le plus important. La période critique en eau se situe 20 J avant l'épiaison jusqu'à 30 à 35 J après la floraison (**Loue, 1982 in Bebba, 2011**).

I.6.3. 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 optimales d'éclaircissements (**Bebba, 2011**).

I.6.4. Sol

Le blé dur apprécie les sols limoneux, argileux calcaires ou les sols argileux siliceux profonds, il a besoin d'un sol sain, se ressuyant bien en hiver et à bon pouvoir absorbant. En terre peu profonde, il y a risque de sécheresse en période critique (phase de palier hydrique).

Du point de vue caractéristique chimique, les blés dur sont sensibles au à la salinité, un PH de 6,5 à 7,5 semble indiqué puisqu'il favorise l'assimilation ce qui entrave la croissance et en particulier celle des racines (**Maachi, 2005**).

Chapitre II : Le stress hydrique

II.1. Notion de stress

Selon les définitions, le stress chez les plantes apparaît avec des significations différentes en biologie, qui convergent principalement en attribuant le stress à n'importe quel facteur environnemental défavorable pour une plante (Levitt, 1980 in Mouellef, 2010). (Tsimilli-Michael et al., 1998 in Mouellef, 2010) 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 in Mouellef, 2010) un stress désigne à la fois l'action d'un agent agresseur et les réactions qu'il entraîne dans l'organisme agressé, une force qui tend à inhiber les systèmes normaux. D'autre part, les stress environnementaux nés de la fluctuation des facteurs abiotiques (sécheresse, salinité, température) affectent les conditions de croissance, le développement et le rendement des plantes (Madhava Rao et al., 2006).

II.2. Définition de stress hydrique

Le stress hydrique est l'un des stress environnementaux les plus importants, affectant la productivité agricole autour du monde (Boyer, 1982 in Mouellef, 2010). Il occupe et continuera d'occuper une très grande place dans les chroniques agro-économiques. C'est un problème sérieux dans beaucoup d'environnements arides et semi-arides, où les précipitations changent d'année en année et où les plantes sont soumises à des périodes plus ou moins longues de déficit hydrique (Boyer, 1982 in Mouellef, 2010).

Il existe de nombreuses définitions du stress hydrique. En agriculture, il est défini comme un déficit marqué et ce compte tenu des précipitations qui réduisent significativement les productions agricoles par rapport à la normale pour une région de grande étendue (Bootsma et al., 1996 in Mouellef, 2010). En effet, on assiste à un stress hydrique lorsque la demande en eau dépasse la quantité disponible pendant une certaine période ou lorsque sa mauvaise qualité en limite l'usage (Madhava Rao et al., 2006). Le stress hydrique entraîne une dégradation des ressources d'eau douce en termes de quantité (sur exploitation des eaux souterraines, rivières asséchées, etc.) et de qualité (eutrophisation, pollution par la matière organique, intrusion saline, etc.) (Mouhouche et Boulassel, 1997 in Mouellef, 2010).

II.3. Stades critiques du blé vis-à-vis de l'eau

Simane, (1993) in Bouthiba, (2007), rapporte que le stade le plus sensible au déficit hydrique est l'élongation ou montaison jusqu'à l'épiaison en passant par la floraison et le remplissage du grain.

Dans la littérature, il a été reporté que la plupart des stades critique ou sensibles du blé vis-à-vis du stress hydrique sont l'épiaison et le remplissage du grain (**Fisher, 1973 ; Sandhu et al., 1996 in Bouthiba, 2007**).

La période tallage constitue une phase critique vis-à-vis de l'eau, car elle représente l'un des principaux facteurs déterminant le rendement en grains chez les céréales et un manque d'eau durant cette phase provoque l'arrêt de la croissance des bourgeons axillaires et réduit donc le nombre et la taille des talles (**Stark et Longley, 1986 ; Blum et Pnuel, 1990 ; Davidson et Chevalier, 1990 in Bouthiba, 2007**).

Les travaux de **Garcia Del Moral et al., (2003)**, montrent que la période végétative est la plus affectée par le déficit hydrique que la période de remplissage de grains. La réduction est de l'ordre 84% du rendement. Ceci montre l'importance de cette phase dans le rendement.

II.4. Effets du stress hydrique sur le végétal

Les stress provoqués par un déficit en eau constituent une menace permanente pour la survie des plantes (**Hopkins, 2003**). L'effet du stress dépend de son degré, sa durée, le stade de développement de la plante, le génotype et son interaction avec l'environnement (**Yokota et al., 2006**). Tous les processus de la plante sont affectés par un déficit hydrique, que ce soit le métabolisme, l'organogénèse (production d'organe par les méristèmes) et la morphogénèse (phénomène de différenciation, et de croissance aboutissant à des organes matures) (**Doré et al., 2006**).

II.4.1. Effet du stress hydrique sur la photosynthèse

La diminution de la photosynthèse, liée à la diminution de la teneur relative en eau et du potentiel hydrique foliaire, est due essentiellement, à la réduction de la pénétration du CO₂, limitée par une fermeture des stomates (**Plaut et Federman, 1991 in Salmi, 2015**). En effet, l'effet dépressif d'une contrainte hydrique sur la photosynthèse des végétaux résulte non seulement d'une baisse de la conductance stomatique, mais également d'une altération de l'appareil photosynthétique et/ou d'une diminution de la surface foliaire (**Kaiser, 1987 in Salmi, 2015**).

Sous un stress hydrique, une diminution de la teneur en chlorophylle est remarquée chez le blé dur (**Bousba et al., 2009**). Selon (**Tahri et al., 1997 in Salmi, 2015**), une baisse dans les teneurs en pigments chlorophylliens totaux (Chlorophylles a et b) a été enregistrée chez trois variétés de blé dur sous l'effet du stress. Par ailleurs, nous remarquons une nette diminution de la teneur en pigments chlorophylliens (chlorophylle a, b) et caroténoïdiques des

feuilles d'arganier, avec le stress hydrique, cela peut être due à la fermeture partielle des stomates qui limite la photosynthèse ou peut être le résultat de la dégradation de la chlorophylle (Fahmi et al., 2011).

II.4.2. Effet du stress hydrique sur la croissance et le développement du blé

Le stress hydrique se concrétise, chez la plupart des espèces, par un ralentissement de la mise en place de nouveaux organes aériens, c'est-à-dire des feuilles et des tiges, et par une réduction de la croissance des organes préexistants (Gaufichon et al., 2010). Ces modifications résultent d'une diminution de la vitesse de division des cellules constituant les tissus végétaux (Granier et al., 2000).

L'un des premiers effets provoqués par le déficit hydrique est une réduction de la croissance végétative. La croissance de la partie aérienne, et surtout celle des feuilles, est généralement plus sensible que celle des racines (Hopkins, 2003). Toutefois, si le stress est sévère on peut observer aussi un arrêt total du développement foliaire (Hegarty et Ross, 1978 in Salmi, 2015).

Pour les céréales, la période de sensibilité la plus élevée est celle qui va de la formation du grain de pollen (stade fin gonflement) à la fécondation. Tout déficit hydrique à ce moment affecte le nombre de grain/ épillet (Gate et al., 1990 in Salmi, 2015). Le stress hydrique a deux conséquences quasi simultanées sur le tallage du blé (Casals, 1996 in Salmi, 2015). La première est l'arrêt du processus de tallage qui se traduit par un arrêt de la croissance des bourgeons axillaires. Une carence hydrique précoce durant la phase végétative réduit donc le nombre et la taille des talles chez le blé (Davidson et Chevalier, 1990 ; Stark et Longley, 1986 ; Blum et al., 1990 in Salmi, 2015). La seconde est la réduction de la vitesse de croissance des talles les plus jeunes (Assem, 2006).

II.4.3. Effet du stress hydrique sur le rendement

Un stress hydrique se traduit par une réduction de la croissance de la plante et de sa production par rapport au potentiel du génotype. Un stress hydrique précoce affecte en parallèle la croissance des racines et des parties aériennes, le développement des feuilles et des organes reproducteurs (Debaeke et al., 1996 in Mouellef, 2010).

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 (Triboï, 1990 in Mouellef, 2010). L'effet du déficithydrique sur ces composantes et par conséquent sur le rendement, dépend du stade au cours duquel ce déficit survient (Debaeke et al., 1996 in Mouellef, 2010). Ainsi, un déficit hydrique à la montaison se traduit par la chute du nombre d'épis par m², la régression intense des tiges et la baisse du nombre de grains par épi (Debaeke et al., 1996 in Mouellef, 2010).

À la fin de lamontaison, 10 à 15 J avant l'épiaison, la sécheresse réduit le nombre de fleurs fertiles par épillet (**Debaeke et al., 1996 in Mouellef, 2010**). Le manque d'eau après la floraison, combiné à destempératures élevées, entraîne une diminution du poids de 1000 grains par altération dela vitesse de remplissage des grains et de la durée de remplissage (**Triboï, 1990 in Mouellef, 2010**). Par ailleurs et pour bien se développer, la plante doit disposer de mécanismesd'adaptation qui lui permettent de supporter le stress hydrique.

II.5. Mécanismes d'adaptation de la plante au stress hydrique

Pour lutter contre le manque d'eau, les plantes développent plusieurs stratégies adaptatives qui varient en fonction de l'espèce et des conditions du milieu (Esquive, évitement et tolérance) (**Turner, 1986 in Mouellef, 2010**). La résistance globale d'une planteau stress hydrique apparaît comme le résultat de nombreuses modifications phénologiques, anatomiques, morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires quiinteragissent pour permettre le maintien de la croissance, du développement et de production (**Hsissou, 1994 in Mouellef, 2010**).

II.5.1. Adaptation phénologique

Pour éviter les périodes difficiles pour la croissance et le développement, certainesvariétés accomplissent leur cycle de développement avant l'installation de stress hydrique.La précocité constitue donc un important mécanisme d'évitement au stress hydrique de fin de cycle (**Ben Naceur et al., 1999 in Nadjem, 2012**). 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 in Nadjem, 2012**).

La précocité assure une meilleureefficienc de l'utilisation de l'eau. En effet, en produisant la biomasse la plus élevée, lesgénotypes à croissance rapide et à maturité précoce utilisent mieux l'eau disponible et ils sontmoins exposés aux stress environnementaux que les génotypes tardifs (**Bajji, 1999 in Nadjem, 2012**).Le rendement en grains est positivement corrélé à la précocité d'épiaison (**Gonzalez et al., 1999 in Nadjem, 2012**).

II.5.2. Adaptation morphologiques

L'effet du stress hydrique peut se traduire, selon la stratégie adaptative de chaqueespèce ou génotype, par des modifications morphologiques pour augmenter l'absorptiond'eau et pour diminuer la transpiration et la compétition entre les organes pour lesassimilas. Ces modifications affectent la partie aérienne ou souterraine (**Bajji, 1999inMouellef, 2010**).

A. Au niveau de la plante

La diminution de la surface foliaire des feuilles et du nombre de talles est considérée comme une réponse ou adaptation au manque d'eau (**Blum, 1996 in Mouellef, 2010**). Chez le blé, l'enroulement des feuilles chez certaines variétés peut être considéré comme un indicateur de perte de turgescence en même temps qu'un caractère d'évitement de la déshydratation, il entraîne une diminution de 40 à 60 % de la transpiration (**Amokrane et al., 2002**).

La longueur des barbes est un paramètre morphologique qui semble également étroitement lié à la tolérance au stress hydrique (**Hadjichristodoulou, 1985 in Mouellef, 2010**).

La hauteur de la plante apparaît comme un critère de sélection important particulièrement dans les zones arides, 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 in Mouellef, 2010**).

Les plantes à enracinement superficielle et peu dense souffrent plus du déficit hydrique que ceux à enracinement profond (**El hassani et Persoons, 1994 in Mouellef, 2010**).

B. Au niveau structurel

Une des principales modifications structurelles, observée sur des plantes ayant subi un stress hydrique, concerne l'altération des propriétés physico-chimiques des parois cellulaires (**Dixon et Paiva, 1995 in Mouellef, 2010**). Ces changements peuvent être induits par des modifications au niveau des enzymes impliquées dans la biosynthèse des monolignols ou dans leur assemblage dans la paroi. L'augmentation de l'expression de ces gènes peut être reliée à l'arrêt de la croissance et à l'épaississement de la paroi (**Dixon et Paiva, 1995 in Mouellef, 2010**).

II.5.3. Adaptation physiologiques**A. 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**).

B. Ajustement osmotique

L'ajustement osmotique est généralement considéré comme un élément important dans la tolérance des plantes au stress hydrique (**Bajji et al., 2001**). Cet ajustement implique l'accumulation, au niveau cellulaire, de sucres, d'acides aminés (exemple: la proline), d'ions ou d'autres solutés compatibles (c'est-à-dire non toxiques) (**Nouri et al., 2002**).

C. 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**).

II.5.4. Adaptation biochimiques

A. La proline

C'est un acide aminé qui peut s'accumuler sous l'action d'un stress hydrique, salin ou thermique (**Paquin, 1977 ; Hubac, 1978 ; Tal et al., 1979 in Morsli, 2010**). Elle intervient comme une réaction de la plante. L'accumulation de proline est l'une des manifestations les plus en vue du stress hydrique. Elle résulterait d'une activité intense du métabolisme de la plante suite à un stress, lequel pourrait avoir lieu à n'importe quel stade. Elle donne lieu à l'accumulation d'autres acides aminés comme l'Asparagine, la Glutamine, la Serine, la Glycine (**Levitt, 1972 in Morsli, 2010**).

Dib et al., (1990) in Morsli, (2010), indiquent que l'accumulation de proline chez différentes variétés de blé austade juvénile est corrélée positivement avec le degré de tolérance au déficit hydrique évalué en plein champ.

B. Sucres solubles

Lors d'une sécheresse prolongée, on assiste à la disparition de l'amidon et une accumulation de sucres solubles dans les feuilles. Cette accumulation varie en fonction du degré de tolérance du génotype. C'est le saccharose qui s'accumule le plus tandis que le glucose et le fructose sont à des teneurs réduites. Selon (**Binet, 1989 in Morsli, 2010**) l'enrichissement en sucre, outre l'incidence sur l'ajustement osmotique, a un effet protecteur des membranes de la dessiccation.

Korichi, (1993) in Morsli, (2010), montre que les variétés de blé qui accumulent plus de sucres solubles ont une meilleure aptitude à conserver leur teneur relative en eau.

Chapitre III : Irrigation de complément

III.1. Définition

L'irrigation de complément peut être définie comme étant l'application d'une quantité limitée d'eau aux cultures quand la précipitation ne fournissent pas suffisamment d'eau pour la croissance des plantes afin d'augmenter et 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'irrigation de complément est également définie comme la quantité d'eau fournie pendant la période critique de croissance de la plante et connaît une pénurie de teneur en eau en raison du manque de pluie, afin d'assurer les meilleurs rendements (Perrier et Salkin, 1987 in Gandouz, 2014).

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.

Quand faut-il irriguer ?

L'irrigation de complément est alors un type d'irrigation "limité" (Stewart et Musick, 1982) et sa stratégie consiste à optimiser le rendement par unité de volume d'eau appliquée, et donc optimiser le revenu par m³ d'eau à fournir à la plante, plutôt que par unité de surface cultivée. En d'autres termes, l'irrigation de complément dans ces régions, vise à augmenter le rendement total de la ferme et l'efficacité de l'eau par la diminution de la surface non irriguée. Par conséquent, le problème est d'irriguer par l'utilisation des quantités limitées d'eau aux stades bien déterminés, qui sont "les stades critiques", auxquels les déficits sévères de l'eau peuvent affecter largement le rendement. Par suite, pour maximiser l'efficacité de l'utilisation de l'eau, il est très important de connaître le degré de sensibilité des stades de développement au stress hydrique, le régime climatique et le besoin d'exploitation des ressources naturelles de l'eau. Dans ce but l'irrigation de céréales, et particulièrement durant les années sèches, d'octobre à décembre, vise à assurer une densité optimale de plantules pour exploiter la chute de pluie de l'hiver suivant.

III.2. Importance et but de l'irrigation de complément

Le congrès du **FAO/ICARDA 1986** a mentionné l'importance de l'irrigation de complément dans la stabilité et l'augmentation du rendement du blé. De même la définition de l'irrigation de complément a été adoptée comme suit : « *l'irrigation de complément peut être définie par le processus de donner de l'eau additionnelle pour stabiliser et augmenter le rendement dans des conditions locales où la plante peut naturellement se développer sous régime pluvial* ».

L'irrigation de complément est une technique culturale qui permet de satisfaire les besoins en eau des cultures, en temps opportun, et quels que soient les aléas climatiques. Il est évident que l'apport d'eau, et le maintien d'un profil hydrique et d'une réserve facilement utilisable (R.F.U.) convenable, permettront à la plante d'exprimer toutes ses capacités et ses performances génétiques et d'exploiter au mieux les apports fertilisants et les potentialités édaphiques et bioclimatiques. Ainsi, l'irrigation de complément paraît la meilleure technique qui permet, en outre, d'intégrer et d'intensifier le système de production, par la production d'une quantité plus importante de fourrage par exemple, et par -là de développer l'élevage fermier (**Chamoun, 1999**). (**Bachir Beyet Soumatia, 2015**), montrent que le but de l'irrigation de complément comporte les points suivant :

- ✓ Lutte contre le stress hydrique,
- ✓ Une bonne germination-levée en cas de retard des pluies automnales,
- ✓ Meilleure valorisation de la fertilisation printanière,
- ✓ Augmentation du rendement,
- ✓ Diminuer le taux des sels dans le sol par le lessivage

III.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.

III.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**).

III.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 évaporative 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**).

Une étude menée dans la région du moyen chéliff, sur quelques cultivars de blé (locaux et introduits) en irrigué, a montré qu'une quantité d'irrigation de 100 mm fractionnée au cours de l'épiaison et de la floraison a permis d'améliorer sensiblement l'indice de satisfaction des besoins en eau des cultivars utilisés ou une moyenne de 68% a été enregistré (**Merabet et Bouthiba, 2006**).

Selon **Rharrabti et al., (2003)**, 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. Le rendement en grains est positivement

corrélé avec l'utilisation de l'eau en post-floraison avec un coefficient de corrélation de 0.59 (Siddique *et al.*, 2001).

III.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).

**Études
Expérimentale**

Chapitre I : Matériel et méthodes

I.1. Objectif de l'étude

L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet de l'irrigation de complément sur certains paramètres morphologiques, physiologiques et biochimiques de sept variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) cultivées en plein champ sous un climat semi-aride (El Oued Lakhdar El-hamadia),

I.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.



Source : Google Earth, 2017.

Figure 07 : Image satellitaire de la région d'Oued Lakhdar (El Hamadia).

I.3. Les conditions pédoclimatiques

1.3.1. 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 IV : 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.

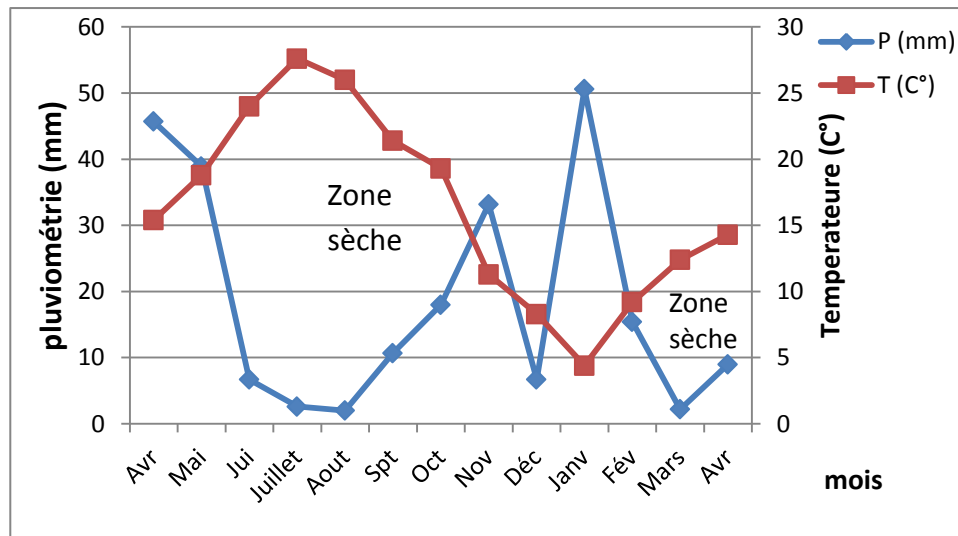


Figure 08 : Diagramme ombrothermique de site expérimental « Oued Lakhdar »
2016/2017 (ONM BBA, 2017).

D'après ce diagramme on peut ressortir deux périodes sèches qui s'étalent du mi-mai jusqu'au mi-novembre, et la seconde du mi-février jusqu'au mois d'avril (Figure 08).

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 08). 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.

Le tableau V représente les différentes valeurs climatiques durant la campagne 2016/2017, depuis le mois de décembre jusqu'à le mois d'avril :

Tableau V : les valeurs climatique durant la campagne 2016/2017.

Paramètre climatologique	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Unité
Moyenne mensuelle des Humidités	80,5	80,2	67,8	51,6	54	%
Moyenne mensuelle des tempes maxi sous abri	16,3	9,4	15,5	19,8	22,2	C°
Moyenne mensuelle des tempes mini sous abri	0,1	0,8	4,2	5,7	7,6	C°
Evaporation totale	39	353	672	1133	1127	Mm
durée totale d'ensoleillement	133,1	1724	1818	2869	2853	1/10
Vitesse maximale du vent	9	17	20	24	19	m/s
Direction du vent max	16	240	180	120	160	°

Source : (ONM BBA, 2017).

I.4. Matériel utilisées

I.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 au 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.

I.4.2. Matériel d'irrigation

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

I.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 intra-bloc est de 20 cm et inter-bloc de 50cm.

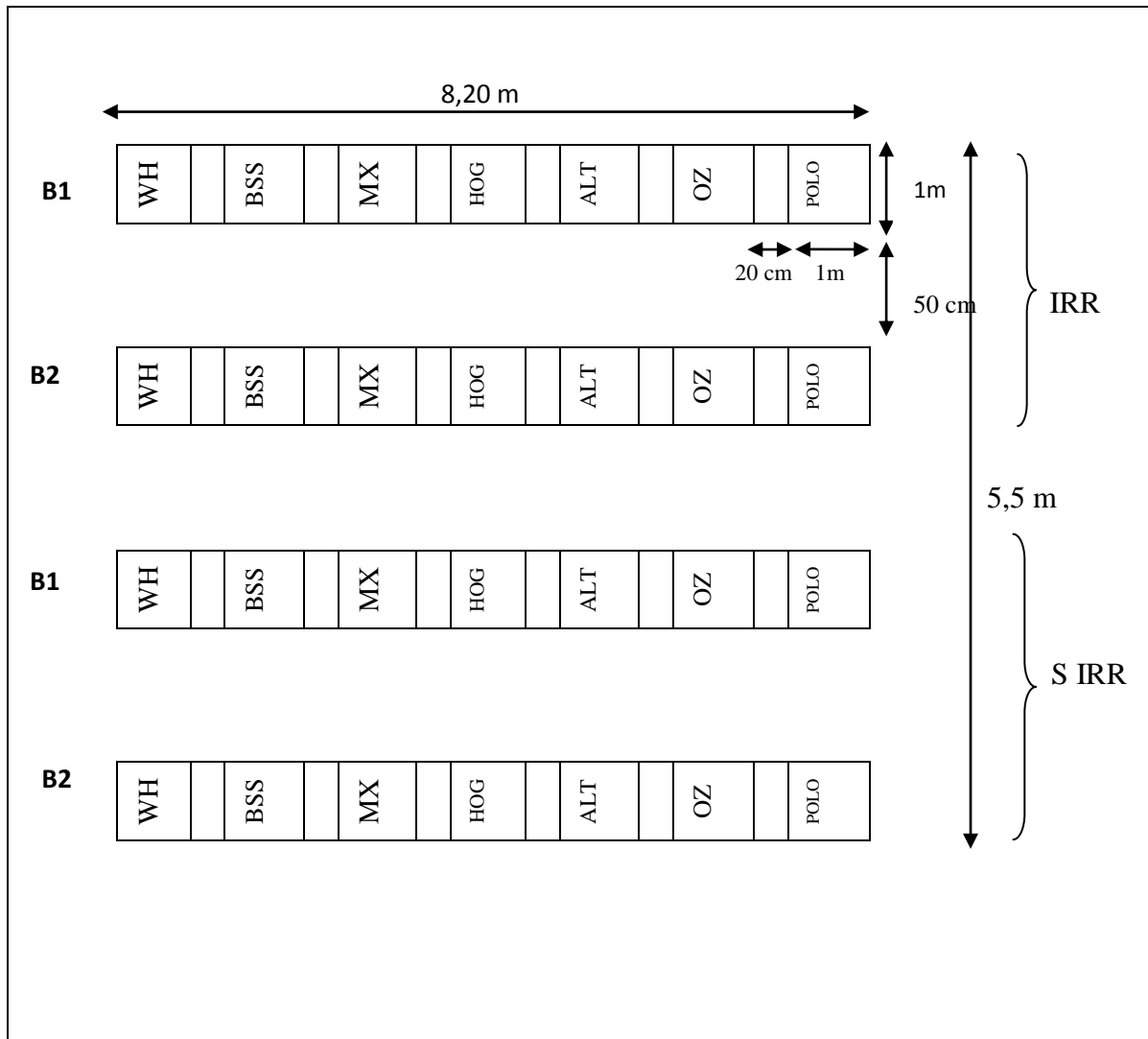


Figure 09 : Schéma du dispositif expérimental de l'essai mis en place sur la région d'El Oued Lakhdar au cours de la campagne agricole 2016/2017.

Au cours de cette étude, Nous avons 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, Nous avons effectuée l'irrigation en deux temps, le premier correspondant à la phase de montaison, et le second exactement après la phase d'épiaison.

I.6. Les paramètres étudiés

L'étude est réalisée en sept répétitions par variété et par bloc pour les paramètres morphologiques et en trois répétitions pour les paramètres physiologiques et biochimiques.

Nous avons 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.

I.6.1. Les paramètres morphologiques**I.6.1.1. 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.



Figure 10 : La longueur de la feuille étendard.

I.6.1.2. La hauteur de végétation

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



Figure 11 : La hauteur de végétation.

I.6.1.3. Longueur de l'épi avec barbe

Elle est mesurée à partir de la base de l'épi jusqu'à l'extrémité supérieure des barbes.



Figure 12 : Longueur de l'épi avec barbe.

I.6.1.4. 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.



Figure 13 : Longueur de l'épi sans barbe.

I.6.1.5. Longueur entre nœud

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

I.6.2. Les paramètres physiologiques**I.6.2.1. Teneur relative en eau (TRE%)**

C'est l'un des principaux paramètres qui indique le niveau hydrique de la plante ou encore la turgescence cellulaire. La teneur relative en eau de la feuille a été déterminée par la méthode décrite par **Barrs (1968)**. Selon cette méthode, des boîtes pétries remplies d'eau distillée (un poids connu), sont préparées à l'avance. Les feuilles étendard sont coupées à la base du limbe par un sécateur. Ces feuilles sont mises par la suite dans les boîtes préparées (il faut les fermer très bien pour éviter l'évaporation de l'eau) et placées à l'obscurité dans un

endroit frais, après 24h, Les feuilles sont retirées, passées dans un papier buvard pour absorber l'eau de la surface, pesées à nouveau pour obtenir le poids de la pleine turgescence (PT). Les échantillons sont enfin mis à l'étuve réglée à 80h et pesés pour avoir leurs poids sec (PS) (Clark et Mac-Caig, 1982). La teneur relative en eau est calculée par la formule suivante :

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

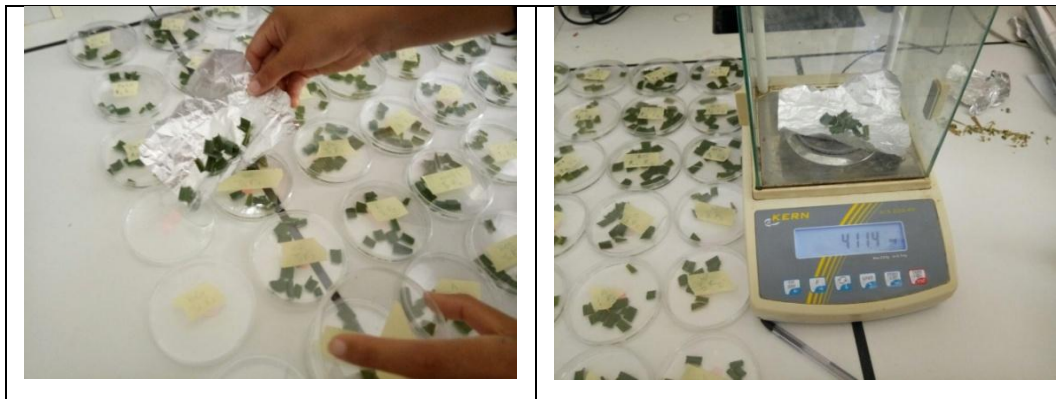


Figure 14 : Les principales étapes à suivre pour déterminer la teneur en eau.

I.6.2.2. Dosage des pigments chlorophylliens

Pour le dosage des pigments chlorophylliens, on a suivi le protocole suivant :

Les teneurs moyennes en chlorophylle a et b sont déterminées par la méthode de **Rao et le blanc (1965)**, donc :

- Coupez les feuilles de 07 variétés de blé de façon grossière avec une paire de ciseaux.
- Peser 0.5g à l'aide d'une balance.
- Placez les feuilles coupées dans un mortier.
- Ajouter 20 ml d'acétone 80%.
- Broyer avec carbonate de calcium plusieurs fois (pour faciliter le broyage) jusqu'à ce que le solvant prenne une teinte verte marquée.
- Filtrer le broyat sur papier filtre à l'aide d'un entonnoir sur les tubes à essais.
- Lecture en spectrophotomètre dans la longueur d'onde 645 nm et 663 nm.
- Le calcul de la qualité de la chlorophylle est obtenu par les formules suivantes :

Chl a : 12,07 (DO 663) – 02,69 (DO 645)
 Chl b: 22,09 (DO 645) – 04,86 (DO 663)
 Chl (a + b): 08,02 (DO 645) + 20,20 (DO 663)

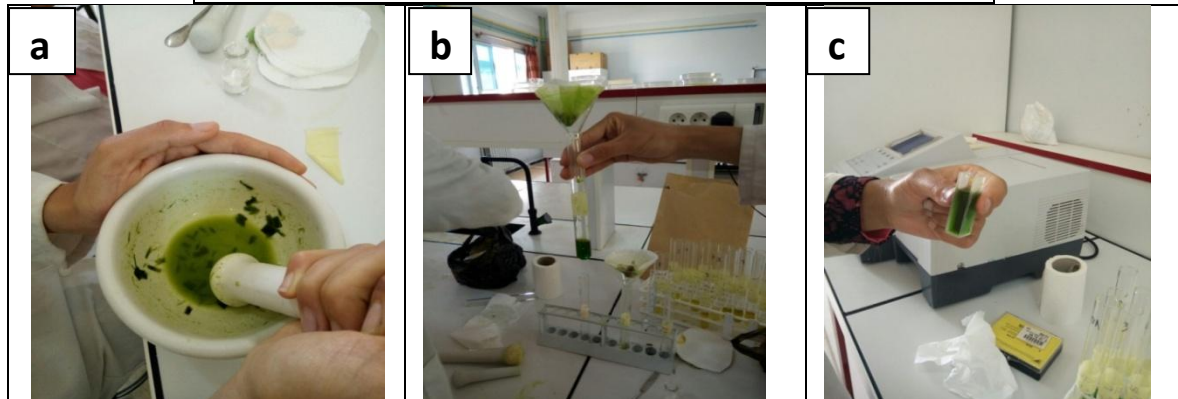


Figure 15 : Etapes à suivre pour le dosage des pigments chlorophylliens.

a : Broyage de la matière fraîche. **b** : Filtration de la chlorophylle.

c : Lecture sur le spectrophotomètre.

I.6.3. Les paramètres biochimiques

I.6.3.1. Dosage de proline (Prol « $\mu\text{g}/100\text{mg MF}$ »)

La proline ou acide pyrrolidine 2-carboxylique est l'un des vingt principaux acides aminés qui entrent dans la constitution des protéines. La proline est facilement oxydée par la ninhydrine ou tricetohydrindène. C'est sur cette réaction que se base le protocole de mise en évidence de la proline dans les échantillons foliaires par la méthode de **Troll et Lindsley (1955)**.

Extraction :

- Peser les échantillons environ 100mg de matière fraîche prise dans le tiers médian de la feuille.
- Les placer dans un tube à essai.
- Allumer le bain marie à 85C°.
- Ajouter 2 ml méthanol.
- Mettre les tubes dans bain marie à 85C° pendant 60min (les tubes sont ferment bien pendant le chauffage pour éviter la volatilisation de l'alcool).

Préparation des réactifs :**SOLUTION A**

Dans un flacon en prépare le mélange suivant :

- 300ml acide acétique (CH_3COOH).
- 80ml acide ortho phosphorique (H_3PO_4) densité = 1.7.
- 120ml eau distillée.

Soit n = nombre de tube à doser 43 (extrait + étalon).

SOLUTION B

Mettre dans un bécher :

- (n + 2) 25 mg ninhydrine ($\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_4$).
- (n + 4) ml de la solution A.
- (n + 4) ml d'acide acétique (CH_3COOH).
- Agiter.

Dosage :

- Allumer le bain marie à 100C° .
- Prélever 1 ml d'extrait.
- Dans chaque tube (extraits + étalons) mettre 2 ml de la solution B.
- Mettre au bain marie pendant 30 min à 100C° .
- Apparition d'une coloration rose vire au rouge (contient la proline).
- Laisser refroidir.
- Ajouter 5 ml de toluène dans chaque tube, il y a une séparation en 2 phases :
 - Une phase aqueuse inférieure.
 - Une phase organique supérieure.
- Agiter les tubes.
- Pipeter la phase organique que l'on met dans des tubes propres contenant une petite spatule de Na_2SO_4 (anhydre).
- Lecture de la D.O à 528 nm par le spectrophotomètre.

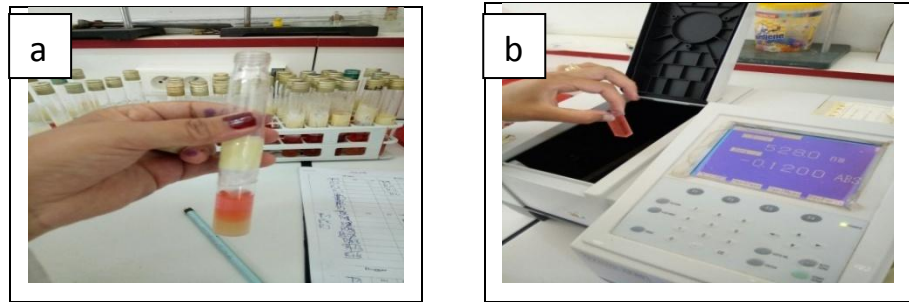


Figure 16 : Etapes à suivre pour le dosage de la proline.

a : Coloration rouge. **b :** Lecture sur le spectrophotomètre.

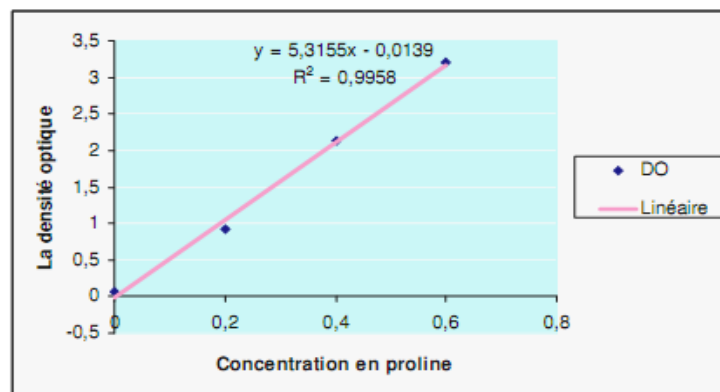


Figure 17: Courbe étalon du dosage de la proline (Mouellef, 2010).

Calculs :

- Calculer l'équation de la droite de régression de la courbe d'étalonnage

$$Y = 5,3155x - 0,0139.$$

Y : quantité de la proline dans le tube (μg).

X : densité optique.

Calculer y = la quantité de proline de chaque échantillon (μg).

$$\text{Concentration en proline} = \frac{2 \times 1000 \times Y}{MF \times 115.13}$$

1.6.3.2. Dosage des sucres solubles (Suc) « $\mu\text{g}/100\text{mg MF}$ »

Les sucres solubles totaux (saccharose, glucose, fructose, leurs dérivés méthyles et les polysaccharides) sont dosés par la méthode au phénol de **Dubois et al., (1956)**. Elle consiste à prendre 100 mg de matière fraîche placée dans des tubes à essais, on ajoute 3 ml d'éthanol à 80% pour faire l'extraction des sucres. On laisse les tubes à température ambiante pendant 48h à l'obscurité. Au moment du dosage, les tubes sont placés dans l'étuve à 80°C pour faire

évaporer l'alcool. Dans chaque tube on ajoute 20ml d'eau distillée à l'extrait. C'est la solution à analyser.

Dans des tubes à essais propres, on met 2ml de la solution à analyser, on ajoute 1ml de phénol à 5% (le phénol est dilué dans de l'eau distillée); on ajoute rapidement 5ml d'acide sulfurique concentré 96% tout en évitant de verser de l'acide contre les parois du tube. On obtient, une solution jaune orange à la surface, on passe au vortex pour homogénéiser la couleur de la solution. On laisse les tubes pendant 10mn et on les place au bain-marie pour 10 à 20mn à une température de 30°C.

Les mesures d'absorbances sont effectuées à une longueur d'ondes de 485 nm. Enfin des résultats des densités optiques sont rapportés sur une courbe d'étalon (Figure 19) pour sucres solubles (exprimés en glucose).

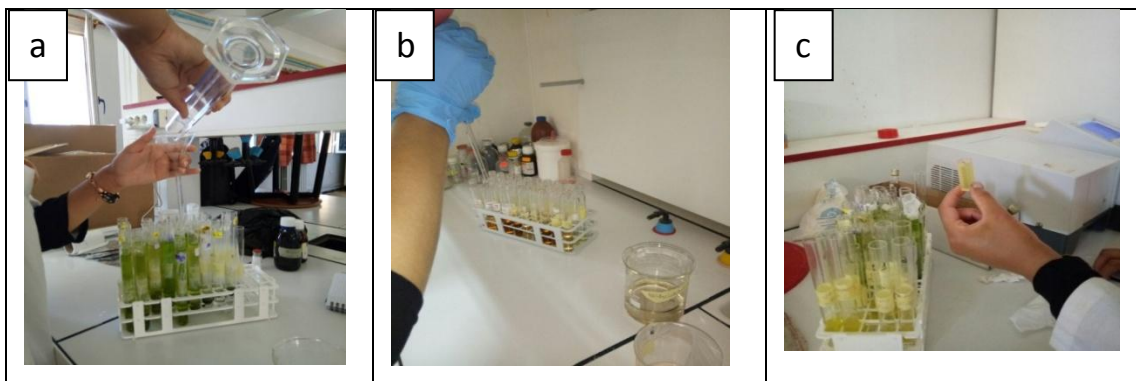


Figure 18 : Dosage des sucres solubles.

a : Addition de 3 ml d'éthanol à 80%. **b** : Addition de phénol et d'acide sulfurique.
c : Lecture sur le spectrophotomètre.

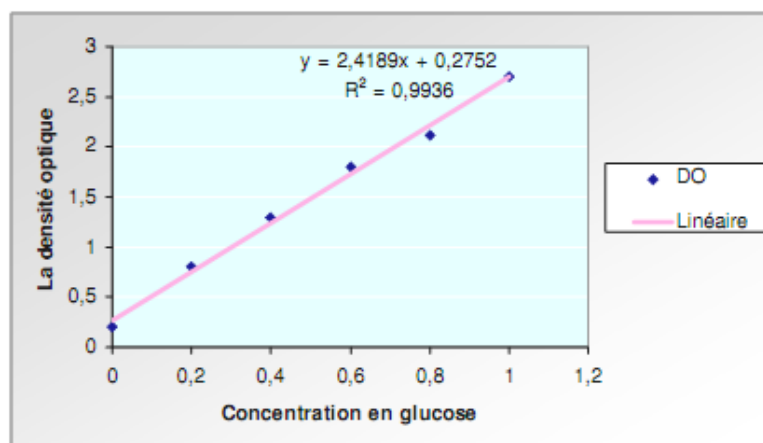


Figure 19 : Courbe étalon du dosage des sucres solubles (Mouellef, 2010).

I.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*.

Chapitre II : Résultats et discussion

II.1. Interprétation des résultats

L'étude statistique est effectuée pour tous les paramètres mesurés et pour les sept variétés traitées.

II.1.1. Variation des paramètres morphologiques

Les résultats des paramètres morphologiques présentés dans le (Tableau VI).

Tableau VI : la variation des paramètres morphologiques chez les sept variétés étudiées en (cm) en conditions irriguées et pluviales.

Variété	Traiteme nt	Paramètres finales				
		FE	SB	AB	EN	HV
WH	IRR	12,93±0,55	7,43±0,55	15,93±0,93	9,36±0,63	48,49±0,07
	S IRR	12,07±0,61	7,29±0,2	17,11±0,74	4,81±0,33	38,11±0,19
BSS	IRR	24,59±0,76	6,56±0,84	16,71±1,58	7,36±0,38	47,46±0,1
	S IRR	11,43±1,05	8,56±0,5	20,87±0,49	6,89±0,41	46,17±0,35
MX	IRR	10,34±0,77	6±0,29	13,86±1,21	10,36±0,38	47,51±0,07
	S IRR	9,86±0,8	6,43±0,46	12,66±0,85	5,63±0,73	31,96±0,32
HOG	IRR	19,1±0,59	7,64±0,75	16,79±1,19	6,64±0,69	46,83±0,15
	S IRR	13,71±0,64	9,23±0,42	19,23±0,63	2,11±0,54	37,79±0,27
ALT	IRR	10,69±0,33	7,71±0,7	14,57±1,42	7±0,41	46,61±0,19
	S IRR	9,69±1,22	7,27±0,4	15,7±0,73	2,21±0,18	38,04±0,21
OZ	IRR	13,06±1,13	6,23±0,41	19,07±1,46	9,71±0,39	55,86±0,24
	S IRR	13,71±0,63	7,04±0,3	19,78±0,29	6,04±1,12	47,47±0,11
POLO	IRR	14,07±0,19	6,57±0,67	14,93±1,42	8,71±0,64	59,86±0,22
	S IRR	10,43±1,24	7,21±0,49	20,11±0,84	6,7±0,55	54,99±0,29

FE : La feuille étendard. **SB :** Epi sans barbe. **AB :** Epi avec barbe. **EN :** Entre nœud.

HV : Hauteur de végétation.

II.1.1.1. La hauteur de la feuille étandard

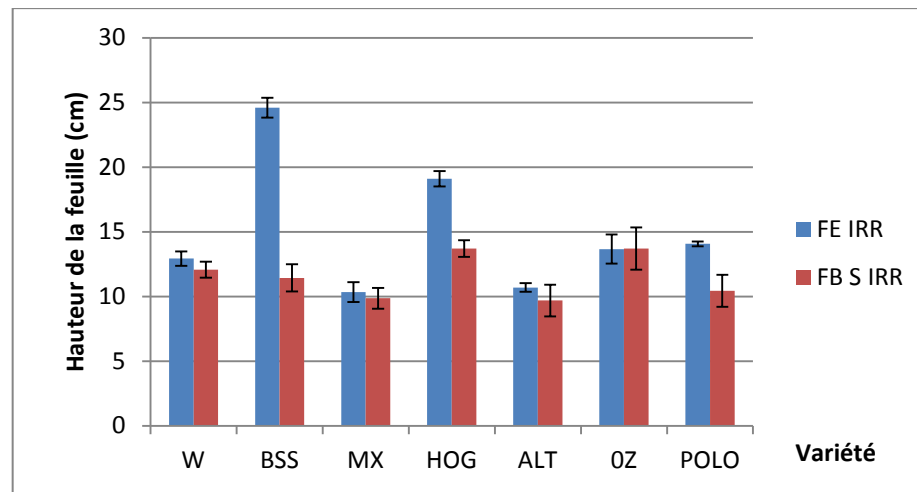


Figure 20 : La longueur de la feuille étandard chez les sept variétés du blé dur en conditions irriguées et pluviales.

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 01).

Les valeurs de la longueur de la feuille étandard sont élevées chez les sept variétés en conditions irriguées.

En conditions irriguées, les valeurs de la longueur des feuilles étandard les plus élevées sont enregistrées chez Bousselem avec maximum de $(24,59 \pm 0,76)$ et minimum de $(10,34 \pm 0,77)$ chez Mexicali.

En conditions pluviales, on note chez Hoggar et Oued Zenati les valeurs les plus élevées avec maximum de $(13,71 \pm 0,64)$. et une valeur minimal de $(9,69 \pm 1,22)$ chez Altar.

L'étude des résultats (Figure 20), démontre que l'irrigation de complément est amélioré la longueur de la feuille étandard chez les sept variétés et la meilleur amélioration remarquer chez Bousselem et Hoggar qui représentent une différence de $(13,16\text{cm})$ et $(5,39\text{cm})$ respectivement.

La longueur des feuilles est un paramètre très sensible au stress hydrique et à la haut température, se stress à considérablement réduit la longueur des feuilles. 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. Ces modifications affectent la partie aérienne ou souterraine.

II.1.1.2. La hauteur de végétation

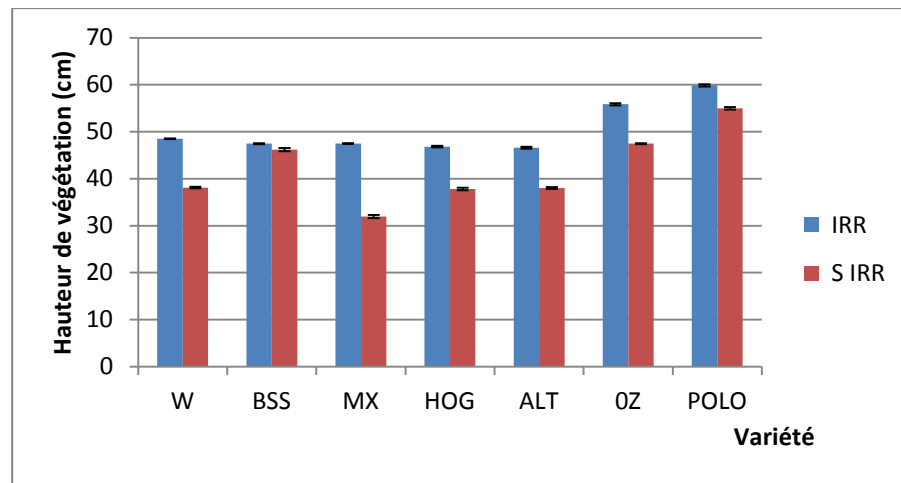


Figure 21 : La hauteur de végétation chez les sept variétés du blé dur en conditions irriguées et pluviales.

Selon l'analyse de la variance, les résultats de la hauteur de végétation enregistrent une différence très hautement significative entre les sept variétés (Annexe 01).

Les valeurs de la hauteur de végétation sont élevées chez les sept variétés en conditions irriguées.

Selon l'histogramme ci-dessus on note chez la variété Polonicum une valeur la plus élevée avec maximum de $(59,86 \pm 0,22)$, et minimum de $(46,61 \pm 0,19)$ chez Altar en conditions irriguées. Et on note chez la variété Polonicum une valeur la plus élevée avec $(54,99 \pm 0,29)$ et chez la variété Mexicali la valeur la plus faible avec $(31,96 \pm 0,32)$ en conditions pluviales.

Nos résultats, montre que l'irrigation de complément augmente la hauteur de végétation chez les sept variétés, cette augmentation est apparait bien chez les variétés Mexicali avec une différence de $(15,5\text{cm})$ et Waha avec une différence de $(10,38\text{cm})$ et Hoggar avec une différence de $(9,04\text{cm})$.

La hauteur de la plante apparaît comme un critère important pour la sélection. **Meklich-Hanifi, (1983)** trouve une liaison positive et significative entre le rendement et la hauteur de la paille. Les variétés hautes répondent mieux aux concurrences vis-à-vis la lumière et les adventices. Les variétés courtes tolèrent mieux aux conditions de stress. D'autre par, la compacité de l'épi et la grosseur se favorisent la verse surtout après les pluies ou l'irrigation (**Rezgui et Hamza, 1995**).

Nos résultats semblent concorder avec les travaux de **Djaidjaa, (2013)**, qui montre que cette réduction de la hauteur des plantes est due au stress hydrique car cette année a connu un faible taux de précipitation. Le déficit hydrique arrivant au stade jeune (tallage) réduit en même temps la croissance en hauteur et le nombre d'épis par unité de surface et limite tous les processus physiologiques (**Bennaceur et al., 1999**).

II.1.3. Longueur d'épi avec barbe

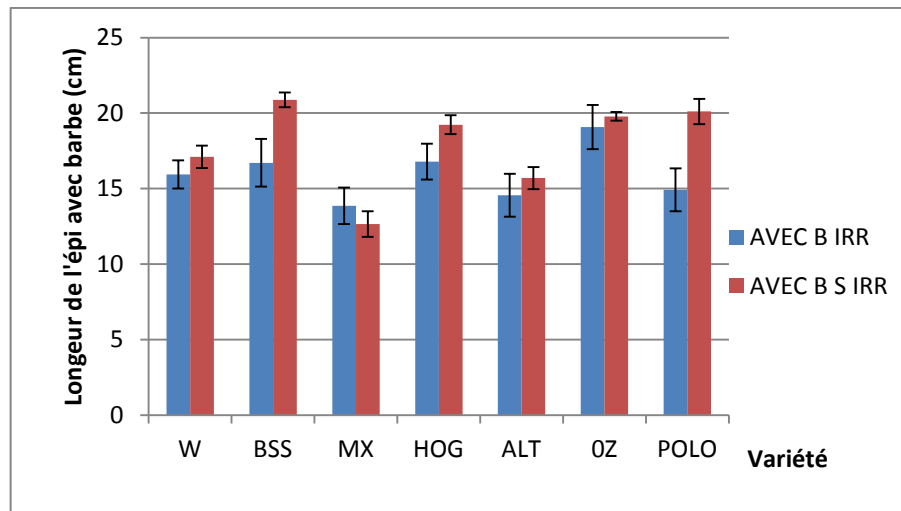


Figure 22 : La longueur de l'épi avec barbe chez les sept variétés du blé dur en conditions irriguées et pluviales.

Selon l'analyse de la variance, les résultats de la longueur d'épi avec barbe enregistrent une différence très hautement significative entre les sept variétés (Annexe 01).

Les résultats obtenus montrent que les valeurs les plus élevées de la longueur d'épi avec barbe sont observées en conditions pluviales avec maximum de $(20,87 \pm 0,49)$ chez Bousselem et minimum de $(12,66 \pm 0,85)$ 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 $(19,07 \pm 1,46)$ et une valeur minimale de $(13,86 \pm 1,21)$ 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**). Ces résultats semblent concorder avec les travaux de **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 Bousselem, Polonicum, Hoggar, et Oued Zentati.

II.1.1.4. Longueur d'épi sans barbe

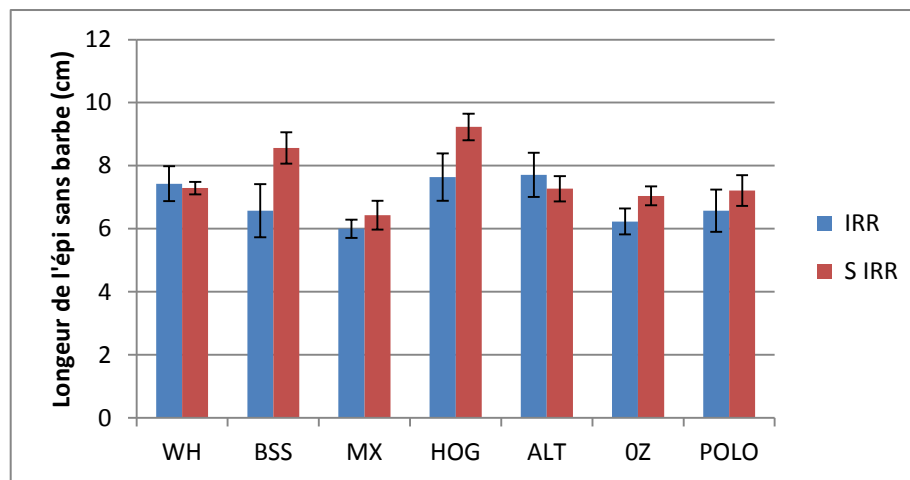


Figure 23 : La longueur de l'épi sans barbe chez les sept variétés du blé dur en conditions irriguées et pluviales.

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 (Annexe 01).

Les valeurs les plus élevées de la longueur de l'épi sans barbe sont remarquées chez Hoggar, Bousselem, Polonicum, Oued Zenati, et Mexicali en conditions pluviales.

En conditions pluviales, Les variétés (Bousselem et Hoggar) représentent les valeurs les plus élevées, avec un maximum chez la variété Hoggar ($9,23 \pm 0,42$). Par contre, les variétés (Mexicali et Oued Zenati) représentent les valeurs les plus faibles d'un minimum ($6,43 \pm 0,46$) chez la variété Mexicali.

Pour le traitement irrigué, on remarque que la valeur la plus élevée est égale à ($7,71 \pm 0,7$) enregistrée chez Altar et une valeur plus faible égale à ($6,00 \pm 0,29$) enregistrée chez Mexicali.

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.

Les barbes par leurs port dressés et leurs position au immédiat de la graine, conditionnent sa formation (Gate *et al.*, 1990). Alors que dans certains cas le rendement en grain paraît insensible à la longueur de l'épi.

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, Oued Zenati, et Polonicum.

II.1.1.5. Longueur entre nœuds

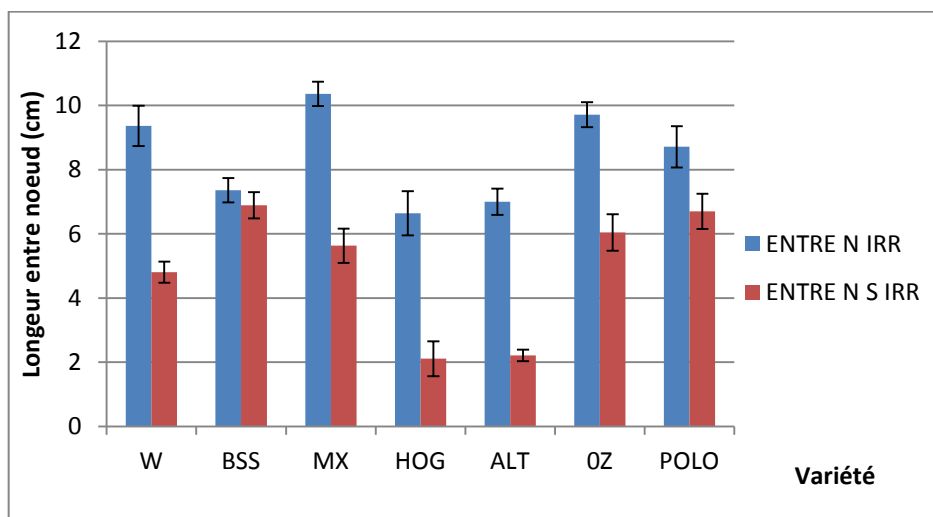


Figure 24 : La longueur entre nœuds chez les sept variétés du blé dur en conditions irriguées et pluviales.

Selon l'analyse de la variance, les résultats de la longueur entre nœuds enregistrent une différence très hautement significative entre les sept variétés (Annexe 01).

Les valeurs les plus élevées de la longueur entre nœuds sont observées en conditions irriguées chez les sept variétés avec maximum de $(10,36 \pm 0,38)$ chez Mexicali et minimum de $(6,64 \pm 0,69)$ chez Hoggar. En conditions pluviales la valeur la plus élevée est exprimé par la variété Bousselem avec $(6,89 \pm 0,41)$. Par contre, la variété Hoggar représente la valeur la plus faible avec $(2,11 \pm 0,54)$.

Selon l'histogramme ci-dessus on note que l'irrigation de complément améliore la longueur entre nœuds chez les sept variétés avec une forte augmentation chez Waha, Mexicali, Hoggar, Altar, avec une différence de (4,8cm, 4,7cm, 4,5cm, 4,8cm) respectivement.

Le blé demande 450 à 650mm de pluie, pour un bon rendement, selon le climat et la longueur de cycle végétatif (**Moule, 1980**). Un déficit de début montaison affecte l'allongement des premiers entre-nœuds tandis qu'un déficit de fin de montaison, plus fréquent réduit la longueur des derniers entre-nœuds et du col de l'épi. En plus de la hauteur, on observe aussi des peuplements épis anormalement faibles. Les entre-nœuds, qui représentent environ 50% de la masse de la paille, lui donnent sa résistance mécanique, alors que les nœuds et les feuilles qui contiennent plus de minéraux et moins de cellulose que les entre-nœuds ont une moins bonne tenue mécanique (**Gate, 1995**).

II.1.2. Variation des paramètres physiologiques

II.1.2.1. La teneur relative en eau (TRE%)

Les résultats de la teneur relative en eau présentés dans le (Tableau VII).

Tableau.VII : la variation de la teneur en eau chez les sept variétés étudiées en ($\mu\text{g} / \text{g MF}$) en conditions irriguées et pluviales.

Variété	Traitement	TRE
WH	IRR	65,77± 0,4
	S IRR	65,17 ± 0,55
BSS	IRR	88,97± 0,49
	S IRR	88,83 ± 0,45
MX	IRR	73,47 ± 0,9
	S IRR	69,47 ± 0,95
HOG	IRR	68,32 ± 0,98
	S IRR	58,87 ± 0,41
ALT	IRR	87,33 ± 1,55
	S IRR	54,8 ± 1,14
	IRR	71,67 ± 0,15

OZ	S IRR	63,37 ± 0,06
POLO	IRR	74,23 ± 0,64
	S IRR	73,77 ± 0,47

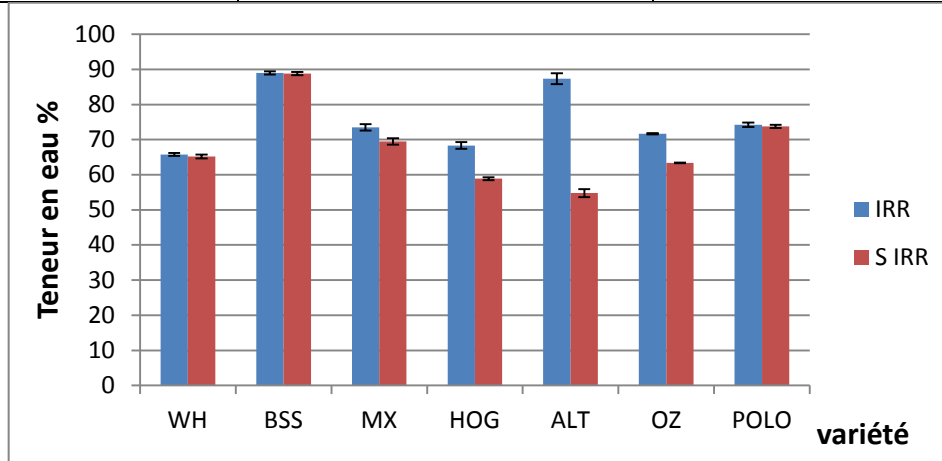


Figure 25 : la teneur relative en eau chez les sept variétés du blé dur en conditions irriguées et pluviales.

Le comportement des sept variétés de blé dur étudié vis-à-vis du stress hydrique est analysé par une étude d'état hydrique des feuilles étendard en conditions irriguées et pluviales.

Selon l'analyse de la variance, les résultats de la teneur en eau enregistrent une différence hautement significative entre les sept variétés (Annexe 01).

Les valeurs les plus élevées de TRE sont observées chez quelques variétés variétés en conditions irriguées et pluviales. Et Les variétés Waha, Bousselem et polonicum enregistres des valeurs très proche entre eux dans les deux traitements.

En conditions pluviales et irriguées, la teneur en eau la plus élevée est enregistrée chez Bousselem avec maximum de (88,97±0,49) et une valeur minimale de (65,77±0,4) enregistrée chez Waha.

En en conditions pluviales, nous avons observé une diminution de la teneur en eau des feuilles par apport au feuilles en condition irriguée, sachent que Bousselem représente la valeur la plus élevée avec (88,83±0,45) et Altar représente la valeur la plus faible avec (54,8±1,14).

Les résultats obtenus en conditions irriguées (figure 25) démontrent que L'irrigation de complément améliore chez quelques variétés la teneur en eau par rapport à conditions

pluviales citant Altar avec une différence de (32,53 %), Hoggar avec une différence de (9,45%), Oued Zenati avec une différence de (8,3%) et Mexicali avec une différence de (4%).

La teneur relative en eau est un paramètre physiologique indicateur de la résistance des espèces vis-à-vis d'un stress hydrique. **Siddique et al., (2000)**, montrant que durant le développement végétatif, le stress hydrique réduit significativement les valeurs de la teneur relative en eau.

On a confirmé nos résultats avec les travaux de **Berka et Aïd, (2009)**, qui montrent que Les espèces végétales qui maintiennent des teneurs foliaires relatives en eau élevées sont considérées comme étant des espèces résistantes au stress hydrique. le cas de Bousselem, Altar, Polonicum, et Mexicali. **Scofield et al., (1988)**. On note que la diminution de la TRE est plus rapide chez les variétés sensibles que chez les variétés résistantes. D'après **Oulmi, (2010)** la sélection pour une teneur relative en eau élevée a contribué à des améliorations du rendement.

II.1.2.2. La teneur en chlorophylle

Les résultats de la teneur en chlorophylle présentés dans le (Tableau VIII).

Tableau VIII : la variation de la teneur en chlorophylle chez les sept variétés étudiées en ($\mu\text{g} / \text{g MF}$) en conditions pluviales et irriguées.

Variété	Traitement	a	b	a+b
WH	IRR	4,69 ± 0,54	2,82 ± 0,72	15,47 ± 1,32
	S IRR	0,49 ± 0,08	2,38 ± 0,5	5,11 ± 0,62
BSS	IRR	5,45 ± 0,14	0,35 ± 0,35	10,84 ± 0,49
	S IRR	5,68 ± 0,1	1,73 ± 0,36	11,53 ± 0,95
MX	IRR	5,17 ± 0,3	14,69 ± 0,98	24,46 ± 1,56
	S IRR	5,15 ± 0,09	2,24 ± 0,74	11,29 ± 0,52
HOG	IRR	3,13 ± 0,38	3,29 ± 0,59	8,55 ± 0,32
	S IRR	2,95 ± 0,3	1,37 ± 0,24	6,68 ± 1,64
ALT	IRR	4,99 ± 0,65	4,61 ± 0,61	12,31 ± 0,88
	S IRR	1,18 ± 0,17	1,41 ± 0,19	2,84 ± 0,47
OZ	IRR	25,02 ± 0,77	33,55 ± 2,47	20,06 ± 0,96
	S IRR	8,52 ± 0,39	7,67 ± 0,76	16,89 ± 0,83
POLO	IRR	15,17 ± 0,41	19,08 ± 1,11	39,56 ± 0,9
	S IRR	9,77 ± 0,58	5,19 ± 0,16	22,48 ± 1,29

- Chlorophylle (a)

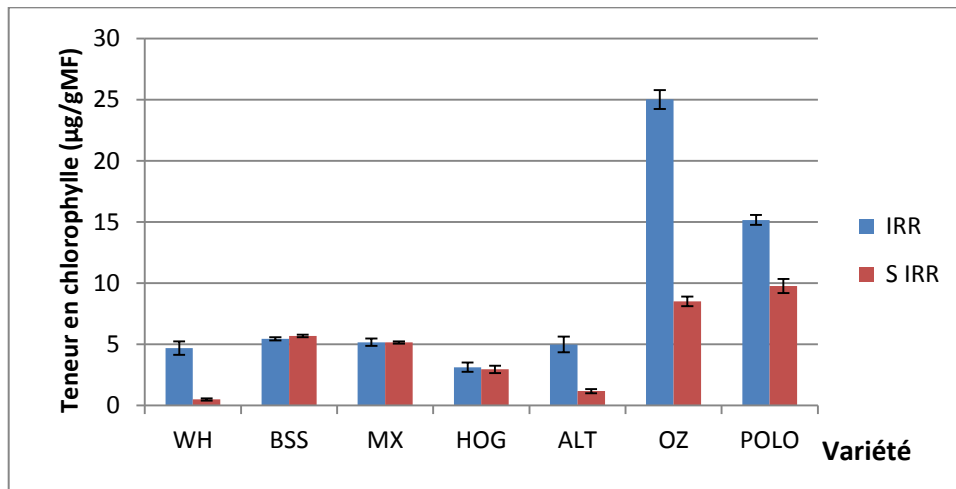


Figure 26 : Teneur en chlorophylle (a) chez les sept variétés du blé dur en conditions irriguées et pluviales.

- Chlorophylle (b)

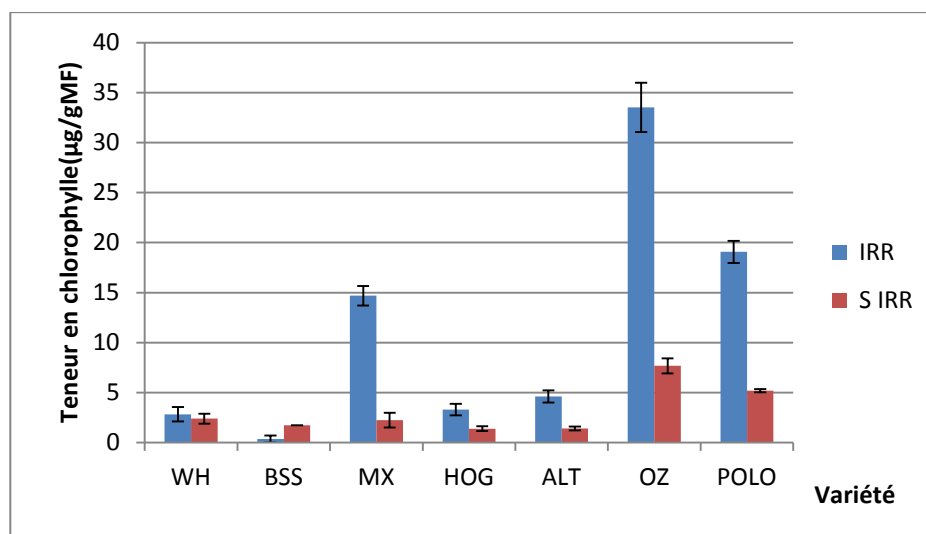


Figure 27 : Teneur en chlorophylle (b) chez les sept variétés du blé dur en conditions pluviales et irriguées.

- Chlorophylle (a+b)

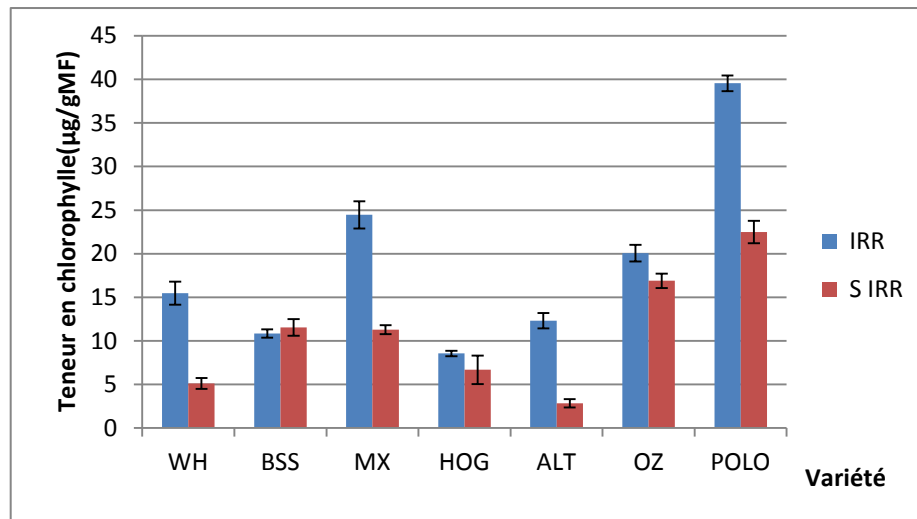


Figure 28 : Teneur en chlorophylle (a+b) chez les sept variétés du blé dur en conditions irriguées et pluviales.

L'analyse de la variance réalisée pour les trois paramètres : chlorophylle (a), chlorophylle (b) et chlorophylle (a+b), présente une différence hautement significative pour les sept variétés du blé dur étudiées (Annexe 01).

La teneur en chlorophylle chez les feuilles en conditions pluviales est au-dessous de celle des feuilles en conditions irriguées (Figure 28).

Sous conditions de bonne alimentation hydrique, on note que les valeurs du taux de la chlorophylle totale diffèrent selon les variétés. Les variétés (Waha, Mexicali, Oued Zenati, Polonicum) représentent les TCT les plus élevés, avec un maximum chez la variété Polonicum (39.56 ± 0.9) (Tableau VIII). Par contre, les variétés (Bousselem, Hoggar, Altar) représentent les TCT les plus faibles d'un minimum ($8,55 \pm 0.32$) chez la variété Hoggar.

Pour le traitement pluvial, on remarque que la valeur la plus élevée est égale à ($22.48 \pm 1,29$) enregistrée chez Polonicum et une valeur plus faible égale à ($2,84 \pm 0,47$) enregistrée chez Altar.

L'étude des résultats (Figure 28), démontre que l'irrigation de complément améliore la teneur de chlorophylle chez les variétés Polonicum avec différence de ($7 \mu\text{g/g MF}$), Mexicali avec différence de ($13,2 \mu\text{g/g MF}$), Waha avec différence de ($10,4 \mu\text{g/g MF}$), et Altar avec différence de ($9,5 \mu\text{g/g MF}$) et Oued Zenati avec une différence de ($3,2 \mu\text{g/g MF}$).

On signale que les variétés les plus tolérantes sont celles qui ont une teneur élevée de chlorophylle (a+b) c'est le cas de Polonicum, Mexicali, Oued Zenati, et Waha, nos résultats

concordent avec ceux de **Bousba, (2012)** qui ont confirmé que Les plantes de blé sous stress hydrique réagissent par une baisse de leur teneur en chlorophylle totale qui peut être dû à une dilution suite au maintien d'une teneur relative en eau élevée. la chute des teneurs en chlorophylle est la conséquence de la réduction de l'ouverture des stomates visant à limiter les pertes en eau par évapotranspiration et par augmentation de la résistance à l'entrée du CO₂ atmosphérique nécessaire à la photosynthèse (**Bousba et al., 2009**).

La quantité de la chlorophylle des feuilles peut être influencée par beaucoup de facteurs tels que l'âge des feuilles, la position des feuilles, et les facteurs environnementaux tels que la lumière, la température et la disponibilité en eau (**Hikosaka et al., 2006**).

II.1.3. Variation des paramètres biochimiques

II.1.3.1. La teneur en proline

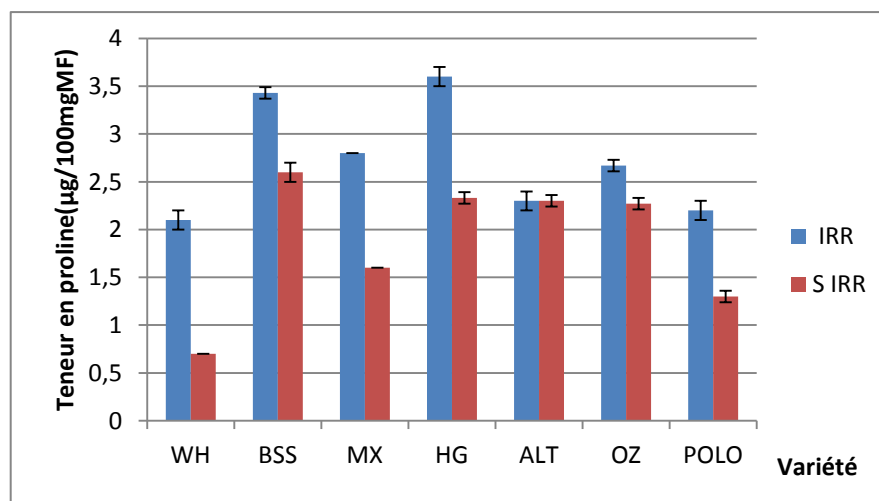


Figure 29 : L'évaluation de la teneur en proline chez les sept variétés du blé dur en conditions pluviales et irriguées.

Selon l'analyse de la variance, les résultats de la teneur en proline enregistrent une différence hautement significative entre les sept variétés (Annexe 01).

La teneur de la proline chez les feuilles en conditions pluviales est au-dessous de celle des feuilles en conditions irriguées.

Les résultats des moyens, qui sont illustrés sur la (Figure 29). En conditions irriguées, la teneur de la proline la plus élevée est enregistrée chez Hoggar avec maximum de $(3,6 \pm 0,1)$ et minimum de $(2,1 \pm 0,1)$ chez Waha. Par contre en conditions pluviales la valeur la plus élevée est enregistrée chez Bousselem avec maximum de $(2,6 \pm 0,1)$ et minimum de $(0,7 \pm 0)$ chez Waha.

Nous avons enlevé les feuilles étendard au stade de remplissage des grains donc nos résultat semblent concorder avec les travaux de **Saeedipour et Moradi, (2011)**, qui montrent que La sensibilité du blé au stress hydrique est particulièrement importante durant la période du remplissage des grains, parce que cette phase de reproduction est très sensible au statut hydrique de la plante.

En état de stress, la proline joue plusieurs fonctions à savoir : ajustement osmotique (**Voetberg et Sharp, 1991**), osmoprotecteur (**Moradshahi et al., 2004 ; Kishor et al., 2005**), antioxydant (**Eliane et al., 2007**), régulateur de l'acidité cytosolique (**Sivakumar et al., 2000**), réserve de carbone et de nitrogène après disparition du stress (**Diaz et al., 1999 ; Kala et Godara, 2011**), marqueur de stress (**Chaib et Benlaribi, 2006 ; Chaib et al., 2008**) et caractère d'adaptation (**Din et al., 2011**).

Selon **Wilfred, (2005)**, la capacité d'accumuler la proline chez les plantes est un facteur variétal et un signe de tolérance au stress hydrique, le cas de Hoggar, Bousselem, et Mexicali. Plusieurs auteurs montrent que l'augmentation de la teneur en proline est reliée directement à l'application du stress hydrique (**Cechin et al., 2006**).

L'étude des résultats démontre que, l'irrigation de complément augmente la tolérance au stress hydrique par l'accumulation de la proline, les variétés les plus tolérantes au stress sont Hoggar, Bousselem, Mexicali, et Waha.

II.1.3.2. La teneur en sucres solubles

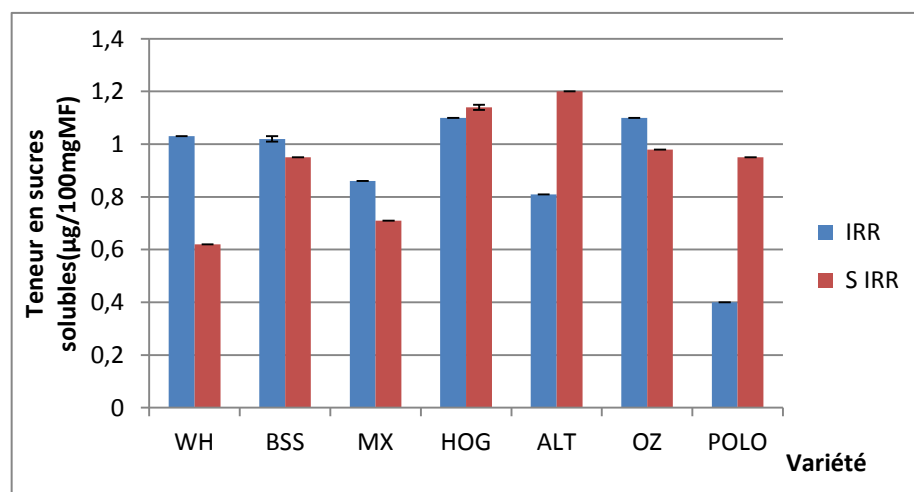


Figure 30 : L'évaluation de la teneur en sucres solubles chez les sept variétés du blé dur en conditions irriguées et pluviales.

Selon l'analyse de la variance, les résultats de la teneur en sucres solubles enregistrent une différence significative entre les sept variétés (Annexe 01).

Les résultats obtenus pour ce paramètre d'adaptation pour l'ensemble des variétés étudiées marquent la présence d'une grande variabilité.

Sous conditions irriguées, une accumulation des sucres solubles élevée de $(1,1\pm 0)$ notée chez Hoggar et Oued Zenati, Les teneurs en sucres solubles fluctuent entre une valeur minimale enregistrée chez Polonicum de $(0,4\pm 0)$. Sous conditions pluviales, on note une valeur maximale de $(1,2\pm 0)$ enregistrée chez Altar et une valeur minimale de $(0,62\pm 0)$ chez Waha.

L'étude des résultats démontre que, l'irrigation de complément augmente la tolérance au stress hydrique par l'accumulation des sucres solubles, les variétés les plus tolérantes au stress sont Altar, Hoggar, Oued Zenati, Waha, et Bousselem.

Selon l'histogramme ci-dessus, on note que les variétés (Waha, Bousselem, Mexicali et Oued Zenati) représentent une accumulation des sucres solubles plus élevée sous condition irriguée que sous conditions pluviales, cette augmentation est en réalité une confirmation des résultats de **Saeedipour et Moradi, (2011)**, qui montrent que La sensibilité du blé au stress hydrique est particulièrement importante durant la période du remplissage des grains parce que cette phase de reproduction est très sensible au statut hydrique de la plante.

Les sucres solubles sont des indicateurs des degrés de stress, à cause de son importante augmentation lors de la sévérité, les sucres métaboliques (glucose, galactose, saccharose, et fructose) permettent la résistance aux différents stress (**Zerrad et al., 2006**). L'accumulation des sucres n'est qu'un phénomène d'adaptation au stress qui permet à la plante de maintenir sa turgescence par la diminution et l'ajustement du potentiel hydrique (**Monneveux, 1991; Abdalla, 2011; Nazarli et al., 2011**). Les hydrates de carbone peuvent être un facteur essentiel dans l'accumulation de la proline (**Stewart, 1972**).

Conclusion et perspectives

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, physiologiques, et biochimiques. Les résultats qui peuvent être tirés sont regroupés dans les points suivants :

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

- Pour les paramètres physiologiques, une augmentation de la teneur en eau et la teneur en chlorophylle chez les sept variétés sous conditions irriguées, et une diminution de ces derniers sous conditions pluviales, c'est le cas d'Altar, Mexicali, et Polonicum.

- La réponse biochimique, est évaluée à travers le processus d'accumulation de la proline et les sucres solubles de sept variétés sous conditions pluviales et irriguées, les variétés qui expriment leur capacité à synthétiser et d'accumuler la proline et les sucres solubles en grandes quantités sont Bousselem, Hoggar, Altar, et Mexicali.

- 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.

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

- **Abbas K., A. Abdelguerfi., 2005** : Perspectives d'avenir de la jachère pâturée dans les zones céréalières semi-arides. *Fourrages* 184: 533-546.
- **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.
- **Abdalla M.M., 2011**: Beneficial effects of diatomite on the growth, the biochemical contents and polymorphic DNA in *Lupinus albus* plants grown under water stress. *Agriculture and Biology Journal of North America*, , 2(2), 207-220.
- **Abeledo L.G., Savin R., Gustavo A. & Slafer., 2008**:Wheat productivity in the Mediterranean Ebro Valley: Analyzing the gap between attainable and potential yield
- **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.
- **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. Mo,tpellier (Feance), 253p.
- **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.*
- **Assem, N., El Hafid, L., Haloui, B., & El Atmani, k., 2006** : Effets du stress hydrique appliqué au stade trois feuilles sur le rendement en grains de dix variétés de blé cultivées au Maroc oriental. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 17 (4) : 499-505.
- **Bachir Bey I, Soumatia N., 2015**: Contribution à l'étude de l'effet de la fréquence d'irrigation sur la production du blé dur sur des sols lourds en zone semi-aride thème de Master,Univ,Djilali Bounaama Khemis Miliana 19p.
- **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 devariants somaclonaux sélectionnés *In vitro*. Thèse de doctorat. Univ. Louvain. (Mémoire Mouellef A., 2010).37p.
- **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.
- **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.
- **Barrs., 1968**: Determination of water deficit in plant tissues. Dans : *Water Deficit and Plant Growth*, Koslowski, T. (éd.). *Academy Press*, New York, pp. 235-368.
- **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.
- **Belaid D., 2000**: The economics of durum wheat production in WANA: Past trends and future prospects. In: *Proceedings of the symposium blé 2000, enjeux et strategies*, 49-70.
- **Bennaceur M., Gharbi M.S. & Paul R., 2001** : L'amélioration variétale et les autres actions contribuant à la sécurité alimentaire en Tunisie en matière de céréales. *Sécheresse*.**10** :27- 33 p.
- **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.
- **Berka S., & Aïd, F., 2009** : Réponses physiologiques des plants d' *Argania spinosa* (L.) Skeels soumis à un déficit hydrique édaphique. *Sécheresse*, 20 (3) : 296-302.

- **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.
- **Blum A., 1985:** Photosynthesis and transpiration in leaves and ears of wheat and barley varieties. *J. exp. Bot*, 36: 432-440.
- **Bourras L., 2001 :** Effet du stress hydrique sur les composantes du rendement de quelques genotypes de blé dur – Thèse de Magistère – INA El Harrach.
- **Bousba R., 2012 :** Caractérisation de la tolérance à la sécheresse chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) : Analyse de la physiologie et de la capacité en production. Thèse de doctorat Es Science en biologie végétale, option, Bases génétique de la production végétale. Université Constantine. 1226 p.
- **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
- **Bouthiba A., Debaeke P., 2001 :** Besoins en eau de différente variété 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.
- **Bouthiba A., Debaeke P., Hamoudi, S.A., 2008:** 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.
- **Bouthier, A., J. M. Deumier, and J.P. Bonnifel., 2000 :** Gérer les ressources en eau Optimiser l'irrigation des céréales. Persp. Agric. N° 256.
- **Cechin I., Rossi S.C., Oliveira V.C. & Fumis T.F., 2006:** Photosynthetic responses and proline content of mature and young leaves of sunflower plants under water deficit. *PHOTOSYNTHETICA* **44** (1): 143-146p.
- **Chaib G. et Benlaribi M., 2006 :** Proline Accumulation in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) under water deficit. Arab. Univ. J. Agric. Sci., Ain Schams Univ ,Cairo,14(1),235-247.
- **Chaib G., Hazmoune T. et Benlaribi M., 2008 :** Impact de stress hydrique sur le test proline autant qu'indicateur à la biodiversité de blé dur .Annales de l'INRGREF, Actes des Journées Scientifiques de l'INRGREF, « La biodiversité dans les aires Protégées » Hammamet, Tunisie, 11-13 Novembre 2008.Numéro Spécial (12),732-746.
- **Chaise L., Ferla A. J., Honore A. & Moukhli R., 2005 :** L'impact du changement climatique sur l'agriculture en Afrique. Atelier Changement Climatique. *ENPC*.
- **Chamoun N., 1999 :** Les effets de l'irrigation complémentaire sur la productivité de blé tendre dans la Békaa Nord. Diplôme d'Etude Approfondies. Institut National Agronomique Paris-Grignon. 12- 14p.
- **CIC., 2007.** International Grains Council; *World Grains Statistics*, pp 13-17.
- **Clarck J.M. et Mac-Caig T.N., 1982 :** Excised leaf water relation capability as an indicator of drought resistance of *triticum* genotypes. *Canada Journal P lant science* 62, 571-576.
- **Curtis B.C., 2002:** Wheat in the world. In Curtis, B.C., Rajaram, S., Macpherson, H.G. eds, Bread wheat improvement and Production. 567 p. dans les zones semi-arides du Maroc. Dans : Actes de la Conférence sur les Acquis et
- **Davidson D.J., J.T. Ritchie, M. Calmon, J.M. Andriani, and D.J. Collino., 2004:** An empirical model for root water uptake. *Field Crop. Res.* 87 : 59-71.
- **Diaz P., Borsani O., et Monzo J., 1999:** Proline accumulation in plants as response to osmotic stress. *Agrociencia- Montevideo.*, 3, 1,1 10.
- **Din J., Khan, U., Ali, I., and Gurmani , R.A., 2011:** Physiological and agronomic response of Canola varieties to drought stress. *The Journal of Animal and Plant Sciences* 2011, 21(1),78-82.
- **Djaidjaa Z., 2013 :** Influence des systèmes de cultures et des rotations sur le sol et le végétal en zone semiarides. Mémoire de Magister : Université Saad Dahlab de Blida. 124 p.
- **Doré T., Le Bail, M., Martin, P., Ney, B., & Roger-Estrade, J., 2006 :** L'agronomie aujourd'hui. Quae, Versailles Cedex. 114-118.

- **Dubois M., Gilles K.A., Hamilton P.A., Ruberg A. & Smith F., 1956:** Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*.28.3:350-356p.
- **Eliane Cristina., 2007:** GruszkaVendruscolo, IvanSchuster,MarcosPileggi, Carlos Alberto Scapim, Hugo Bruno Correa Molinari,Celso Jamil Marur,and Luis Gonzaga Esteves Vieira..Stress-induced synthesis of proline confers tolerance to water in transgenic wheat.*journal of plant physiology*,164, 1367-1376.
- **F.A.O., 1986:** Crops Water requirements . In FAO. *Irrigation and Drainage paper* 24. P-144
- **Fahmi F., Tahrouch, S., Bouzoubâa, Z., & Hatimi, A., 2011:** Effet de l'aridité sur la biochimie et la physiologie d'argania spinosa. Actes du Premier *Congrès International de l'Arganier*, Agadir, pp. 299-308.
- **FAO STAT., 2016 :** céréales/données et BIILANS/> campagne 2014/15 /perspectives 2015/16.
- **FAO., 2009 :** Site des données statistiques de la FAO (Food and Agriculture Organisation of the United Nations): www.faostat.fao.org.
- **Feillet P., 2000 :** Le grain de blé dur : composition et utilisation. *INRA*. Paris.
- **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
- **Garcia Del moral, L.F., Y. Rharrabti, D. Villegas, and C. Royo., 2003:** Evaluation of grain Yield and its Components in Durum Wheat under Mediterranean Conditions: An Ontogenic Approach. *Agron. J* 95 : 266-274.
- **Gate P., 1995 :**Ecophysiologie du blé. Ed. ITCF. Technique et Documentation. Lavoisier, Paris, 419 p.
- **Gate P., Brain P., Colnenne J., Briffaux G., 1990 :** Pour les céréales à chaquevariété son époque valoriser. *Persp. Agric.*, 169.
- **Gaufichon, L., Prioul, J. L., & Bachelier, B., 2010 :** Quelles sont les perspectives d'amélioration génétique de plantes cultivées tolérantes à la sécheresse? In. *Etude de la fondation FARM*.
- **Granier, C., Inzé, D., & Tardieu, F., 2000 :** Spatial distribution cell division rate can be deduced from that of P34cdc2 kinase activity in maize leaves grown in contrasting conditions of temperature and water status. *Plant Physiol*. 124:1393-1402 p.
- **Grennan A.K., 2006:** High Impact Abiotic Stress in Rice. An "Omic" Approach; *Plant Physiol*, April 2006, Vol. 140, pp. 1139–1141.
- **Grignac P., 1965 :** Contribution à l'étude du *triticum durum* Desf. Thèse de doctorat, univer. Toulouse, 146p.
- **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.
- **Hannachi A., Z.Fellahi, H.Bouzerzour, A.Boutekrabt., 2013:** Correlation, Path Analysis and Stepwise Regression in Durum Wheat (*Triticum Durum* Desf.) under Rainfed Conditions. *Journal of Agriculture and Sustainability.*, 3 (2) :122-131.
- **Henry Y., J. Buyser., 2000 :** L'origine du blé. *Pour la Science* 26 :60-62.
- **Hikosaka K., Ishikawa K ., Borjigidai A ., Muller O. & Onoda Y., 2006:** Temperature acclimation of photosynthesis: mechanisms involved in *the changes in temperature dependence of photosynthetic rate*. *J. Exp. Bot.* 57 : 291-302 p.
- **Hopkins, W. G., 2003 :** Physiologie végétale. 2éme édition. De Boeck, Bruscelles: 61-476.
- **ICARDA., 1986 :**Annuel Report. *Aleppo.Syrie*.
- **Kala S. and Godara, A.K., 2011:**Effect of moisture stress on leaf total proteins, proline and free amino acid content in commercial cultivars of *Ziziphus mauritiana*. *Journal of Scientific Research*, , 55, 65-69.
- **Karakas O., Gurel F., Uneuoglu UA., 2011:** Assessment of genetic diversity of wheat genotypes by resistance gene analog. Est markers *genetics and molecular research* 101098-1110.
- **Kishor PBK., Sangam S., Amrutha RN., Laxmi PS., Naidu KR., Rao KS.** Regulation of proline biosynthesis, degradation, uptake and transport in *higher plants*: its implications in *plant growth and abiotic stress tolerance*. *Curr Sci*,88,424–38.

- **Maachi L., 2005:** Etude de comportement d'une céréale à grains sous centre pivot dans la région de Ouargla : Evaluation de l'efficacité de l'irrigation et de la fertilisation azotée, Thèse., Ing, agro, Sah. ITAS, Ouargla, 91p.
- **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., 2012.** Annuaire statistiques du Ministère de l' Agriculture et du Développement Rural. Série B..
- **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.
- **Megherbi, A., Mehdadi, Z., Toumi, F., Moueddene, K., & Bouadjra, S. E. B., 2012 :** Tolérance à la sécheresse du blé dur (*Triticum durum* Desf.) et identification des paramètres morphophysologiques d' adaptation dans la région de Sidi Bel-Abbès (Algérie occidentale), *Acta Botanica Gallica*, 159 (1) : 137-143.
- **Mekliche H.L., 1983 :** Etude agronomique, analyses diallèles et cytogénétique de quatre variétés de blé tendre cultivées en Algérie. Thèse de magister. I.N.A. El-Harrach, 150p.
- **Merabet B.A, et A. Bouthiba., 2006 :** Etude du comportement de la variété de blé dur améliorée Tassili conduite en sec et en irrigué vis-à-vis de la variabilité de la pluviométrie interannuelle et de l'efficacité d'utilisation de l'eau. Ann. De l'NA, Vol. 27 1et 2.
- **Monneveux Ph. and Nemmar M., 1986 :** Contribution à l'étude de la sécheresse chez le blé tendre (*Triticum durum* DesF). Etude de l'accumulation de la proline au cours du cycle de développement. Agronomie, 6(6),583-590.
- **Moradshahi,A.,Eskandari, S.B. and Kholdebarin, B., 2004:**Some Physiological responses of Canola(*Brassica napus* L.) to water deficit stress under laboratory conditions.Iranian Journal of *Science and Technology,Transaction A*, , 28(A1), 43-50.
- **Morsli L., 2010 :** Adaptation du blé dur (*triticum durum* desf) dans les conditions des hautes plaines constantinoises.diplôme de Doctorat.Univ Badji Mokhtar.annaba. 3-18p.
- **Mouellef A., 2010 :**Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (*Triticum durum* Desf.).au stress hydrique.Mém.Magister. Univ. Mantouri. Constantine.10.29p.
- **Moule C., 1971 :** Céréales II. Bulletin FAO d'irrigation et de drainage N° 35. « La mécanisation de l'irrigation par aspersion », pp91-92.
- **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*).
- **Mziani L., Bamoun A.,Hamou N.,Brisin 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:** Germplasmprogram céréales : productivity and yied stability. In: *Cérail improvement program Annual Repport*. ICARDA, Alpos, Syria. 116p.
- **Nadjem k., 2012 :** Contribution à l'étude des effets du semis direct sur l'efficacité d'utilisation de l'eau et le comportement variétal de la culture de blé en région semi-aride.Mém.Magister.Univ.Farhat abbas.sétif.12p.
- **Nazarli A., Faraji, F and Zardashti, M.R., 2001:** Effect of drought stress and polymer on osmotic adjustment and photosynthetic pigments of sunflower Cercetari Agronomie in *Moldova*, , 44(1) 35-42.
- **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.
- **Nouri L., Ykhlef N. & Djekoun A., 2002 :** Ajustement osmotique et comportement hydrique chez certaines variétés de blé dur : relation avec la tolérance à la sécheresse. Actes de séminaire' IIIème journées Scientifiques sur le blé'.(éd). Univ. Mentouri. Constantine.
- **Office National de la Météorologie., 2017 :** Station bordj Bou Arreridj.
- **Oulmi., 2010 :** Contribution à l' étude de la variation de la teneur relative en eau, la température de la canopée et la structure foliaire chez des populations de blé dur (*Triticum durum* Desf.). Mémoire de magister en Biologie végétale. Université Sétif. 92p.

- **Pena R.J., WH. Pfeiffer., 2005:** Breeding methodologies and strategies for durum wheat quality improvement. In Conxita, R., Nachit, M., di Fonzo, N., Araus, J.L., Pfeiffer, W.H., & Slafer, G.A. (eds.). Durum wheat breeding: current approaches and future strategies. *Food product press*.663-686.
- **Peña, R.G., 2002:** Wheat for bread and other food In *BC Curtis, S Rajaram, HG Macpherson*, eds, Bread wheat improvement and Production, volhttp://www.fao.org/. 567 p. Perspectives de la Recherche Agronomique dans les Zones Arides et Semi-arides du Maroc, El Gharous, M., Karrou, M. et El Mourid, M. (éd), Rabat, 24-27 mai 1994.
- **Rao DN., Le Blanc BF., 1965 :** Effects of sulfur dioxide on the lichen alga, with special reference to *chlorophyll*. *Bryologist*; 69-75.
- **Rezgui M. et Hamza M., 1995 :** Utilisation des paramètres Ecophysiologiques comme Indicateurs de la Contrainte Hydrique pour Trois Variétés de Blé Dur. Les Annales de l'INRGREF, No. Spécial, *Economie de l'Eau en Agriculture*, pp, 18-32.
- **Rezgui, M., A. Zairi, E. Bizid et N. Benmechlia., 2005 :** Consommation et efficacité d'utilisation de l'eau chez le blé dur (*Triticum Durum Durum* Desf.) cultivé en conditions pluviales et irriguées en Tunisie. *Cah. Agric.* Vol. 14 n°4.
- **Rharrabti, Y., C. Royo, D. Villegas, N. Aparicio, and L.F. GarciadelMoral., 2003:** Durum wheat quality in Mediterranean environments I. Quality expression under different zones, latitudes and water regimes across Spain. *Field Crops Res.*80: 1236131.
- **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.
- **Robert D, Gate P, François C ., 1993.** Les stades du blé – Brochure de l'ITCF.
- **Ruel T., 2006.** Document sur la culture du blé, Ed: *Educagri*.18p
- **Saeedipour, S., Moradi, F., 2011.** Effect of Drought at the Post-anthesis Stage on Remobilization of Carbon Reserves and Some Physiological Changes in the Flag Leaf of Two Wheat Cultivars Differing in Drought Resistance. *Journal of Agricultural Science.* 3(3) : 81-92. <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v3n3p81>.
- **Salmi M., 2015.** Caractérisation morpho-physiologique et biochimique de quelques générations F2 de blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous conditions semi-arides. Mém. Magister. Univ. Ferhat Abbas Sétif 1.10.11p.
- **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 Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs.* 2010, p. 147-154. *LFZ Raumberg-Gumpenstein, Irnding, Austria.*
- **Scofield T., Evans J., Cook M.G. & Wardlow I.F., 1988:** Factors influencing the rate and duration of grain filling in wheat. *Aust.J. Plant physiol.* 4: 785 - 797 p.
- **Shao H.B. Shao M.A., Liang Z.S., 2006:** Osmotic adjustment comparison of 10 wheat (*Triticum aestivum* L) genotypes at soil water deficits, *Colloids Surf. B: Biointerfaces* , (b),47 (2) , 132-139.
- **Siddique, K.H.M., K.L Regan, D. Tennant, and B.D Thomson. 2001:** Water use and water use efficiency of cool season grain legumes in low rainfall Mediterranean-type environments. *Eur. J. of Agron.* 267-280.
- **Siddique, M.R.B., Hamid, A., Islam, M. S., 2000 :** Drought stress effects on water relations of wheat. *Botanical Bulletin Academia Sinica.* 41(1) : 35-39.
- **Sivakumar P, Sharmila P. Saradhip PP., 2000 :** Proline alleviates salt-stress induced enhancement in Ruisco oxygenase activity. *Biochem Biophys Res Commun*, 279;512-50.
- **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. Tunis.
- **Slama A., Ben Salem M., Ben Naceur M. & Zid E.D., 2005:** Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. Institut national de la recherche agronomique de Tunisie (Inrat). Univ. Elmanar. Tunisie.
- **Soltner D., 2005 :** les grandes productions végétales : céréales, plantes sarclées, prairies. Sainte-Gemme-sur-loire, *Science et Techniques Agricoles.*
- **Stewart B.A., Musick J.T. 1982:** Conjunctive use of rainfall and irrigation in semiarid regions Adv. in *Irrigation* 1,1-24.

- **Stewart, C.R. , Lee, J.A., 1974:** The role of proline accumulation in halophytes. *Planta*, ,120 , 279-289.
- **Troccoli A., G.M. Borelli, P. De Vita, C. Fares, N. Di Fonzo., 2000 :** Durum wheat quality: A multi-disciplinary concept. *J. Cereal Sci.* 32: 99-113.
- **Troll W., & Lindsley, J., 1955:** A photometric method for the determination of proline, *J. Biochem.*, 215: 655 - 660.
- **Voetberg GS, Sharp R.E., 1991:** Growth of the maize primary root in low water potentials. III. Roles of increased proline depositions in osmotic adjustment. *Plant Physiol* .,96,1125–1130.
- **Wilfried C., 2005:** Proline as a measure of stress in tomato plants. *Plant Sci*, 168: 241-248. with a simulation model. *Europ. J. Agronomy*. **28**. 541-550p.
- **Xue Q., Z. Zhu, J. T Musick, B. A Stewart , and D, A Dusek., 2003:** Root growth and water uptake in winter wheat under deficit irrigation. *Plant and soil* 257; 151-161.
- **Ykhlef N., 2001.** Photosynthèse, Activité photochimique et tolérance au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum durum ; Desf*). Thèse de doctorat. Univ. Mentouri .Constantine.
- **Yokota A., Takahara, K., & Akashi, K., 2006:** Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants. *Springer*, 15–39.
- **Zerrad W, Hillali S, Mataoui B, El Antri S, Hmyene A., Mai 2006 :** Etude comparative des mécanismes biochimiques et moléculaires de résistance au stress hydrique de deux variétés de blé dur, Biochimie, Substances naturelles et environnement *Congrès international de biochimie*. Agadir, 09-12 361-376.

Annexes

Annexe 01

Tableau 1 : L'analyse de la variance de la longueur feuille.

Effect	Degr. of Freedom	FE SS	FE MS	FE F	FE p
Intercept	1	17348,52	17348,52	1007,290	0,000000
variété	6	750,98	125,16	7,267	0,000014
BLOC	6	9,64	1,61	0,093	0,996739
variété*BLOC	36	74,88	2,08	0,121	1,000000
Error	49	843,93	17,22		
Total	97	1679,43			

Tableau 2 : L'analyse de la variance de la hauteur de végétation.

Effect	Degr. of Freedom	HV SS	HV MS	HV F	HV p
Intercept	1	209396,9	209396,9	4877,127	0,000000
variété	6	3310,9	551,8	12,852	0,000000
BLOC	6	0,3	0,0	0,001	1,000000
variété*BLOC	36	1,7	0,0	0,001	1,000000
Error	49	2103,8	42,9		
Total	97	5416,7			

Tableau 3 : L'analyse de la variance de la hauteur de l'épi sans barbe.

Effect	Degr. of Freedom	Sans b SS	Sans b MS	Sans b F	Sans b p
Intercept	1	5119,274	5119,274	6214,405	0,000000
variété	6	44,089	7,348	8,920	0,000001
BLOC	6	0,283	0,047	0,057	0,999172
variété*BLOC	36	10,038	0,279	0,338	0,999499
Error	49	40,365	0,824		
Total	97	94,776			

Tableau 4 : L'analyse de la variance de la hauteur de l'épi avec barbe.

Effect	Degr. of Freedom	Avec b SS	Avec b MS	Avec b F	Avec b p
Intercept	1	28152,26	28152,26	5420,490	0,000000
variété	6	391,86	65,31	12,575	0,000000
BLOC	6	28,82	4,80	0,925	0,485400
variété*BLOC	36	72,75	2,02	0,389	0,998065
Error	49	254,49	5,19		
Total	97	747,92			

Tableau 5 : L'analyse de la variance de la longueur entre-noeud.

Effect	Degr. of Freedom	entre n SS	entre n MS	entre n F	entre n p
Intercept	1	3894,662	3894,662	434,0196	0,000000
variété	6	246,480	41,080	4,5779	0,000921
BLOC	6	19,243	3,207	0,3574	0,902119
variété*BLOC	36	185,416	5,150	0,5740	0,957902
Error	49	439,700	8,973		
Total	97	890,838			

Tableau 6 : L'analyse de la variance de la teneur relative en eau.

Effect	Degr. of Freedom	TRE SS	TRE MS	TRE F	TRE p
Intercept	1	216012,0	216012,0	2448,223	0,000000
variété	6	2541,9	423,7	4,802	0,003142
BLOC	2	0,8	0,4	0,005	0,995469
variété*BLOC	12	12,3	1,0	0,012	1,000000
Error	21	1852,9	88,2		
Total	41	4407,9			

Tableau 7 : L'analyse de la variance de la teneur en sucre soluble.

Effect	Degr. of Freedom	SUCR SS	SUCR MS	SUCR F	SUCR p
Intercept	1	35,55512	35,55512	748,4229	0,000000
variété	6	0,90910	0,15152	3,1894	0,021944
BLOC	2	0,00000	0,00000	0,0000	0,999972
variété*BLOC	12	0,00011	0,00001	0,0002	1,000000
Error	21	0,99764	0,04751		
Total	41	1,90685			

Tableau 8 : L'analyse de la variance de la teneur en proline.

Effect	Degr. of Freedom	PROLINE SS	PROLINE MS	PROLINE F	PROLINE p
Intercept	1	223,1010	223,1010	469,4509	0,000000
variété	6	12,5424	2,0904	4,3986	0,004968
BLOC	2	0,0005	0,0002	0,0005	0,999499
variété*BLOC	12	0,0762	0,0063	0,0134	1,000000
Error	21	9,9800	0,4752		
Total	41	22,5990			

Tableau 9 : L'analyse de la variance de chlorophylle a,b, et a+b.

Effect	Degr. of Freedom	CHLO a SS	CHLO a MS	CHLO a F	CHLO a p	CHLO b SS	CHLO b MS	CHLO b F	CHLO b p	Chlo a+b SS	Chlo a+b MS	Chlo a+b F	Chlo a+b p
Intercept	1	1820,555	1820,555	70,71798	0,000000	2158,027	2158,027	28,95971	0,000024	9274,423	9274,423	190,5147	0,000000
variété	6	1164,881	194,147	7,54148	0,000210	1836,557	306,093	4,10762	0,006993	2539,566	423,261	8,6946	0,000080
BLOC	2	0,134	0,067	0,00261	0,997395	0,205	0,102	0,00137	0,998627	2,606	1,303	0,0268	0,973620
variété*BLOC	12	1,424	0,119	0,00461	1,000000	10,863	0,905	0,01215	1,000000	16,861	1,405	0,0289	1,000000
Error	21	540,621	25,744			1564,883	74,518			1022,298	48,681		
Total	41	1707,061				3412,507				3581,332			

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, physiologiques, et biochimiques 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 étandard, la hauteur de végétation, la longueur entre nœud, la teneur en eau et la teneur en chlorophylle particulièrement les variété Bousselem, et Mexicali, Par contre le stress hydrique diminue ces paramètres et augmente en revanche la longueur de barbe et d'épi, la teneur en proline, et la teneur en sucres soluble particulièrement les variété Altar, et Hoggar.

Mots clé ; Blé dur, l'irrigation de complément, Paramètres morphologiques, Paramètres Physiologiques, Paramètres Biochimiques.

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 عدة مزايا مورفولوجية، فيزيولوجية وبيوكيميائية لسبعة أصناف من القمح الصلب زرعت في مناخ شبه جاف (الواد الأخضر - الحمادية) أين تم الحصول على النتائج التالية :

أكد التحليل الإحصائي للبيانات أن الري التكميلي حسن في سبعة أصناف طول ورقة العلم، ارتفاع النباتات، وطول ما بين العقد، والمحتوى المائي ومحتوى الكلوروفيل، نخص بالذكر الصنف بوسلام و ماكسيكالي، وبالمقابل فإن الإجهاد المائي يقلل من هذه المزايا ويزيد من جهة أخرى طول السنبل، محتوى البرولين و محتوى السكر نخص بالذكر كل من التار و الهقار.

كلمات البحث: القمح الصلب، الري التكميلي، مزايا مورفولوجية، مزايا فيزيولوجية، مزايا بيوكيميائية

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, physiological and biochemical 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, vegetation height, length between nodes, moisture content and chlorophyll content citing Bousselem, and Mexicali. By reducing water stress, these parameters are decreased and. On the other hand, the length of beard and ear, proline content, and soluble sugar content are cited as Altar and Hoggar.

Keywords: Durum wheat, complement irrigation, morphological parameters, physiological parameters, biochemical parameters