

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université 20 Août 1955 Skikda

Faculté des Sciences

Département des Sciences Agronomiques

Filière : Sciences Agronomiques

Option: Amélioration des plantes

Mémoire de fin d'études :

En vue de l'obtention du diplôme de Master II en Amélioration des plantes

Thème :

Effet du stress hydrique sur quelques paramètres de croissance de deux génotypes de blé dur (Triticum durum Desf)

Présenté par :

- Medroua Bouchra
- Attar Yousra

Membres de Jury:

Mr : Bounab O	(MCB)	Président	Université du 20 Août 1955 – Skikda
Mr : Boulechfar M	(MAA)	Examineur	Université du 20 Août 1955 – Skikda
Mr : Bendjama A	(MCA)	Promoteur	Université du 20 Août 1955 – Skikda

Année universitaire: 2021-2022

Remerciement

Avant de présenter ce travail, tout d'abord, nous tenons à remercier notre grand seigneur Dieu tout puissant pour nous avoir donné la foi en lui, d'avoir éclairé notre route et de nous avoir guidé dans le meilleur et le bon chemin.

Nous remercions tout d'abord notre encadreur, monsieur BENDJAMA Abdallah qui nous a suivi et dirigé tout au long de la réalisation de ce travail, et qui a été d'une aide très précieuse sur le plan scientifique et moral. Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à tous les enseignants de la filière sciences Agronomiques qui nous ont aidés tout au long de notre cursus universitaire.

Nous tenons à remercier également, les membres du jury pour l'honneur qu'ils me font en acceptant de juger et d'évaluer notre travail.

Mes plus grands remerciements vont à chaque fonctionnaire pour l'aide qu'il m'a fournie. Et son soutien durant toute la période de réalisation de ce travail et d'avoir mis à notre disposition tous les moyens nécessaire pour travailler dans les meilleures conditions.

Nous remercions aussi toutes les personnes qui nous ont bien aidées du rantnotre stage dans laboratoire de chimie analytique (dans l'laboratoire et la serre).

Je remercie infiniment mes parents, mes frères et mes sœurs, qui mon encouragé et aidé à arriver à ce stade de ma formation.

Enfin, nous tenons à exprimer nous sincères gratitudes pour tous ceux qui on participé de prés ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail aux plus chers à mon cœur : ma mère Aziza mon père Aziad, que j'aimerais à tout jamais pour votre tendresse et vos sacrifices.

A la plus belle sœur, ma seule précieuse, et mon soutien : Imen.

A mes frères : Samir, Hicham, Nasr Eddine.

A mon fiancé, Hicham.

A tous les membres de mes deux familles : Medroua

Petits et grands. Toutes mes amies : mon binôme

yusra, Fatima.

A tous la promotion d'Amélioration des plantes 2021/2022.

A tous ceux qui m'ont aidé à l'élaboration de ce travail.

A tous les personnes pour lesquels j'ai une place dans leur cœur

Que Dieu vous garde et vous protège.

Bouchra

Dédicace

Je dédicace ce modeste travaille aux plus cher à mon cœurs :ma mère Fatiha , mon père Rabah , que j'aimerais à tout jamais pour votre tendresse et vos sacrifies.

A mes sœurs : Karima, Nassima, Ilhame.

A mes frères : Moustafa, Hamza.

A tout les membres de mes deux familles : Attar et Bouzatouta

Petits et grands. Toute mes amies : mon binôme

Bouchra, Fatima.

A tous la promotion d'Amélioration des plantes 2021/2022.

A tous ceux qui mon aixé à l'élaboration de ce travail.

A tous les personnes pour lesquels j'ai une place dans leur cœurs

Que dieu vous garde et vos protège.

Yousra

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE

Chapitre Synthèse bibliographique

I .1.Généralités sur le blé dur.....	3
I .2. Origines géographique et génétique du blé dur (Triticum durum Desf.).....	3
I .2.1 Origines géographique du blé dur.....	3
I .2.2. Origines génétique du blé dur	4
I .3.Classification botanique du blé dur.....	5
I .4. Importance et production du blé dur	5
I .4.1 Dans le monde.....	5
I .4.2. En Algérie	7
I 5.Caractéristiques morphologiques du blé dur.....	8
I . 5.1. Le grain.....	8
I .5.2.Appareil végétatif.....	8
I .5.3.Appareil reproducteur.....	8
I .6.Structure et composition chimique du grain du blé dur.....	8
I .6.1. Structure du grain	8
I .6.2 Composition chimique du grain du blé dur.....	9
I . 7. Le cycle de développement du blé	11
I .7.1.levée.....	11
I .7.2.Tallage	11
I .7.3Période reproductrice.....	11

l . 7.3.1. Montaison-floraison.....	12
l . 7.4.Période remplissage et maturité du grain du blé dur.....	12
l . 7.4.1.Floraison-maturité.....	13
l . 8. Exigences du blé dur.....	13
l . 8.1.La température.....	14
l . 8.2. L'eau.....	14
l . 8.3.Fertilisation.....	14
l . 9. Les stress abiotiques et leurs effets sur la plante	14
l . 9.1.Notion de stress.....	15
l . 9.2. Stress abiotique.....	15
l . 9.3.Stress salin.....	16
l . 9.4.Stress thermique.....	16
l . 9.5.Stress hydrique.....	16
l . 9.6. L'eau dans la plante	17
l . 9.7.Effet du stress hydrique	18
l . 9.7.1. Effet du stress hydrique sur la photosynthèse.....	18
l . 9.7.2. Effet du stress hydrique sur la croissance et le développement	18
l . 9.7.3. Effet du stress hydrique sur le rendement du blé dur et ses composantes	18
l . 9.8. Mécanismes d'adaptation de la plante au stress hydrique.....	19
l . 9.8.1. Adaptations Morphologiques.....	19

I .9.8.2. Adaptation phénologique.....	19
I .9.8.3. Adaptation physiologique	20

Chapitre II Matériel et Méthodes

II .1. Objectifs de l'expérimentation.....	22
II .2 Matériels végétales.....	22
II .3 Protocole expérimental adopté	22
II .4. Dispositif expérimental.....	22
II .5 . Détermination et application des niveaux de stress.....	22
II .6.Paramètres étudiées.....	24
II .6.1. Paramètres morphologiques	24
II .6.1.1. La Biomasse aérienne et la Biomasse racinaire	24
II .6.1.2 .Surface foliaire (SF « cm ² »).....	24
II .6.1.3. La Longueur du pédoncule.....	24
II .6.2. Paramètres physiologiques	24
II .6.2.1.La teneur relative en eau (TRE)	24
II .6.3.Paramètres biochimiques.....	25
II .6.3.1 Dosage des pigments chlorophylliens a et b	25
II .7. Traitement des données et statistique.....	26

Chapitre III Résultats et Discussion

III.1. Variations des paramètres étudiés	27
III.2. Variation des paramètres morphologiques	27

III.2.1. Action du déficit hydrique sur la biomasse racinaire	27
II.2.2. Action du déficit hydrique sur le biomasse aérienne.....	28
III.2.3. Action du déficit hydrique sur la surface foliaire	29
III.2.4. Action du déficit hydrique sur la longueur du pédoncule	30
III.3. Variation des paramètres physiologiques	32
III.3.1. Action du déficit hydrique sur la teneur relative en eau (TRE)	32
III.3.2. Action du déficit hydrique sur la teneur en pigments chlorophyllien.....	33
III.3.2.1. Teneur en chlorophylle a (Chl a), Chlorophylle b (Chl b) et la chlorophylle totale.....	33
Discussion générale	
Conclusion	
Résumé	

Les Figures

Figure I.1 : Origines génétiques des différentes espèces de blés (Feldman et Sears, 1981)	07
Figure I.2 : Stades repères du cycle de développement du blé (Ait Slimane et Ait Kaki 2008).....	15
Figure II.3 : Dispositif expérimentale de l'essai de croissance.....	27
Figure II.4 : Les extraits obtenus après filtration.....	30
Figure III.6 : Biomasse racines de variétés étudiées dans différents niveaux de stress hydrique.....	34
Figure III.7 : Biomasse aérienne de variétés étudiées dans différents niveaux de stress hydrique.....	35
Figure III.8 : L'évaluation de la surface foliaire deux génotypes de blé dur soumis aux différent niveau du stress hydrique.....	36
Figure III.9 : La longueur de pédoncule de variétés étudiées dans différents niveaux de stress hydrique.....	37

Figure III.10 : Effet du stress hydrique sur la teneur relative en eau de variétés étudiés.....	38
Figure III.11 : Teneur en chlorophylle a (Chl a) des feuilles des plantes des variétés étudiés conduites sous différents niveaux de stress hydrique.....	40
Figure III.12 : Teneur en chlorophylle b (Chl b) des feuilles des plantes des variétés de blé conduites sous différents niveaux de stress hydrique.....	40
Figure III.13 : Teneur en chlorophylle totale (Chl a + Chl b) des feuilles des plantes des variétés de blé conduites sous différents niveaux de stress hydrique.....	41

Les tableaux

Tableau I.1: Production du blé et les principaux producteurs	09
Tableau I.2 : Bilan du blé dur en Algérie.....	10
Tableau I.3 : Composition des différentes parties du grain	12
Tableau III.4 : Moyennes générales maximales et minimales des paramètres étudiés.....	33
Tableau III.5.: Analyse de la variance des paramètres étudiés	28

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Les céréales occupant 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), selon FAO, (2007) leur production arrive jusqu'à 2001.5 Mt.

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 (Bajji, 1999).

Le blé est une céréale importante en terme de consommation intérieure dans de nombreux pays du monde. Il sert principalement à la fabrication de semoule, matière première des pâtés alimentaires (Feillet, 2000). Sur la scène mondiale, la superficie moyenne consacrée annuellement à la culture du blé dur s'étend sur environ 18 millions d'hectares, ce qui donne une production annuelle moyenne approximative de 30 millions de tonnes métriques (Anonyme, 2002).

Le blé 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).

L'Algérie avant les années 1830, exporte son blé au Monde entier. Actuellement l'Algérie importe son blé et se trouve dépendante du marché international (Anonyme a, 2006). Par sa position de grand importateur de blé, l'Algérie achète annuellement plus de 5% de la production céréalière mondiale, cette situation risque de se prolonger à plusieurs années, faute de rendements insuffisants et des besoins de consommation sans cesse croissants devant une forte évolution démographique (Chellali, 2007). En effet une production très insuffisante de 2.7 Mt pour couvrir les besoins du marché national et alimenter les stocks pousse à faire un recours systématique aux importations (FAO, 2007). Cette faiblesse de la production de blé en Algérie était toujours liée aux effets du stress hydrique qui se fait ressentir de manière très importante depuis la dernière décennie (Chaise et al., 2005).

La capacité d'évaluer quantitativement les performances des plantes cultivées subissant un stress hydrique est très importante au niveau des programmes de recherche qui visent la réhabilitation et l'amélioration de la production en région semi aride (INRA, 2000).

La plupart des travaux effectués sur le blé dur dans le cadre de l'amélioration génétique de la tolérance au stress hydrique, se sont donnés pendant longtemps pour objectif primordial l'augmentation de la productivité, une approche basée sur les performances agronomiques. Actuellement, les programmes d'amélioration du blé s'intéressent de plus à l'amélioration génétique de la tolérance au stress hydrique. Cette amélioration exige d'étudier, d'identifier et de vérifier les caractères phénologiques, morpho physiologiques et biochimiques liés au rendement en condition de stress hydrique (Pfeiffer et al., 2000) . De même, l'étude génétique par la recherche de marqueurs moléculaires du mode de transmission et de l'héritabilité des caractères repérés, comme bons indicateurs de la tolérance au stress hydrique est nécessaire pour faciliter l'utilisation de ces caractères dans les programmes de sélection pour l'amélioration génétique (Pfeiffer et al., 2000).

Pour répondre à cette préoccupation, Ce travail a pour objectif d'étudier les effets de stress hydrique chez quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.), et de comparer entre les variétés étudiés vis-à-vis la tolérance aux sécheresses , ceci par la mesure de certains caractères morphologiques et physiologiques sous différentes conditions de stress hydrique.

Notre mémoire est présenté en trois chapitres :

Le premier chapitre (I) a été réservée à une étude bibliographique, pour cerner toutes les données de la problématique par l'étude des différents aspects de déficit hydrique et les mécanismes d'adaptation des plantes à cette contrainte, suivie par une présentation et description de l'espèce étudiée ainsi que son importance économique et leur distribution.

Le deuxième chapitre (II) a porté sur une description du matériel Végétal, les méthodes d'analyse utilisées dans ce travail.

Le troisième chapitre (III), fait l'objet de la présentation des résultats obtenus dans cette étude et leur discussion.

CHAPITRE I

Synthèse bibliographique

Chapitre I . Synthèse bibliographique

I .1.Généralités sur le blé dur

Les céréales et leurs dérivés constituent les principales ressources alimentaires de L'humanité, en raison de leur source d'énergie et leur grande richesse en protéines. Principalement destinées à l'alimentation humaine (à hauteur de 75% de la production), les céréales assurent 15% des besoins énergétiques, elles servent également à l'alimentation animale (15% de la production) et à des usages non alimentaires (Feillet, 2000).

Les deux espèces les plus cultivées et les plus répandues dans le monde sont le blé dur, *Triticum turgidum* var *durum* L, et le blé tendre, *Triticum aestivum* L. Le blé dur se distingue de blé tendre par des caractères morphologiques, physiologiques, cytologiques et technologiques (Hamadache, 2013)

I .2. Origine géographique et génétique du blé dur (*Triticum durum* Desf.)

I .2.1 Origine géographique du blé dur

La découverte du blé remonte à 15000 ans avant Jésus-Christ dans la région du croissant fertile, vaste territoire comprenant, la vallée du Jourdain et des zones adjacentes de Palestine, de la Jordanie, de l'Iraq, et la bordure Ouest de l'Iran (Feldman et Sears, 1981 ; Mouellef, 2010). C'était à une époque où l'homme pratiquait déjà la cueillette et faisait ses débuts comme agriculteur. Cette période coïncidait avec un épisode climatique sec, aboutissant à l'arrêt du mode de vie de 'chasseur- cueilleur', et engendrant la domestication progressive des plantes, associée à la création des premières communautés villageoises (Wadley et Martin, 1993).

L'espèce de cette époque lointaine, le *Triticum monococcum* L, est un des ancêtres des blés actuels. Le genre *Triticum*, se subdivise, en fonction du niveau de ploïdie, en trois groupes: diploïde, tétraploïde et hexaploïde, avec respectivement 14, 28 et 42 chromosomes (Sakamura, 1918 ; Harlan, 1971). Ces trois groupes sont représentés, respectivement, par *Triticum monococcum* L., *Triticum turgidum* ssp *durum* L. et *Triticum aestivum* L. Le génome de ces espèces est organisé en une série basique de 7 chromosomes ($X = 7$ chromosomes), qui, au cours

de l'évolution, a gardé une certaine homologie (synténie), malgré la spéciation chez la famille des Poaceae (Ahn et al., 1993).

I .2.2. Origines génétique du blé dur

Les espèces de blé tirent leur origine génétique de croisements naturels entre *Triticum monococcum*, *Triticum urartu* et des espèces sauvages apparentées appartenant à *Aegilops* (*Aegilops speltoides*) (Figure 1). *Triticum monococcum* et *Triticum urartu* sont les premières .

formes de céréales cultivées, elles sont de constitution génomique $2n = 14$. Ainsi le génome A vient de *Triticum urartu*, alors que le génome B vient de l'*Aegilops speltoides*. Ces deux génomes, ensemble, forment la constitution génomique du blé dur (*Triticum durum* Desf.).

Le croisement entre l'espèce *Triticum durum* de constitution génomique AABB et l'*Aegilops tauschii* de constitution génomique DD, donna naissance à l'espèce *Triticum aestivum* de constitution génomique AABBDD (Figure 1) (Feldman et Sears, 1981). Kihara (1944) a été le premier à montrer que c'est *Aegilops tauschii* qui est le donneur du génome D du blé tendre. Le croisement entre *Triticum durum* et *Aegilops tauschii* sp. *strangulata*, a eu lieu il y a plus de 7000 ans (Dvorak et al., 1998).

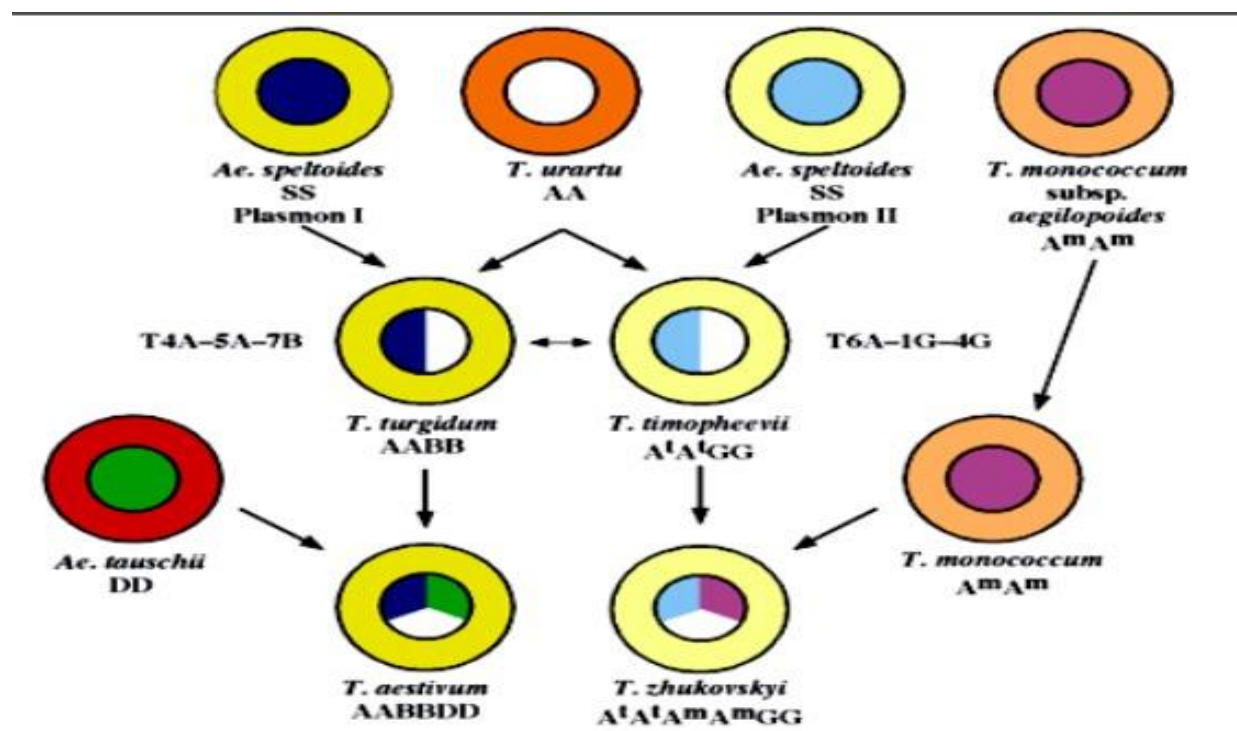


Figure 1. Origine génétique des différentes espèces de blés (Feldman et Sears, 1981)

I .3. Classification botanique du blé dur.

Le blé est une Angiosperme, Monocotylédone. Il appartient à l'ordre des Poales, famille des Poacées appelée aussi graminées. Cette famille rassemble 600 genres et plus de 5000 espèces (Zegrany, 2014). D'après (APG III, 2009), La classification botanique du blé dur est la suivante :

- **Règne** : Plantea
- **Sous-règne** : Tracheobionta
- **Embranchement** : Phanérogamiae
- **Sous- Embranchement** : Magnoliophyta (Angiospermes)
- **Division** : Magnoliophyta
- **.Classe** : Liliopsida (Monocotylédones)
- **Sous-classe** : Commelinidae
- **Ordre** : Poales (Glumiflorale)
- **Famille** : Cyperales
- **Sous- famille** : Poaceae (Graminées)
- **Tribue** : Pooideae (Festucoideae)
- **Sous-Tribue** : Triticeae
- **Genre** : Triticinae /Triticum
- **Espèce** : Triticum durum Desf

I .4. Importance et production du blé dur

I .4.1 Dans le monde (tableau 1)

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.

I.3.2. En Algérie (tableau 2)

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 hauts 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 au soutien des prix des céréales.

Tableau 1: Production du blé et les principaux producteurs. Source : FAO, 2016

	Moyenne 2013-2015	2014	2015 Estim	2016 Prévis.	Variation de 2015 à 2016(%)
UE	153.1	157.1	158.5	155.0	-2.2
Chine	126.1	126.2	130.2	130.0	-0.2
Inde	91.9	95.8	86.5	93.8	8.4
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
Pakistane	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
Kasakhstan	13.6	13.0	13.7	13.5	-1.5
Argentine	11.5	13.9	11.3	11.5	1.8
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

Tableau 02: Bilan du blé dur en Algérie. Source : FAO, 2016

Alger	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Juil(n)juil(n+1)	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	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	1.2	3.6	3.1	2.8	3.4	3.3	1.9
Impotayions	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
Exportation	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Stock fin	2.3	2.9	3.0	3.3	2.7	2.7	2.9	3.0	3.7	4.7	3.8

I .5.Caractéristiques morphologiques du blé dur

I . 5.1. **Le grain** : Le fruit des graminées est un caryopse sec indéhiscant à maturité (Morsli, 2010).

I .5.2.**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

I .5.3.Appareil reproducteur: Les fleurs sont groupées en inflorescence. Chacune est composée d'unités morphologiques de base : les épillets (Morsli, 2010).et sont Presque toutes au même niveau (plateau de tallage).

I .6.Structure et composition chimique du grain du blé dur

I .6.1. Structure du grain :

Le grain de blé est un caryopse, caractérisé par une brosse et parcouru en surface par un sillon longitudinal dont le repli atteint parfois le cartier médian du grain. Ce caryopse comprend trois parties. Les enveloppes ou son (13%), l'albumen (84%) et le germe 3%. (Boudreau et al., 1992)

. ***péricarpe ou enveloppe** : C'est la pellicule cellulosique, son rôle est la protection de la graine au cours de sa formation dans l'épi et limite aussi l'entrée des moisissures et les bactéries ; par contre il permet le passage de l'air et l'eau. Il est formé de 6 tissus : épiderme du nucelle, tégument séminale ou testa (enveloppe de la graine), des cellules tubulaires, cellules croisées, mésocarpe et épicarpe.

***l'endosperme ou amande** : Il occupe presque tout l'intérieur du grain et se compose principalement de minuscules grains d'amidon, il contient l'essentiel des réserves énergétiques qui nourrissent la plantule au moment de la germination, et composé aussi de la couche à aleurone.

***le germe ou embryon** : Composé d'un embryon (lui-même formé de la coléoptile, de la gemmule, de la radicule, du coléorhize et de la coiffe) et de sctellum.

I .6.2 Composition chimique du grain du blé dur

Toutes les céréales présentent les mêmes constitutions à savoir : enveloppe, amande farineux et germe de la future plantes dont le blé. Ce qui diffère est le pourcentage de la répartition des différents constituants chimiques, que ce soit à l'intérieur des différentes parties de la graine (tableau 03).

Le blé dur est employé depuis longtemps dans les pays méditerranéens pour la fabrication de pains plats traditionnels et d'autres pains de spécialité (Quaglia, 1988). La notion de qualité est complexe, elle est conditionnée par les habitudes alimentaires, les spécificités des blés et les technologies de transformation utilisées (Mebtouche, 1998).

Tableau 03 : Composition des différentes parties du grain (Roudant et al., 2005).

Partie du grain	% du grain	Composition en pourcentage
Enveloppes	9%	Son, cellulose : ≥ 20
Assisse protéique	8%	Protide : 20, lipides : 9, minéraux : 16 *vitamines
Amande ou albumen	80%	Amidon : 72, protides : ≥ 10 *gluten
Germe ou embryon	3%	Protid : 26, lipides : ≥ 10 , glucide : 10, minéraux : 4.5, *vitamines

La qualité est une somme de caractéristiques qui vont du rendement semoulière jusqu'à l'aptitude à la transformation (Proceddu, 1995), et s'élabore toute au long du cycle de développement pour répondre d'une part aux attentes des industriels, semouliers et pastiers et d'autre part aux critères nutritionnels, organoleptiques et hygiéniques. Donc il serait intéressant de créer des variétés convenant à la fabrication de pains de fort volume, afin de disposer de débouchés de rechange en cas de surproduction (Liu et al., 1996).

Il existe plusieurs critères pour l'appréciation de la qualité des grains de blé dur. Ils dépendent en partie de la variété et de techniques culturales .

Le taux de moucheture : est une tache brune du péricarpe causée par des champignons, se traduit par une diminution de la qualité commerciale des semoules à cause de la présence de points noirs dans les semoules, qui diminuent leur qualité commerciale.

Le taux de mitadinage : c'est un accident physiologique provoquant un changement de la texture de l'albumen. Cependant, pour satisfaire à la demande de l'industrie, le blé dur idéal doit être vitreux et non farineux. L'état farineux (opaque) pénalise la valeur semoulière (Anonyme, 2006).

Le calibrage : permet de classer la grosseur des grains en 3 fractions :

Une fraction inférieure à **2.2 mm**, une fraction inférieure à **2.5 mm** et une fraction inférieure à **2.8 mm**.

Outre, le poids spécifique et l'humidité des grains et le taux des protéines.

Kellou (2008), a fait un sondage auprès opinion des chefs d'entreprises transformateurs du blé en Algérie dont le but est d'analyser le marché Algérien ; pour les critères techniques de qualité déterminant l'achat de blé, 54% des entreprises jugent que le poids spécifique, l'humidité et les impuretés sont les meilleurs critères déterminants dans leur achat.

Abecassis et al. (1996) ont affirmé que le blé dur idéal pour un semoulier doit posséder les caractéristiques suivantes : gros et vitreux, ayant des enveloppes fines et une faible teneur en matières minérales, riche en protéines, possédant un gluten ferme et élastique et contient beaucoup de pigments caroténoïdes mais peu d'activités lipoxygénasiques et peroxydasique. Le taux des protéines est connue comme l'élément important de la qualité, il a une influence directe sur la qualité des pâtes et pain (Sissou, 2008).

I . 7. Le cycle de développement du blé

De graine à graine, le cycle biologique du blé se devise en trois périodes successives, chacune comporte des phases et des stades (Figure 02).

I .7.1.levée

Cette phase correspond à la mise en place du nombre de pieds/m². Le sol est percé par les 6 coléoptiles qui sont des étuis protecteurs de la première feuille (Hamadache, 2013). La levée est notée quand 50% des plantes sont sorties de de la terre (Figure 2). Pendant cette phase, les jeunes plantes sont sensibles au manque d'eau qui provoque une perte des plantes et au froid qui provoque le déchaussage (Karou et al., 1998).

I .7.2.Tallage

Cette phase s'amorce à partir de la quatrième feuille. La formation de la première talle fait au stade 3 feuilles. La première talle primaire (maitre-brin) apparaît à l'aisselle de la première feuille du blé. La 2ème et la 3ème talle apparaissent à l'aisselle de la 2ème et la 3^{ème} feuille (Salmi, 2015).

I .7.3Période reproductrice

I . 7.3.1. Montaison-floraison

La montaison débute lorsque les entrenœuds de la tige principale se détachent du plateau du tallage (Belaid, 1987). Selon Baldy (1984) la montaison constitue la phase la plus critique du développement du blé. Tout stress hydrique ou thermique au cours de cette phase réduit le nombre d'épis montants par unité de surface .

A l'épiaison, L'épi sort de la dernière feuille. Les épis dégainés fleurissent généralement après quelques jours (moins de 7 jours) après l'épiaison. Les températures élevées et la sécheresse au cours de l'épiaison et de la floraison peuvent réduire la viabilité du pollen et ainsi réduire le nombre de grain (Herbek et Lee, 2009).

I .7.4.Période remplissage et maturité du grain du blé dur

I .7.4.1.Floraison-maturité

La période floraison-maturité correspond à l'accumulation des hydrates de carbone et de l'azotes dans le grain (Gallas et Banneront, 1992). Cette période correspond à la formation de la dernière composante constitutive du rendement qui est le poids de 1000 grains (Robert et al., 1993). Le remplissage du grain, après la floraison, se fait de deux façons :

- Par la migration d'une partie des réserves de la tige.

- Par la photosynthèse des parties de la plante encore vertes (feuilles, épis, barbes) (Hamadache, 2013). Le rendement en grains, sous système de culture pluviale et sous environnement contraignant, est la résultante de la durée, de la vitesse de remplissage et de la capacité de translocation des assimilats stockés dans la tige (Abbassenne et al., 1997). Les fortes températures au cours de cette période provoquent l'arrêt de la migration des réserves des feuilles et de la tige vers le grain (échaudage du grain). Puis suit le dessèchement du grain, pour atteindre son poids sec final (Waldron, 2002) (Figure02)

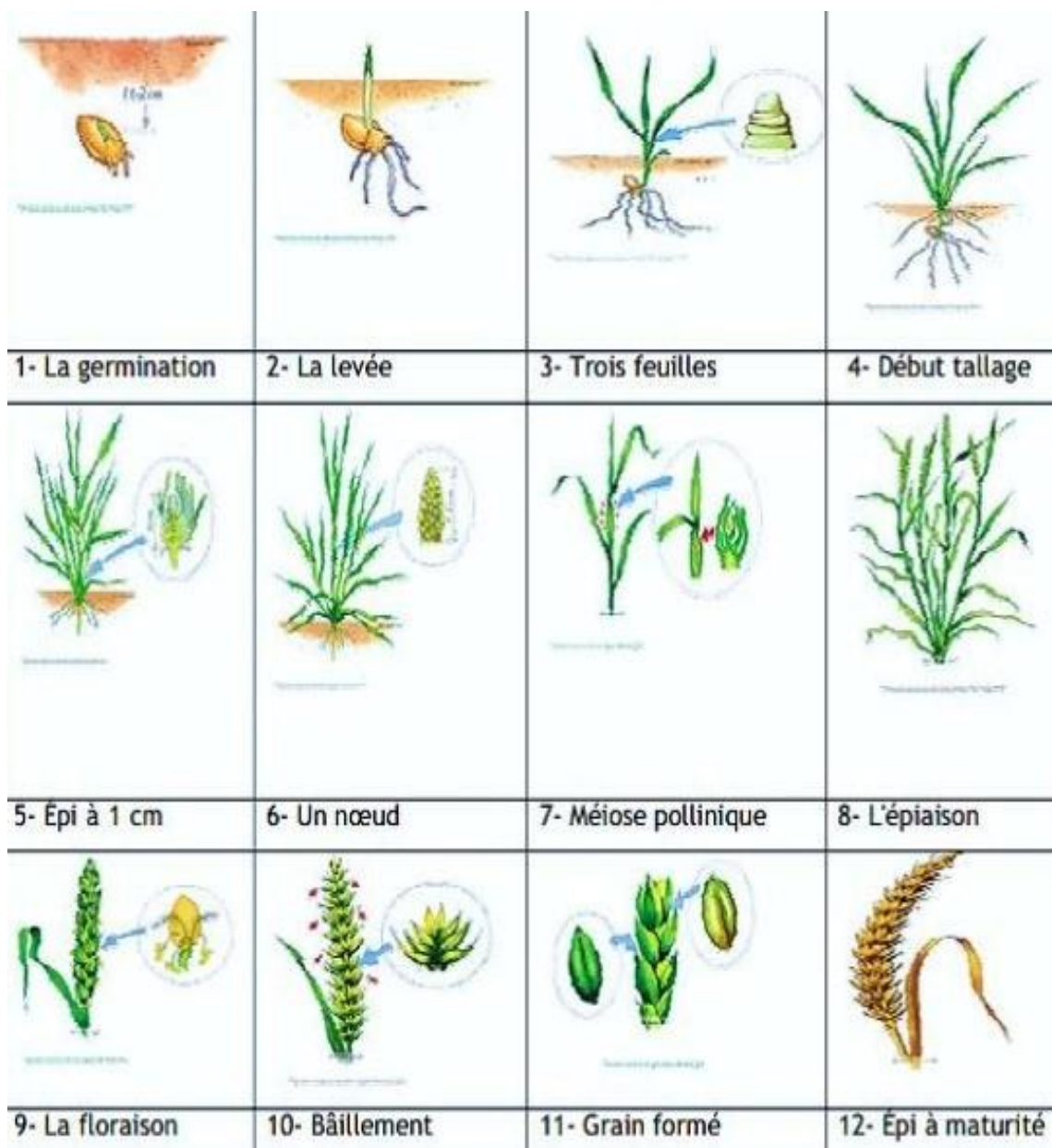


Figure 02 : Stades repères du cycle de développement du blé (Ait Slimane et Ait Kaki 2008)

I .8. Exigences du blé dur

Le blé nécessite un sol bien préparé et ameubli sur une profondeur de 12 à 15 cm pour les terres battantes (limoneuses en générale) ou 20 à 25 pour les autres terres. La date de semis est un facteur limitant vis-à-vis du rendement, la date propre à chaque région doit être respectée sérieusement pour éviter les accidents climatiques. Il peut commencer dès la fin d'Octobre avec un écartement entre les lignes de 15 à 20cm et une profondeur de semis de 2,5 à 3cm. La dose de semis est variée entre 200 à 225kg/ha en fonction des paramètres climatiques, la grosseur des grains, la faculté germinative et la fertilité du sol. Selon Clément et Parts, (1970), les facteurs climatiques ont une action prépondérante sur les différentes périodes de la vie du blé.

I .8.1.La température

La température à partir de laquelle un blé germe et pousse est de 0C°; cependant l'optimum se situe entre 20 et 22C°. Une température élevée est favorable au développement à la croissance (Simon et al., 1989). Baldy , (1992), ajout que les fortes températures provoquent une levée trop rapide et parfois un déséquilibre entre la partie aérienne et la partie souterraine. Les températures entre 25 et 32C° défavorisent l'allongement racinaire et l'optimum se situe entre 5 et 12C°. Mekhlouf et a l., (2001), situent les exigences en température pour les différents stades de développement du blé de la manière suivante :

- stade levée : la somme des températures = 120C°.
- stade tallage : la somme des températures = 450C°.
- stade plein tallage : la somme des températures = 500C°.
- stade épi 1cm :la somme de températures = 600C°.

I .8.2. L'eau

Jusqu'à la fin du tallage en eau sont relativement faible. De plus, l'humidité excessivedu sol est néfaste à l'installation du système racinaire en profondeur. Par contre, au cours de la phase de montaison et jusqu'à la floraison les besoins en eau de la culture sont considérables et peuvent s'évaluer à 180mm (entre Mars et Mai).

I .8.3.Fertilisation

En particulier, dans les zones arides, l'amélioration de la fertilité et de la structure du sol peut être intégrée à travers des pratiques adéquates de la rotation des cultures (MorotGaudry, 1997).devient très résistant à la sécheresse (comme aux fortes températures) (Gringo, 1965).

I .9. Les stress abiotiques et leurs effets sur la plante

Sous les conditions de production des principales zones céréalières algériennes, notamment celles des hauts plateaux, la plante est le plus souvent soumise à une série de contraintes de nature abiotique. Les plus importantes de ces contraintes , suite aux rôles majeurs qu'elles jouent dans les fonctions essentielles de la plante, sont la variation de la précipitation, de la température , de l'humidité du sol, et de la salinité, ces stress se traduisent chez les plantes par des changements morphologiques, physiologiques et moléculaires qui affectent leur mode de vie.

I .9.1.Notion de stress

Le terme « stress » définit l'ensemble des perturbations biologiques provoquées par une agression quelconque sur un organisme. C'est un processus qui induit une contrainte potentiellement néfaste sur un organisme vivant. En revanche ce terme lorsqu'il est utilisé en biologie végétale, a des connotations particulières, il représente le (s) facteurs(s) responsable(s) des perturbations, et des changements, plus ou moins brusque par rapport aux conditions normales de la plante subies au cours de son développement (Bouchoukh, 2010).

En effet, le stress signifie la déviation dans le développement et les fonctions normales de la physiologie des plantes, il est perçu au niveau cellulaire puis transmis à la plante entière. Le changement dans l'expression des gènes qui s'ensuit modifie la croissance et le développement, et influence les capacités reproductives de la plante, causant ainsi des dommages aux plantes. (Benkoli et Bouzeghaia, 2016) La plante accomplit le retour à la stabilisation et les réactions de répartition par un réajustement d'états adaptés et le maintien de grands pouvoirs de résistance, qui font tous appel à une énergie additionnelle et métabolite

I .9.2. Stress abiotique

Les facteurs abiotiques sont ceux liés à l'action du non-vivant sur le vivant ils sont dû principalement à des facteurs environnementaux. (lezzar et Meziani, 2015), susceptibles de déclencher des modifications dommageables, provoquant ainsi chez une espèce végétale une augmentation du taux de mortalité de la population. En effet les plantes se trouvent rarement dans des conditions environnementales optimales, elles se trouvent souvent dans des conditions extrêmes qui amènent les organismes à la limite de la survie. Un stress peut l'être pour une plante sans l'être pour une autre. Des facteurs comme l'âge sont importants et avec le réchauffement climatique, la pression exercée par certains stress augmentera très certainement.

I .9.3.Stress salin

La salinité est définie selon plusieurs chercheurs comme étant la présence processus pédologique selon lequel le sol s'enrichit anormalement en sels solubles acquérant ainsi un caractère salin, C'est un facteur environnemental très important qui limite la croissance et la productivité. La salinité élevée des sols due essentiellement au chlorure de sodium affecte le tiers des terres à l'échelle mondiale et constitue un facteur limitant prépondérant de la production végétale. La salinité se rencontre en de nombreuses zones arides et semi arides du bassin méditerranéen (Drevon et al, 2001). En Algérie les facteurs qui contribuent à l'extension du phénomène de salinisation des terres sont liés à : l'aridité du climat qui porte sur plus de 95% du territoire, la qualité médiocre des eaux d'irrigation, le système de drainage souvent inexistant ou non fonctionnel et la conduite empirique des irrigations, Le fort ensoleillement et la faible pluviométrie font accumuler les sels dissous en surface. Ces accumulations transforment profondément les propriétés physique et chimique du sol avec pour conséquence principale un milieu qui devient non productif voir stérile, Le sol est alors colonisé d'une manière plus au moins dense par des peuplements de plantes halophytes.

I . 9.4.Stress thermique

Pour effectuer sa croissance et son développement, chaque plante exige une gamme bien particulière de températures. Chaque plante possède une température optimale de croissance et

de développement, Lorsque la température avoisine ses limites, la croissance diminue et au-delà, elle s'annule (Haichour, 2009). Le stress thermique est souvent défini quand les températures sont assez hautes ou basses pendant un temps suffisant pour qu'elles endommagent irréversiblement la fonction ou le développement des plantes. Elles peuvent être endommagées de différentes manières, soit par des températures basses ou élevées de jour ou de nuit, par l'air chaud ou froid ou par les températures élevées du sol. La contrainte thermique est une fonction complexe qui varie selon l'intensité (degré de la température), la durée et les taux d'augmentation ou de diminution de la température.

I .9.5.Stress hydrique

(Oukarroum, 2007) On appelle températures critiques, les températures minima et maxima au-dessous et au-dessus desquelles le végétal est tué. Elles sont extrêmement variables suivant les espèces et selon le stade de végétation

La notion de stress hydrique ou sécheresse renvoie en réalité le plus souvent à de nombreuses définitions :

◇ En météorologique, la sécheresse est une absence prolongée, voire une faible distribution, des précipitations, en relation avec une valeur dite normale.

◇ En hydrologie, on parle de sécheresse dès lors qu'à l'échelle régionale la hauteur des pluies est inférieure à la moyenne saisonnière, ce qui se traduit par un approvisionnement insuffisant des cours d'eau et des réserves d'eau superficielles ou souterraines.

◇ En agriculture, Le stress hydrique peut se définir comme le rapport entre la quantité d'eau nécessaire à la croissance de la plante et la quantité d'eau disponible dans son environnement, (Mouellef, 2010), La demande en eau de la plante est quant à elle déterminée par le niveau de transpiration ou évapotranspiration. En effet, on assiste à un stress hydrique lorsque la demande en eau dépasse la quantité disponible pendant une certaine période de sécheresse (Kara et Zerguine, 2016), où la plante est placée dans un environnement qui amène à ce que la quantité d'eau transpirée par la plante soit supérieure à la quantité qu'elle absorbe. L'installation d'une sécheresse se manifeste par la combinaison d'une part, de la restriction de la disponibilité en eau du sol et, d'autre part, de l'augmentation de la demande évaporatrice.

I .9.6. L'eau dans la plante

à un rôle fondamental dans la vie des plantes. Dans la mesure où elle conditionne leurs activités physiologiques et métaboliques. Elle est le vecteur des éléments nutritifs de la plante (Riou, 1993). Les rôles multiples assurés par l'eau au sein des plantes ont fait de l'eau le premier facteur limitant leur fonctionnement. Parmi ces rôles nous pouvons citer (Laberche, 2004). - l'eau contribue au maintien de la structure de la cellule et en particulier de la structure colloïdale du cytoplasme.

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

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

- par son rejet dans l'atmosphère sous forme de vapeur, elle emprunte à la plante sa chaleur latente de vaporisation. Elle permet à celle-ci de supporter les rayonnements solaires et les divers échauffements climatiques.

La richesse en eau des plantes est variable selon les espèces, les organes et les milieux de vie. En effet, une salade peut contenir 90 à 93 % d'eau, une feuille est composée souvent de 80 à 90 % d'eau et le bois fraîchement coupé peut renfermer 30 à 50 % d'eau (Leclerc, 1999). Il faut 1500 litres pour obtenir 1kg de blé, 500 litres d'eau pour 1kg de maïs et 4500 litres d'eau pour 1kg de riz (Bernard, 2006). Un manque d'eau au niveau du sol peut affecter le contenu en eau de la feuille, le transport et l'accumulation des éléments nutritifs et par la même la croissance des plantes cultivées annuelles (Nana et al., 2010).

I .9.7.Effet du stress hydrique

I .9.7.1. Effet du stress hydrique sur la photosynthèse

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), 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).

I .9.7.2. Effet du stress hydrique sur la croissance et le développement

Réduction de la croissance des organes préexistants. Ces modifications résultent d'une diminution de la vitesse de division des cellules constituant les tissus végétaux , Donc un cas de stress hydrique prolongé provoque la diminution de la surface foliaire.

I .9.7.3. Effet du stress hydrique sur le rendement du blé dur et ses composantes

En effet le rendement est la résultante de trois composantes principales qui sont le nombre d'épis, celui des grains/épi et le poids du grain. Ces composantes se forment à des différentes phases végétatives réparties tout le long du cycle de la plante. Tout déficit hydrique qui affecte la formation d'une ou plusieurs composantes, affecte le rendement. La phase de maturation correspond à la période de remplissage du grain. L'effet du déficit hydrique, au cours de cette dernière phase, se traduit par une diminution de la taille du grain (Bahlouli et al., 2005).

I .9.8. 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 (Esquivé, évitement et tolérance) (Turner, 1986). La résistance globale d'une plante au stress hydrique apparaît comme le résultat de nombreuses modifications phénologiques, anatomiques, morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires qui interagissent pour permettre le maintien de la croissance, du développement et de production (Hsissou, 1994).

I .9.8.1. Adaptations Morphologiques.

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

Ainsi certaines variétés réduisent de la surface foliaire et le nombre de talles, pour ajuster leur consommation en eau. Elles sont dites plantes économes. D'autres possèdent la capacité d'enrouler le limbe foliaire pour minimiser la transpiration et réduire l'effet du stress lumineux. D'autres variétés investissent dans le développement d'un système racinaire profond, pour avoir accès à des horizons plus humides, et ainsi elles s'assurent une meilleure alimentation hydrique. Ces plantes sont dites dépensières en eau

(Slafer et al., 2005).

I .9.8.2. Adaptation phénologique.

Pour éviter les périodes difficiles pour la croissance et le développement, certaines variétés accomplissent leur cycle de développement avant l'installation de stress hydrique. La précocité constitue donc un important mécanisme d'évitement au stress hydrique de fin de cycle. Dans ces conditions, les paramètres phénologiques d'adaptation ou paramètres de précocité définissent le calage du cycle vis-à-vis des contraintes environnementales (Nadjem, 2012). La précocité assure une meilleure efficacité de l'utilisation de l'eau. En effet, en produisant

La biomasse la plus élevée, les génotypes à croissance rapide et à maturité précoce utilisent mieux l'eau disponible et ils sont moins exposés aux stress environnementaux que les génotypes tardifs (Nadjem, 2012).

I .9.8.3. Adaptation physiologique

La diminution du potentiel hydrique du sol en conditions de sécheresse provoque une perte importante de la turgescence au niveau de la plante (Henchi, 1987). L'augmentation de la production, dans ces conditions, dépend des mécanismes de tolérance qui assurent l'hydratation cellulaire et diminuent la perte en eau en maintenant un statut hydrique favorable au développement foliaire (Sorrells et al., 2000). Le maintien d'un potentiel hydrique élevé est lié à l'aptitude à extraire l'eau du sol et à la capacité à limiter les pertes d'eau par transpiration (Turner, 1986). La diminution de la transpiration engendre la réduction de la photosynthèse, et donc du rendement. Cependant, il apparaît que les génotypes qui ont la capacité photosynthétique intrinsèque la moins affectée par le déficit hydrique présentent une meilleure efficacité

Le stress hydrique provoque la mise en place d'un état de régulation hydrique de la plante qui se manifeste par la fermeture stomatique et un ajustement du potentiel osmotique (Brisson et Delecolle, 1992). Les osmolytes, les plus importants, qui s'accumulent chez les céréales en conditions de déficit hydrique, sont représentés, entre autres, par le sucre et la proline (Kameli et losel, 1996). Ces osmolytes jouent un rôle important dans l'ajustement osmotique et l'adaptation de la plante au manque d'eau (Morgan, 1984 ; Zhang et al., 1999). L'existence chez les céréales d'une variation intra- spécifique pour l'accumulation de la proline sous l'effet du déficit hydrique suggère la possibilité d'une sélection, sur la base de ce caractère, des génotypes performants en condition de stress hydrique (Bergarreche et al., 1993).

CHAPITRE II

Matériel et Méthodes

Chapitre II. Matériels et Méthodes

II.1. Objectifs de l'expérimentation

Notre essai consiste à étudier l'effet du déficit hydrique et la variabilité de quelques paramètres de croissance chez deux variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.).

II.2 Matériels végétales

Le matériel végétal utilisé est composé de deux variétés du blé dur (*Triticum durum* Desf) Moulet Eddar (V1) et Auled Moussetfa (V2) et de comportement au déficit hydrique différent .

II.3 Protocole expérimental adopté

L'essai a été réalisé dans une serre semi automatique , au niveau de department des Sciences Agronomiques de l'université de 20 août 1955 de skikda.

II.4. Dispositif expérimental

La culture est réalisée dans des pots de végétation en plastique de 5kg de contenance, remplis par du sol pris du jardin botanique de l'université .On a semé 10 graines par pot à raison de 9 pots par génotype (3lots de 3 pots chacun).

II.5 . Détermination et application des niveaux de stress

Les pots sont irrigués régulièrement 2 fois par semaine par les volumes d'eau suivant :

S0= la capacité au champ (C.C).

S1= 50% C.C

S2= 25 % C.C

La capacité au champ est calculée par la façon suivante : nous avons pesé des pots

contenant 4Kg de substrat sec utilisé dans l'expérimentation, P1 (P1 = poids de sol sec). Ensuite nous avons irrigué ces derniers jusqu'à saturation, tout en couvrant les pots à l'aide d'un plastique noir pour éviter l'évaporation de l'eau par la surface.

Après 24h de repos, les pots sont pesés de nouveau P2 (P2 = poids à saturation). La différence entre P2 et P1 est la quantité d'eau retenue par le sol et qui représente la capacité au champ des pots.



Figure03 : Dispositif expérimentale de l'essai.

II .6.Paramètres étudiées

II .6.1. Paramètres morphologiques

II .6.1.1. La Biomasse aérienne et la Biomasse racinaire

Ce paramètre est déterminé par la séparation de la partie aérienne de la partie racinaire ,puis bien laver les racines avec l'eau . enfin nous pesons chaque partie individuellement ,cette mesure est exprime en g.

II .6.1.2 .Surface foliaire (SF « cm2 »)

La surface foliaire qui concerne la troisième feuille, est déterminée par la méthode de Paul et al., (1979) qui consiste à :

- prendre la feuille de blé dur sur papier calque et découper les contours de la feuille, ce dernier est pesé (Pf).
- couper un carré de 10cm² de ce même papier qui est également pesé (Pc)
- déduire la surface foliaire SF par la formule suivante :

$$\mathbf{SF (cm^2) = Pf. 10/Pc}$$

II .6.1.3. La Longueur de pédoncule.

Ce paramètre est déterminé par mesure directe de la feuille étendard de la tige à partir de la feuille étendard (point d'insertion de la feuille avec la tige) jusqu'à la base de l'épi .cette mesure est exprimé en cm.

II .6.2. Paramètres physiologiques

II.6.2.1.La teneur relative en eau (TRE)« % »

La teneur relative en eau de la feuille a été déterminée par la méthode décrite par barrs (1968). Selon cette méthode, les feuilles sont coupées à la base du limbe, elles sont pesées

immédiatement pour obtenir leur poids frais (PF) .Ces feuilles sont mises par la suite dans des tubes à essai remplis d'eau distillée et placés 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 de nouveau pour obtenir le poids de la pleine turgescence (PT).

Les échantillons sont enfin mis à l'étuve régler à 80°C pendant 48h et pesés pour avoir leur poids sec (PS). La teneur relative en eau est calculée par la formule suivante (la formule de Clark et Mac-Caig, 1982)

$$\text{TRE (\%)} = [(\text{Pf} - \text{Ps}) / (\text{Pr}-\text{Ps})].100$$

II.6.3.Paramètres biochimiques

II .6.3.1 Dosage des pigments chlorophylliens a et b

La détermination de la teneur en chlorophylle a été réalisée selon la méthode de Mc Kimrey et Amon, (1949), cité in (Aissani, 2013). On a pesé des échantillons de 0. 10g (1 /médian) de la feuille . L'extraction est effectuée par broyage en présence de 5ml d'acétone à 50% auquel on ajoute cocl 2 pour faciliter le broyage, l'extrait est filtré à l'aide d'un papier filtre, ensuite mis dans des boites noires pour éviter l'oxydation de la chlorophylle par la lumière (Figure 04). Le dosage se fait par le prélèvement de 3ml de la solution dans la cuve à spectrophotomètre et la lecture se fait aux deux longueurs d'onde 645et 663 nm.Les teneurs en cholorophylle ont été estimés par les formules suivantes:

$$\text{Chla} = 12,7 \text{ D0 } 663 - 2,69 \text{ D0 } 645$$

$$\text{Chlb} = 22,9 \text{ D0 } 645 - 4,68 \text{ D0 } 663$$

$$\text{Cha} + \text{Chb} = 8,02 \text{ D0 } 663 + 20,20 \text{ D0 } 645$$

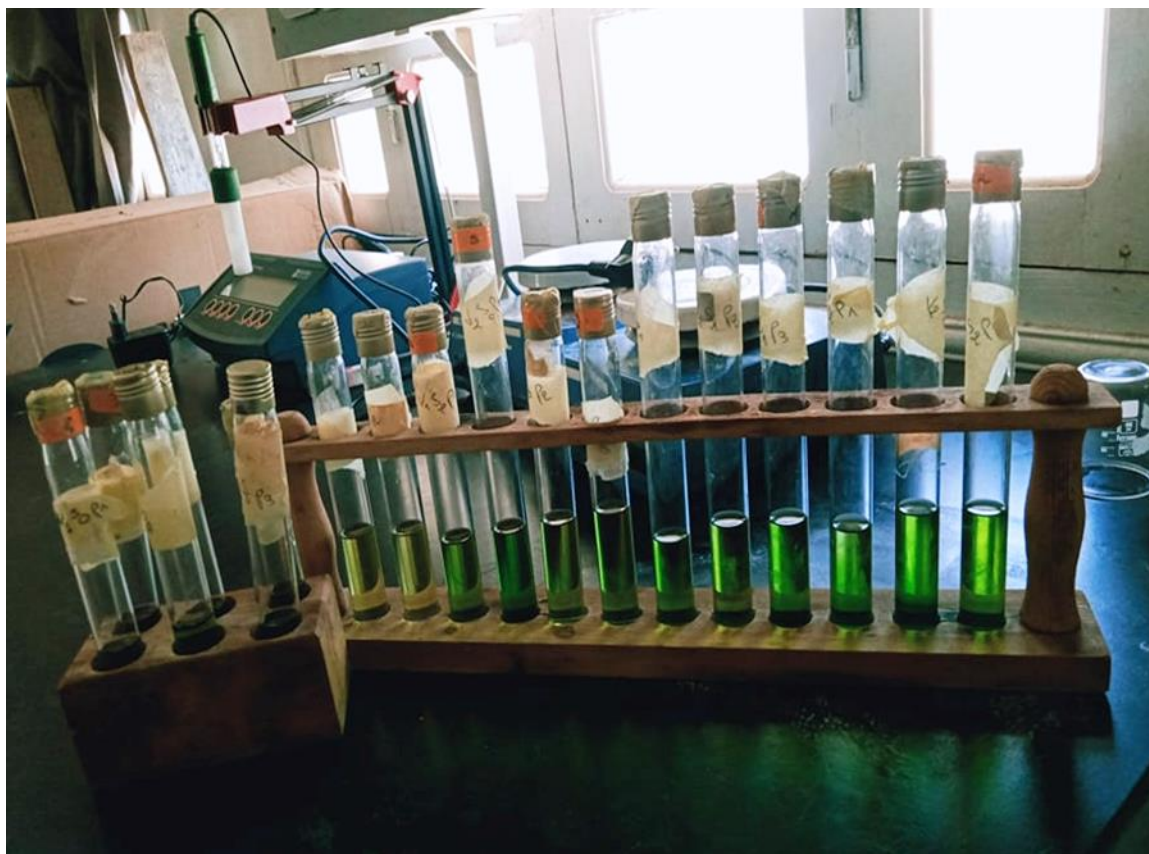


Figure 04 : Les extraits chlorophylliens obtenus après filtration.

II .7. Traitement des données et statistique

Afin de pouvoir évaluer les différences existant entre les variétés étudiées concernant les différents paramètres mesurés, une analyse de variance (ANOVA) a été établie par le logiciel Minitab 2016.

CHAPITRE III

RESULTATS ET

DISCUSSION

Chapitre III. Résultats et Discussions

III.1. Variations des paramètres étudiés :

Le Tableau 04 montre les résultats obtenus dans notre étude

Tableau 04 : Moyennes générales maximales et minimales des paramètres étudiés.

Paramètre	Moy	Min	Max	Écart
Tre %	32.48	10.81	72.22	61.41
SF(cm ²)	12.86	4.29	21.43	17.14
Ch a(ug.g ¹ MF)	13.36	7.27	17.54	10.26
Ch b(ug.g ¹ MF)	6.02	3.46	11.62	8.15
Ch t(ug.g ¹ MF)	19.38	10.73	25.82	15.08
Biom. Racinaire (g)	0.13	0.04	0.36	0.32
Biom. aérienne(g)	2.22	1.23	4.65	13.5
Pédoncule (cm)	8.02	1.00	14.50	13.5

L'analyse de la variance (ANOVA) montre un effet stress hydrique hautement significatif pour la surface foliaire, biomasse aérienne et RWC ; le reste des effets principaux et leur interaction sont non significatifs pour tous les paramètres étudiés (Tableau 04).

III.2. Variation des paramètres morphologiques

Pour rendre compte l'effet des différents degrés du stress hydrique sur les paramètres morphologiques des deux variétés testés nous avons étudiée les paramètres suivants :

La Longueur du Pédoncule, la biomasse aérienne, la biomasse racinaire et la surface foliaire, la teneur en chlorophylle et la teneur relative en eau.

Tableau 05 : Analyse de la variance de quelques paramètres des deux variétés étudiés .

Source de variation	DDL	Cha	Chb	Cht	TRE	SF	Bio.r	Bio.a	Long.P
Genotype	1	0.54 ns	0.01 ns	0.34 ns	3.52 ns	0.01 Ns	0.8 ns	0.25 ns	2.60 Ns
Irrig.	2	3.34 ns	0.69 ns	2.57 ns	8.09 ***	24.8* **	2.99 ns	12.48 ***	0.56 Ns
Geno*Sal	2	0.54 ns	2.78 ns	1.5 ns	0.42 ns	0.02 Ns	1.62 ns	0.06 ns	0.04 Ns

DDL : degré de liberté, Cha : Chlorophylle a, Chlorophylle b, Chlorophylle c, TRE : teneur relative en eau, SF : surface foliaire.

III.2.1. Action du déficit hydrique sur la biomasse racinaire

En moyenne, une diminution dans la biomasse racinaire est enregistré dans différents niveaux de stress chez les deux variétés (figure05). La valeur la plus élevée (0.27g), est enregistrée à 100% de la capacité au champ (stress modéré), alors que la valeur la plus faible (0.04 g) est observée à 25% de la capacité au champ (stress sévère) comparativement au niveau S0.

A partir de moyennes enregistrées on constate que la variété Moullet Eddar est en première position suivie par la variété Auled mostefa par rapport aux biomasses racinaire.

L'effet du stress hydrique au niveau du paramètre biomasse racinaire est hautement significatif chez la variété Aouled Mosefta alors que,chez la variété Moullet Eddar .l'effet du stress n'est pas significatif .

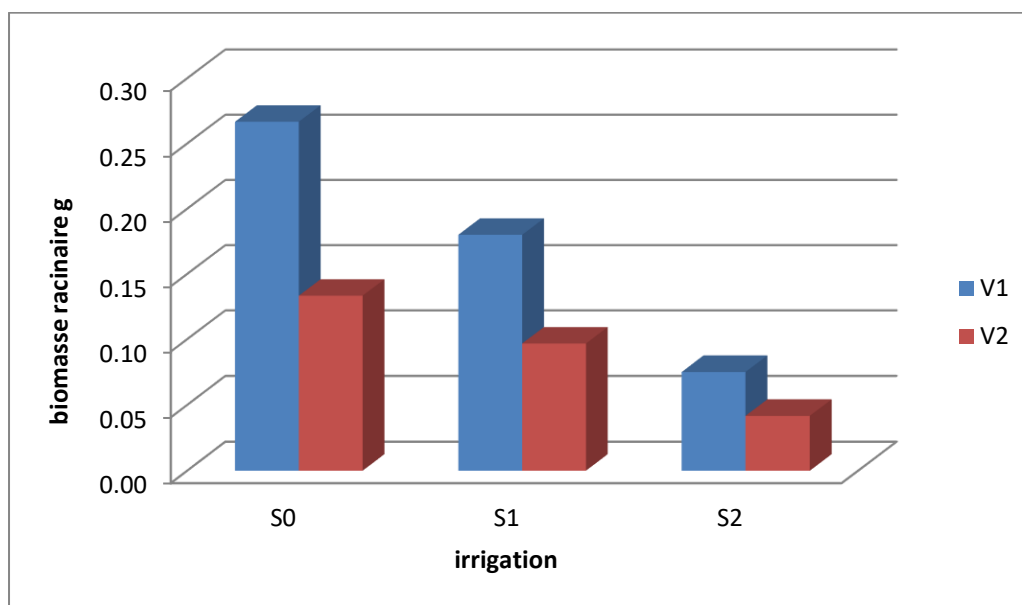


Figure 05 : Biomasse racinaire de variétés étudiées dans différents niveaux de stress hydrique

II.2.2. Action du déficit hydrique sur le biomasse aérienne

En moyenne, une diminution dans la biomasse aérienne est enregistrée dans différents niveaux de stress chez les deux variétés (figure 06). La valeur la plus élevée (3.08 g), est enregistrée à 100% de la capacité du champ (stress modéré), alors que la plus faible (3.08g) est observée à 25% CC (stress sévère) comparativement de la capacité au champ .

A partir de moyennes enregistrées, on constate que la variété Aouled Mostefa est en premier position suivie par la variété Moulet Eddar par rapport aux biomasses aérienne. L'effet du stress hydrique au niveau de paramètre biomasse aérienne est hautement significatif chez la variété Aouled Mosefta que la variété Moultet Eddar .

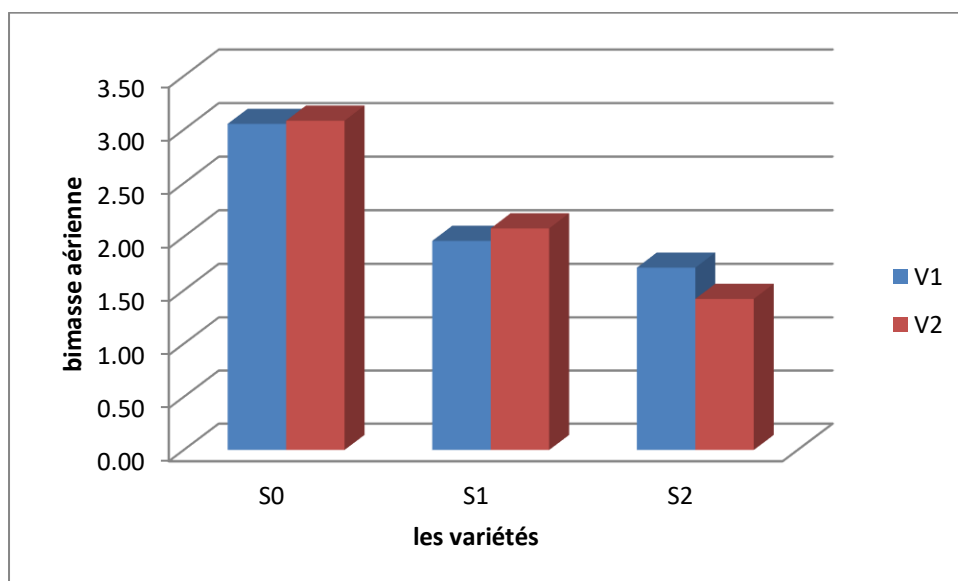


Figure 06 : Biomasse aérienne dans différents niveaux du stress hydrique.

III.2.3. Action du déficit hydrique sur la surface foliaire

L'effet des différents degrés du stress hydrique sur la surface foliaire des deux génotypes de blé dur testés est bien présenté dans la (figure 07). Les résultats montrent une diminution importante de la surface foliaire des différents génotypes étudiés en fonction du degré du stress hydrique appliqué.

Pour les valeurs enregistrées de la surface foliaire chez les témoins, La variété Aouled Mostefa présente la surface la plus grande par contre la variété Moulet Eddar représente la surface la plus petite.

Sous conditions du stress hydrique, nous avons enregistré une diminution de la surface foliaire chez les différents génotypes testés, les valeurs obtenus s'étalent entre (16.67) cm² (Aouled Mostefa) au premier niveau du stress (100% de capacité au champ) et (6.67) cm² (Moulet Eddar) au troisième niveau du stress hydrique (25% de capacité au champ).

A partir des moyennes enregistrés, on constate que la variété Aouled Mostefa est en première position suivie par les variété Moulet Eddar , par rapport aux surface foliaire.

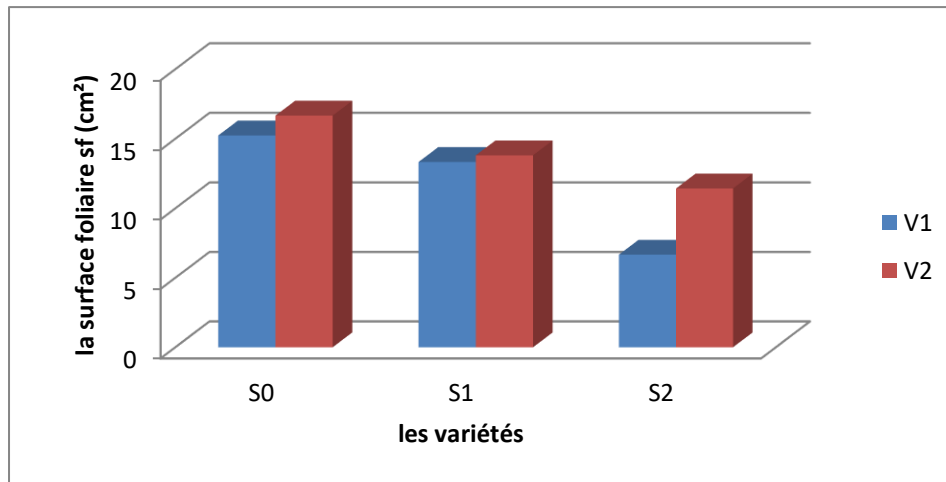


Figure 07 : La surface foliaire aux différent niveau du stress hydrique.

L'influence du stress hydrique au niveau de paramètre surface foliare est hautement significatif chez la variété Aouled Moustefa que la variété Moulet Eddar ..

III.2.1. Action du déficit hydrique sur la longueur du pédoncule

En moyenne, une diminution de la longueur de pédoncule est enregistré dans différents niveaux de stress chez les deux variétés (figure 08). La valeur la plus élevé (12.78 cm), est enregistrée à 100% de la capacité au champ (stress modéré), alors que la valeur la plus faible (3.58 cm) est observée à 25% de la capacité au champ (stress sévère) de la capacité au champ

A partir des moyennes enregistrés on constate que la variété Moulet Eddar est en premier position suivie par la variété Aouled Mostefa , par rapport aux pédoncule de la longueur .

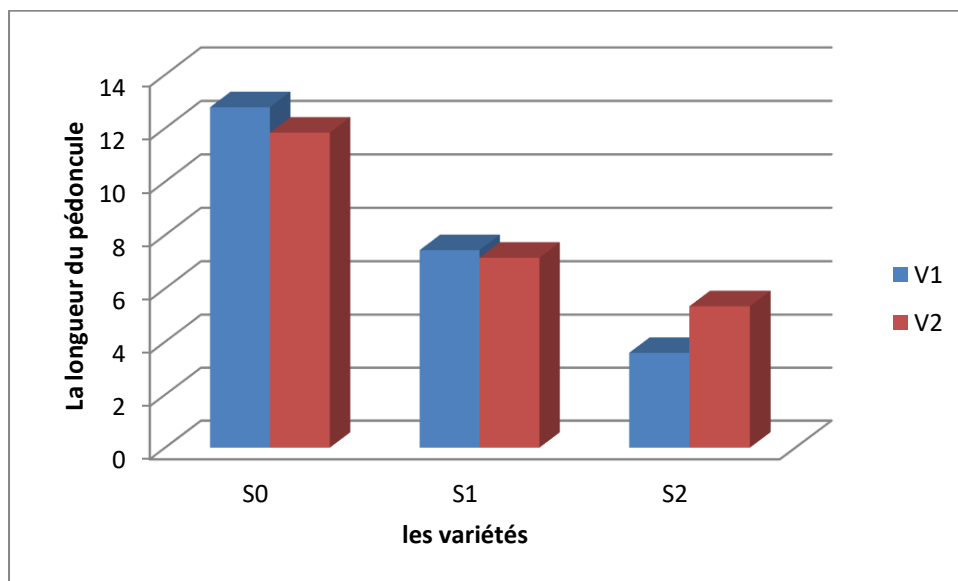


Figure 08 : La longueur du pédoncule aux différents niveaux de stress hydrique.

L'effet du stress hydrique au niveau de paramètre longueur de pédoncule est hautement significative chez la variétés Moulet Eddar que la varieties Aouled Mostefa .

III.3. Variation des paramètres physiologiques

III.3.1. Action du déficit hydrique sur la teneur relative en eau (TRE)

Une comparaison entre l'évolution de la teneur en eau des deux variétés de blé étudiées a montré que la teneur relative en eau diminue au fur et à mesure que le déficit hydrique s'accroît (figure 09).

Les teneurs en eau les plus élevées sont notés avec une valeur maximale enregistré chez la variété Moulet Eddar , et une valeur maximale enregistré chez la variété Aouled Mostefa .

Au premier niveau du stress S0 (100% de CC), la valeur minimale est observée dans la variété Moulat Eddar (39.56%) , alors que la valeur maximale est enregistrée chez la variété Aouled Mostefa (59.26) %.

Pour le deuxième niveau de stress hydrique S1 (50% de CC), la teneur relative en eau est située entre (35.92%) et (13.70) % enregistré successivement chez les variétés Aouled Mostefa et Moulet Eddar .

Au dernier niveau de stress S2 (25% de CC), Une nette diminution de la teneur en eau est observée chez la variété Aouled Mostefa . La teneur relative en eau varie entre (30.59%) chez la variétés Aouled Mostefa et (15.87%) chez la variété Moulet Addar .

A partir des moyennes enregistrés, on constate que la variété Aouled Mostefa est en premier position suivie par la variété Moulet Eddar , par rapport aux teneur relative en eau .

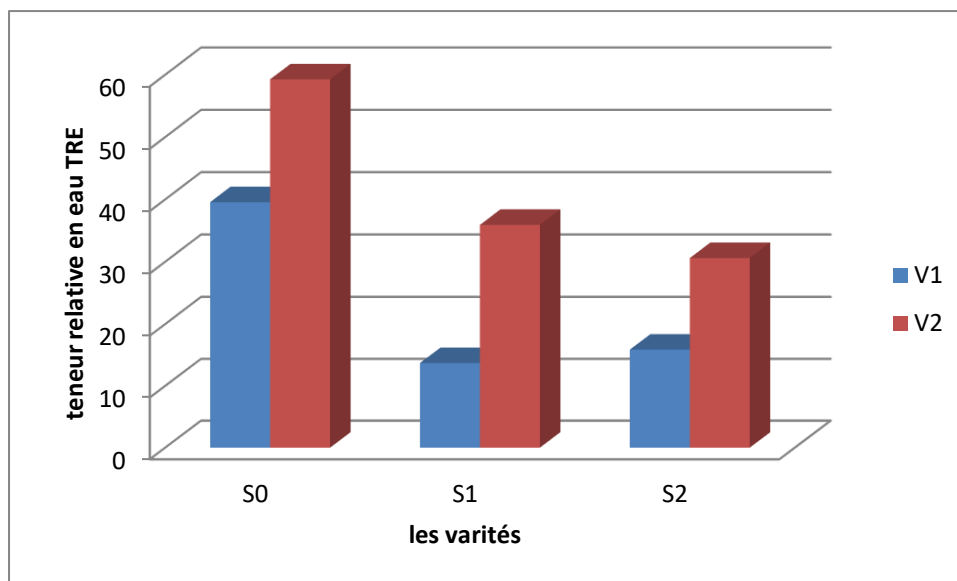


Figure 09: Effet du stress hydrique sur la teneur relative en eau.

le stress hydrique a diminué la teneur relative en eau chez les deux variétés, V2 enregistre des valeurs TRE plus grandes que V1.

III.3.2. Action du déficit hydrique sur la teneur en pigments chlorophylliens

III.3.2.1. Teneur en chlorophylle a (Chl a), Chlorophylle b (Chl b) et la chlorophylle totale

Comparativement entre les variétés conduites, l'impact des variations du régime hydrique est perçu de manières similaires pour la teneur en chlorophylle a, chlorophylle b et chlorophylle totale.

En effet. les figures 10,11 et12 indiquent que les valeurs de chlorophylle a, chlorophylle b,chlorophylle totale , de la variété Aouled Mostefa les plus élevés , alors que la variété Moulet Eddar qui donne les valeurs les plus faibles .

- **Chl a**

La valeur maximale est observé dans la variété Aouled Mostefa au premier niveau de stress S0: (15.94) ug - 1MF ; alors que la valeur minimale est observé chez la variété Moulet Eddar au dernier niveau de stress S2: (9.24)ug-1MF .

- **Chl b**

La valeur maximale est la valeur minimale observé au même variété Aouled Mostefa au niveaux du stress hydrique S0,S2 avec respectivement (7.70)ug-1MF , (4.43)ug-1MF.

- **Chl totale**

La valeur maximale est observé dans la variété Aouled Mostefa au premier niveaux du stress hydrique S0:(22.55) ug-1MF , chez la variété Moulet Eddar est observé que la valeur minimale enregistrée au dernier niveau de stress S2:(13.67)ug-1MF.

Pour les plantes conduites sous différents niveaux du stress hydrique on note que les valeurs de teneurs de Chl a, Chl b et Chl tot diminuent avec l'augmentation du stress hydrique chez les différents génotypes étudiés, On note que ces valeurs sont différent selon les variétés

A partir des moyennes enregistrés, on constate que la variété Aouled Mostefa est en premier position, suivie par la variété Moulet Eddar , par rapport aux teneurs en chlorophylle totale.

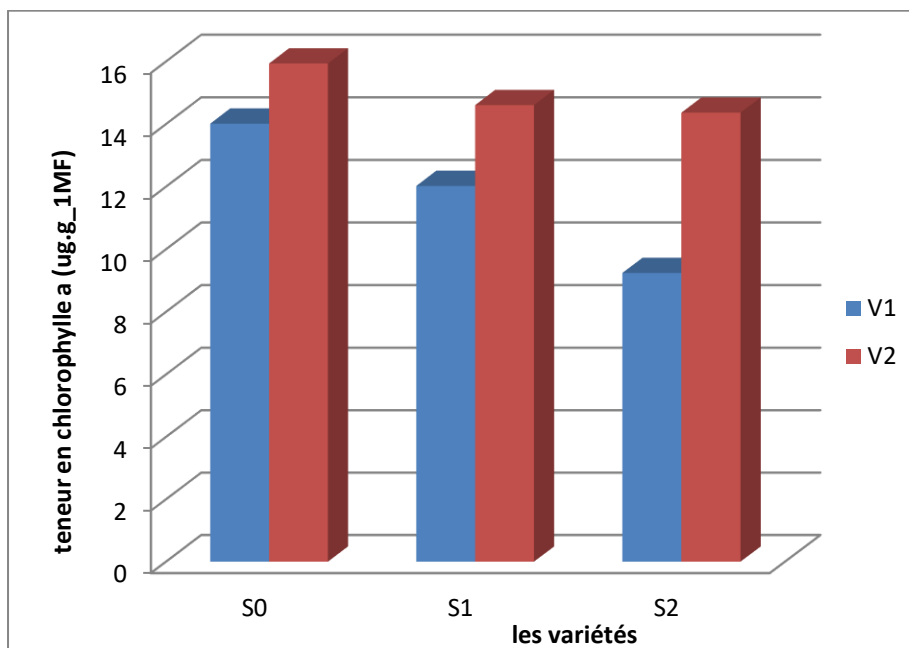


Figure 10: Teneur en chlorophylle a (Chl a) des feuilles.

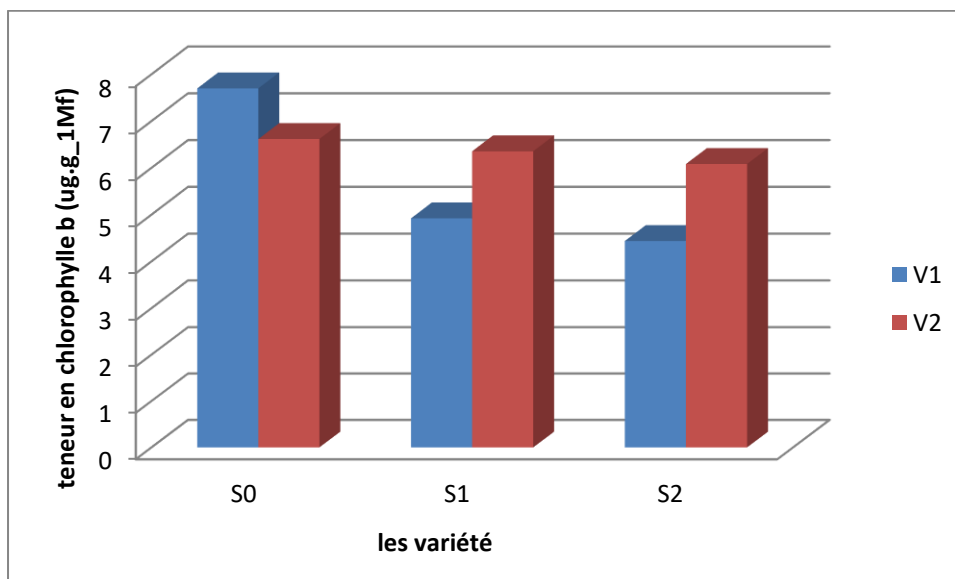


Figure 11: Teneur en chlorophylle b (Chl b) des feuilles.

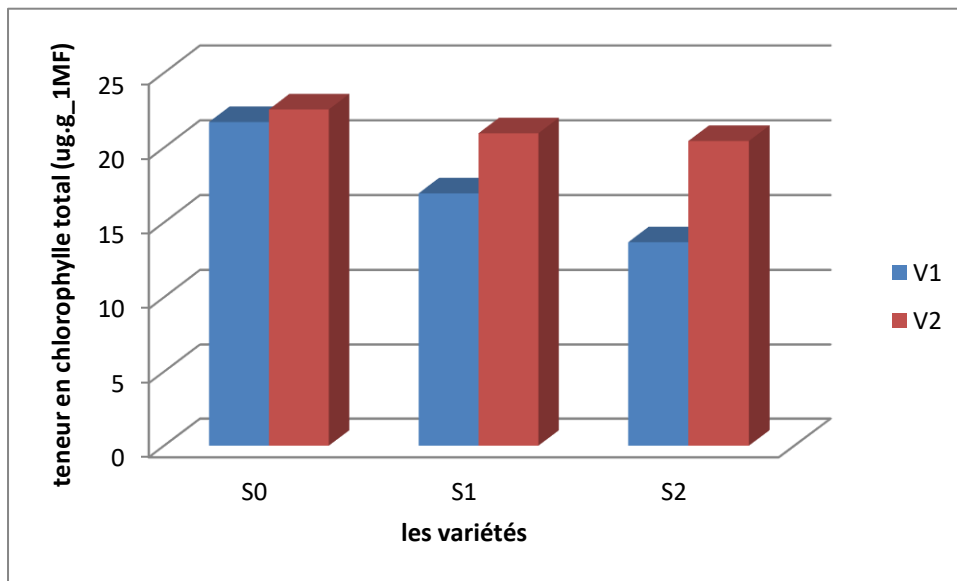


Figure 12: Teneur en chlorophylle totale (Chl a + Chl b) des feuilles.

L'étude des résultats obtenus démontre que la teneur en Chl a est variée d'une façon très hautement significative entre les deux variétés en présence du stress hydrique.

La teneur en Chlorophylle totale est variée d'une manière significative entre les deux variétés en présence du stress hydrique.

DISCUSSION

Hanson et al. (1985) font remarquer que l'augmentation de la biomasse aérienne au stade épiaison peut venir d'une haute paille, comme c'est le cas des variétés anciennes. La hauteur à une meilleure répartition de la matière sèche produite conduit le plus souvent à l'amélioration du nombre de grains produits/m² et du rendement selon Brookey et Kirby (1981).

Chakraborty et al., (2010), ont remarqué dans une étude sur l'effet du mulch sur la production de blé sous conditions semi-arides que les mulch organiques ont fourni un meilleur statut de l'eau du sol et une amélioration en terme de biomasse de croissance des racines.

La surface foliaire est un déterminisme important de la transpiration. Une des premières réactions des plantes au déficit hydrique est de réduire la surface foliaire (Lebon et al., 2004). Le développement végétatif sous conditions limitantes d'alimentation hydrique est fortement perturbé (Ferryra et al., 2004), on note principalement une diminution importante de la taille et de la surface foliaire. Cette diminution est une des réponses des végétaux à la déshydratation, elle contribue à la conservation des ressources en eau, ce qui permet la survie de la plante (Lebon et al., 2004).

L'effet du stress hydrique peut se traduire, selon la stratégie adaptative de chaque espèce ou variété par des modifications morphologiques, ces modifications affectent la partie aérienne ou souterraine : réduction de la surface foliaire et du nombre de talles, enroulement des feuilles et meilleur développement du système racinaire (Slama, 2005). Granier et al., (2000) ont rapporté que les feuilles des plantes soumises au déficit hydrique atteignent habituellement des tailles finales apparentes plus petites par rapport aux contrôles.

Le manque d'eau est un élément déterminant pour la croissance des plantes, particulièrement en région arides et semi arides. Il induit chez les plantes stressées une diminution du contenu relatif en eau (Albouchi et al., 2000). Clark et Mac-Caig, (1982) attirent l'attention sur l'utilisation de la teneur relative en eau comme indicateur de l'état hydrique de la plante sous stress.

La teneur en eau des feuilles de blé dur diminue proportionnellement avec la réduction d'eau contenue dans le sol (Bajji et al., 2001). Scofield et al., (1988) notent que cette

diminution de la TRE est plus rapide chez les variétés sensibles que chez les variétés résistantes. Par contre une TRE élevée dans des conditions de stress a été observée chez le soja (Raissac, 1984 in Zeghida et al., 2004). D'autre part, Martin et al., (1989) in Nouri, (2002) montrent que les génotypes qui maintiennent une TRE élevée dans la présence de stress hydrique sont des génotypes tolérants.

Selon Hireche, (2006) les différentes observations de la teneur en chlorophylle totale entre les génotypes sont liées à la tolérance au stress hydrique, il montre dans ses travaux sur la luzerne que la variété Dessica a tendance à lutter contre le stress hydrique en baissant sa teneur en chlorophylle. Alors que la variété Moapa implique une stratégie inverse (Siakhène, 1984).

L'augmentation des teneurs en chlorophylle totale est la conséquence de la réduction de la taille des cellules foliaires sous l'effet d'un stress hydrique qui engendre une plus grande concentration (Siakhène, 1984). Par contre, 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).

CONCLUSION

La sécheresse constitue la principale contrainte abiotique responsable de la faiblesse du rendement des céréales et celui du blé dur. La résistance à la sécheresse est un phénomène complexe faisant intervenir devant les contraintes environnementales, de nombreux mécanismes d'adaptation interagissant entre eux et les conditions du milieu. L'identification des mécanismes de résistance demeure déterminante dans toutes les manipulations de création de matériel végétal tolérant à cette contrainte abiotique. Le travail entrepris se fixait comme objectifs la sélection des paramètres d'ordre divers impliqués dans la fonction de tolérance au déficit hydrique chez le blé dur.

Lors de cette étude nous avons étudié la réponse de ces deux variétés de blé dur au stress hydrique (100%.50%.25% de CC), en étudiant quelques paramètres morphologiques et physiologiques.

Notre étude a montré que le blé est une plante sensible aux contraintes abiotiques qui limitent la productivité céréalière.

La réponse au stress hydrique chez les deux variétés de blé dur testées (Moulet Eddar et Aouled Moustefa) révèle l'existence d'une grande variabilité pour la plupart des paramètres morphologiques, physiologiques et biochimiques mesurés, à savoir, la longueur du pédoncule, la biomasse aérienne, la biomasse racinaire, la surface foliaire, la teneur relative en eau et le taux des pigments chlorophylliens. L'effet du stress hydrique est bien marqué entre les génotypes et leurs stressés.

L'examen de l'ensemble des résultats obtenus dans cette partie de l'étude permet de mettre en évidence les points suivants :

Une forte diminution de la surface de la feuille, la longueur du pédoncule, la biomasse aérienne, la biomasse racinaire, de la teneur relative en eau, et du taux des pigments chlorophylliens.

En fin, l'étude a montré que les deux génotypes étudiés ont utilisé les mêmes stratégies de la réponse au stress hydrique mais avec des fréquences. Cela peut être utilisé comme éléments de sélection et d'amélioration du blé.

En perspectives, il est souhaitable dans un futur travail, d'élargir l'étude sur plusieurs stades et cycle de développement de la plante, ainsi l'utilisation d'autres paramètres morphologiques et physiologiques comme critères de sélection et d'amélioration des plantes et d'appliquer l'étude sur d'autres types de stress et/ou contraintes biotiques et abiotiques afin de cerner à mieux la problématique proposée.

Références

Bibliographiques

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

Abbassenne, F., Bouzerzour, H., & Hachemi, L. (1997). Phénologie et production du blé dur (*Triticum durum* Desf.) en zone semi-aride. *Ann. Agron. INA, El Harrach*, 18 :24-36.

Abeledo L.G., Savin R., Gustavo A. & Slafer. 2008. Wheat productivity in theMediterranean Ebro Valley: Analyzing the gap between attainable and potential yield

Ahn S., JA. Adderso, ME.Sorrells, SD.Tanksley.1993: Homologue relationships of rice, Wheat and maizechromosomes .*Mol.Gen.Genet*241.483-490.

Albouchi A., Sebei H., Mezni M. Y. & EL Aouni M. H. 2000. Influence de la durée d'une alimentation hydrique déficiente sur la production de biomasse, la surface transpirante et la densité stomatique d'*Acacia cyanophylla*. *Annales de l'INRGREF*. 4 : 138- 61p.

and yield stability in durum wheat. *Options méditerranéennes* .40: 83-93p.

Anonyme. 2002. Conseil international des céréales. International Grains Council. World Grains Statistics: 13-17 p.

Bahlouli F., Bouzerzour H., Benmahammed A., & Hassous K, L. (2005). Selection of high yielding of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) under semi arid conditions. *Journal of Agronomy*, 4 (4): 360-365.

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.

Bajji M., Lutts S. & Kinet J-M. 2001. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid conditions. *Plant Sci*. 160 : 669 -681p.

Baldy, C.H. (1992). Effet du climat sur la croissance et le stress hydrique des blés en méditerranée occidentale. Dans: tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétale, Montpellier. Les colloques de l'INRA, 64: 83-100.

Benbelkacem, A., Kellou, K.,(2001). Évaluation du progrès génétique chez quelques variétés de blé dur (*Triticum turgidum* L. var. durum) cultivées en Algérie. *Options méditerranéennes*. 6: 105-10.

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

Bernard, R. (2006). L'eau et la vie. (éd).Dauphin. Paris : 13- 59 p

Bousba R., Ykhlef N. & Djekoun A. 2009. Water use efficiency and flag leaf photosynthetic in response to water deficit of durum wheat (*Triticum durum* Desf). *World Journal of Agricultural Sciences* 5. 5: 609 -616 p.

Bousba R., Ykhlef N. & Djekoun, A. (2009). Water use efficiency and flag leaf photosynthetic in response to water deficit of durum wheat (*Triticum durum* Desf). *World Journal of Agricultural Sciences* 5. 5: 609 -616 p

Brouillet L., F. Coursol, M. Favreau. 2006. VASCAN. The database of Canadian vascular plants . *Herbier Marie-Victorin, Institut de recherche en biologie végétale, Université de Montréal* <http://data.canadensys.net/vascan/about>

Chakraborty D., Garg R. N., Tomar R. K., Singh, R., Sharma S. K., Singh R. K., Trivedi S. M., Mittal, R. B., Sharma P. K. et Kamble K. H. 2010. Synthetic and organic mulching and nitrogen effect on winter wheat (*triticum aestivea* Desf.) in a semi-arid environment. *Agric and Water Management* 97:738-748. -Chellali B. 2007. *Marché mondial des céréales: L'Algérie assure sa sécurité alimentaire.* <http://www.lemaghrebzd.com/admin/folder01/une.pdf>.

Chellali B. 2007. *Marché mondial des céréales : L'Algérie assure sa sécurité alimentaire.* <http://www.lemaghrebzd.com/admin/folder01/une.pdf>. (31.05.2008).

Chenafi H., Bouzerzour H., Aidaoui A et Saci A.,(2006). Yield response of durum wheat (*Triticum durum*, Desf) cultivar Waha to deficit irrigation under semi arid growth conditions. *Asian Journal plant Science.*, 5: 854-860.

Clément, G., Prats J. (1970). *Les céréales.* Collection d'enseignement agricole. 2ème Ed. 351 p.

Debaeke, P., Cabelguenne, M., Casals, M.L., Puech, J. (1996). Élaboration du rendement du blé d'hiver en conditions de déficit hydrique. II. Mise au point et test d'un modèle de simulation de la culture de blé d'hiver en conditions d'alimentation hydrique et azotée variées. *Epicphase-blé. Agronomie*, 16: 25 - 46 .

Drevon J.J .,Saadallah K.,Hajji M., Abdelly C. (2001) : “Genotypic variability for tolerance to salinity of N₂-fixing common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) “, *Agronomy*, 21, 675-682.

Dvorak J., MC. Luo, ZL. Yang, HB. Zhang. 1998. The structure of the *Aegilopstauschii* gene pool and the evolution of hexaploid wheat. *TheorAppl Genet*97 : 657-670.

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.

Feillet P. (2000). *Le grain de blé (composition et utilisation)*, Ed INRA, P57-281

Feillet P. 2000. *Le grain de blé : composition et utilisation.* INRA. Paris.

- Feldman M., ER. Sears. 1981.** The wild gene resources of wheat. *Sci. Am.*244 : 98–109.
- Ferryra R., Sellés G., Ruiz R.S. & Sellés I.M. 2004.** Effect of water stress induced at different growth stages on grapevine cv. Chardonnay on production and wine quality. *Acta Hort.*664: 233- 236p.
- Gallais, A., & Bannerot, H. (1992).** Amélioration des espèces végétales cultivées : objectifs et critères de sélection. INRA éditions. 759 p.
- Grignac, P., 1965.** Contribution d l'étude de (*Triticum durum* Desf.) Thèse, F.S. Toulouse : 152 p.
- Haichour R.,(2009).** Stress thermique et limite écologique du Chêne vert. Mémoire. Université Mentouri – Constantine – p : 12-24-49.
- Hamadache, A. (2013).** Eléments de phytotechnie générale : Grandes Culture- Tom I : Le blé. 1ère édition. Mohamed Amrani. 49-69.
- Harlan JR. 1971.** Agricultural origins: Centers and non Centers. *Science*174: 468-474
- 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.
- Hireche. 2006.** Réponse de la luzerne *Medicago sativa* (L) au stress hydrique et à la profondeur du semis. Thèse de Magister.Univ. EL Hadj Lakhdar. Batna :83 p.
- Hsissou, D. (1994).** Sélection In vitro et caractérisation de mutants de blé dur tolérants à la sécheresse. Thèse de doctorat. Univ. Catholique de Louvain.
- Kara S et Zerguine M.,(2016).** Dosage des anthocyanes et de la glycine bétaine en conditions de stress hydrique et étude des mécanismes de tolérances chez dix variétés du blé dur (*triticum durum* Desf.). Mémoire. Université des Frères Mentouri Constantine1. p : 1-9-19-28-29-34.
- Kara, Y., Bellkhiri., CH. (2011).** Etude des caractères d'adaptation au déficit hydrique de quelques variétés de blé dur et d'espèces sauvages apparentées : Intérêt potentiel de ces variétés pour l'amélioration.
- Karou, M., Haffid, R., Smith, D.N., Samir, K. (1998).** Roots and shoot growth water use and water use efficiency of spring durum wheat under early –season drouth. *Agronomie* ,18 :18 :186.
- Laberche, J-C .(2004).** La nutrition de la plante In *Biologie Végétale*. Dunod. 2eme (éd). Paris: 154 -163 p
- Lebon E., Pellegrino A., Tardieu F. & Lecoœur J. 2004.** Shoot development in grapevine is affected by the modular branching pattern of the stem and intra and inter-shoot trophic competition. *Annals of Botany.* 93 : 263 -274 p.

- Leclerc, J.C. (1999).** Ecophysiologie végétale. Publication de l'université de Saint Etienne. Paris: 283 p.
- Lezzar H et Meziani A.,(2015).** Recherche in silico et conception d'amorce des gènes de tolérance au stress hydrique chez le blé dur (Triticum durum Desf.) au stress hydrique, mémoire. Université Mentouri, Constantine Faculté de biologie Département de Biologie Végétale et Écologie. p53.
- Mekhlouf, A., Bouzerzour H., Dehbi F., Hannachi A. 2001.** Rythme de développement et variabilité de réponses du blé dur (Triticum durum Desf.) aux basses températures. Tentatives de sélection pour la tolérance au gel. In Proceeding Séminaire sur la valorisation des milieux semi arides. Université, Oum El Bouaghi.
- Mir R.R, Zaman-Allah M., Sreenivasulu N., Trethowan R. & Varshney RK. (2012).** Integrated genomics, physiology and breeding approaches for improving drought tolerance in crops. Theoretical and Applied Genetics, 125(4), 625–645
- Morort-Gaudry, J.F. 1997.** Le double jeu de la Rubisco. Biofutur, 28-30.
- Morsli L., 2010 :** Adaptation du blé dur (triticum durum desf) dans les conditions des hautes plaines constantinoises. diplôme de Doctorat. Univ Mokhtar.annaba. 3-18p.
- Mouellef A. (2010).** Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (Triticum durum Desf.) au stress hydrique. Mémoire magister, Faculté de biologie. Département de Biologie Végétale et Écologie, Université Constantine, 82 p
- 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 semiaride. Mém. Magister. Univ .Farhat abbas .sétif.12.
- Nana, R., Tamini, Z., Sawadogo, M., Some, P.P. (2010).** Etude morphologique comparative de cinq variétés de gombo (Abelmoschus esculentus L.) soumises à un stress hydrique.10 (03) :28-38
- Nouri L., Ykhlef N. & Djekoun A. 2002.** Adjustement 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.
- Oukarroum A., (2007).** Vitalité des plantes d'orge (Hordeum vulgare L.) en conditions de stress hydrique et thermique analysée par la fluorescence chlorophyllienne. Thèse doctorat. Université De Genève.
- Pfeiffer W.H., Sayre K.D. & Reynolds M.P. 2000.** Enhancing genetic grain yield potential
- Ranieri R. (2015).** Geography of the Durum Wheat Crop, pastaria international 6.
- Riou, C. (1993).** L'eau et la production végétale. Sécheresse, 4: 75 – 83.

- Robert, D., Gate, P., & Couvreur, F. (1993).** Les stades du blé. Editions ITCF. 28 p.
- Sakamura T., 1918.** KurzeMitteilungueber die Chromosomenzahalen und die Verwandtschaftsverhaelnitisse der TriticumArten. Bot. Mag ; Tokyo. 32:151-154
- Simon, H., Codaccioni P., Lequeur X ., (1989).** Produire des céréales à paille Coll. Agriculture d'aujourd'hui. S. T. A, pp 63-296.
- Slama A., Ben Salem M., Ben Naceur M. & Zid E.D. 2005.** Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. Institut national de la recherche agronomique de Tunisie (Inrat). Univ. Elmanar. Tunisie. (http://www.john-libbey-eurotext.fr/fr/revues/agro_biotech/sec/e-docs /00/04/11/2E/ telecharger.md).
- Slama A., Ben Salem M., Ben Naceur M., & Zid, E. (2005).** Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance (Inrat) ,16 (3) : 225-229
- Slama, A., Ben Salem, M., Ben Naceur, M., Zid, E.D. (2005).** Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. Institut national de la recherche agronomique de Tunisie (Inrat). Univ. Elmanar. Tunisie. (http://www.johnlibbeyeurotext.fr/fr/revues/agro_biotech/sec/e-docs /00/04/11/2E/ t
- Tahri E., Belabed, A. & Sadki, K. (1997).** Effet d'un stress osmotique sur l'accumulation de proline, de chlorophylle et des ARNm codant pour la glutamine synthétase chez trois variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.). Bulletin de l'Institut Scientifique. Rebat, 21: 81-89
- Tahri, E., Belabed, A., Sadki, K. (1997).** Effet d'un stress osmotique sur l'accumulation de proline, de chlorophylle et des ARNm codant pour la glutamine synthétase chez trois variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.). Bulletin de l'Institut Scientifique. Rebat.21: 81 - 89.
- Turner, N. (1986).** Adaptation to water déficit: a changing perspective. Aust J Plant Physiol., 13:175-190.
- Wadley G., Martin A. 1993.** The Origins of Agriculture? A Biological Perspective and New Hypothesis . Australian Biologist 6: 96-105.
- Wardlaw, I. F. (2002).** Interaction between drought and chronic high temperature during kernel filling in wheat in a controlled environment. Annals of Botany, 90: 469-476.
- Zeghida A., Amrani R., Djennadi F., Ameroun R., Khldoun A.A. & Belloucif M. 2004.** Etude de la variabilité de réponse des plantules de blé dur (*Triticum durum* Desf) à la salinité. Céréaliculture. ITGC. 42. Constantine : 5p.

Résumé

Le déficit hydrique constitue le principal stress abiotique limitant considérablement la productivité du blé dur (*Triticum durum* Desf.) en Algérie. L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet du stress hydrique et la variabilité de la réponse chez deux génotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf.) Moulet Eddar et Aouled Moustefa. D'après l'étude des différents paramètres morphologiques et physiologiques et biochimique, sous trois niveaux de stress (100 ; 50, 25 % de la capacité au champ). Les résultats obtenus montrent que le stress hydrique a entraîné une réduction des paramètres morphologiques et biochimiques. De même une diminution des paramètres physiologiques. En conclusion, l'étude a montré que le stress hydrique provoque les mêmes mécanismes de la réponse chez les génotypes étudiés mais à des degrés différents.

Mots clés : Blé dur (*Triticum durum* Desf.), déficit hydrique, Paramètres morphologiques et physiologiques.

الملخص

نقص الماء من أهم العوامل البيولوجية التي لها تأثير على إنتاجية القمح الصلب في الجزائر. الهدف من هذا العمل هو دراسة تأثير الاجهاد المائي وتنوع الاستجابة عند نوعين من القمح الصلب مولات الدار و ولاد مصطفى. بعد دراسة مختلف المعايير المورفولوجية والفيزيولوجية والكيميائية، تحت ثلاث مستويات من الاجهاد (25 , 50 , 100 %) من السعة الحقلية تبين نتائج المتحصل عليها ان الاجهاد المائي تسبب في انخفاض المعايير المورفولوجية والفيزيولوجية والكيميائية. كما اظهرت الدراسة انه بوجود الاجهاد المائي تستجيب اصناف القمح الصلب المدروسة بنفس اليات ولكن بدرجات مختلفة.

الكلمات المفتاحية: القمح الصلب، الاجهاد المائي، المعايير المورفولوجية والفيزيولوجية.

Abstract

Water deficit is one of the major abiotic stresses limiting the productivity of hard wheat (*Triticum durum* Desf.) in Algeria. The objective of this work is to study the effect of water stress and the variability of the response in two genotypes of hard wheat (*Triticum durum* Desf.) Moulet eddar and Aouled moustefa. Based on the study of the various morphological and physiological parameters, under three stress levels (100, 50, 25 % of the field capacity). The results obtained show that the water stress induced a reduction of the morphological parameters; Similarly a decrease in physiological parameters. This study showed that some aspects of drought cause the same mechanisms of response in the genotypes studied but to different degrees.

Key words: Durum wheat (*Triticum durum* Desf.), Water deficit, Morphological and physiological parameters..