

UNIVERSITE KASDI MERBAH-OUARGLA
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Biologiques



Mémoire en Vue de l'Obtention du Diplôme

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biotechnologie végétale

Présenté par : SALHI imane nour el houda

BELAHCENE feriel

Thème :

Etude de quelques expressions morpho-physiologiques chez quelques génotypes de blé dur pour la sélection a la tolérance au déficit hydrique

Soutenu publiquement

Le : 21/06/2022

Devant le jury :

M. TRABELSI	M.C.A	President	U.K.M. Ouargla.
Melle SALHI N.	Pr.	Promoteur	U. K.M. Ouargla
Mme BOUKHALFA - DERAOUI N.	M.C.A	Co -promoteur	U.K.M. Ouargla
M. CHAABENA. A	M.A.A	Examineur	U.K.M. Ouargla

Année universitaire

2021/2022

DEDICACE

*Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite à **ma mère**.*

*Je dédie mon diplôme à **mon père** que dieu la paix à son âme.*

Qui a veillé tout au long de ma vie à mon courage, à me donner l'aide et à me protéger.

*A mes chères soeurs **Chafika , Sara, Meriem***

*A mes chères frères **Lalmi, Mohammed, Hamza, Oussama***

*Et les petites : **Ahmed Fawzi, Rim, Yasmine , Sirine , Mathani***

*A tous ma famille **Salhi***

*Je dédie également à tous mes professeurs de primaire jusqu'à l'université spécialement mes encadreurs : **Mlle SALHI Nesrine** et son adjointe **Mme. DERAOUI Naima***

Je dédie également à tous Professeur à la Faculté des sciences de la Nature et de la Vie, Université Ouargla de nous avoir fait.

A tous promotion de biotechnologie végétale

A tous ceux qui me sont chères.

A tous ceux qui m'aiment.

A tous ceux que j'aime.

Imane

DEDICACE

« Louange à Allah qui nous a guidés à ceci. Nous n'aurions pas été guidés, si Allah ne nous avait pas guidés »

Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné la vie, Le symbole de tendresse qui s'est sacrifiée pour

*Mon Bonheur et ma réussite à **ma mère** qui a veillé tout au long de ma vie à mon courage, à me donner l'aide et à me protéger.*

*A mes chères sœurs **Nesrine, Intisar, Aya**, et les deux petites sans exception*

*A mon chère frère **Amar, Louai***

*A tous ma famille **Belahcene***

Je dédie également a tous mes professeurs de primaire jusqu'a l'université et mes encadreurs :

Mme. Mlle SALHI Nesrine. Et son adjointe DERAOUI Naima.

A tous promotion de biotechnologie végétale

A tous ceux qui me sont chères.

A tous ceux qui m'aiment.

A tous ceux que j'aime.

Feriel

Remerciements

*Tout d'abord, nous tenons à remercier **DIEU**, notre créateur pour nous
Avoir donné de la force à accomplir ce travail.*

*Nous remercions vivement notre encadreur : **Mlle SALHI NESRINE** pour son
Aide, sa compréhension et ses conseils.*

*Nous tenons à exprimer nos plus vifs remerciements à Monsieur **BELAROUSSI M.H***

*Nous tenons à remercier également Madame **DERAOUI N.** pour avoir accepté d'examiner
notre travail. Ses encouragements et sa compréhension.*

*Nous tenons à remercier aussi les membres du jury **Mme TRABELSI** et **Mr CHAABNA** pour
l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de juger notre travail.*

Imane et Ferial

Etude De Quelques Expressions Morpho-physiologiques chez quelques Géotypes De Blé Dur pour la sélection a la Tolérance Au Déficit Hydrique

Résumé :

L'objectif de ce travail est d'étudier quelques expressions morpho-physiologique chez quelques géotypes de Blé dur pour la sélection à la tolérance au déficit hydrique : Boutaleb, Boussalem, Vitron et Oued el bared. Dans la première partie, on a étudié différents paramètres morphologiques physiologiques sous deux niveaux d'irrigation (40% et 80%).

Les résultats obtenus montrent que le stress hydrique a entraîné une réduction de la longueur des racines des quatre variétés Boutaleb, Vitron, Boussalem et Oued el bared d'autant plus importante que le stress est plus sévère.

Le déficit hydrique provoque les mêmes mécanismes de réponse chez les différents géotypes teste mais par des degrés différents.

Mots clés : déficit hydrique, blé dur, paramètres morphologique, physiologiques, tolérance

Study of some morpho- physiological expressions in four durum wheat genotypes for drought tolerance selection

Abstract:

The objective of this work is to study some morpho-physiological expressions in some durum wheat genotypes for selection to tolerance to water deficit: Boutaleb / Boussalem / Vitron / Oued el bared. In the first part, we studied different physiological and biochemical morphological parameters under two levels of irrigation (40% and 80%).

The results obtained show that the water stress led to a reduction in the length of the roots of the four varieties Boutaleb, Vitron, Boussalem and Oued el bared all the more important as the stress is more severe.

On the other hand, water stress decreases these parameters and on the other hand increases leaf length and leaf area, the Vitron and Boutaleb genotypes.

Water deficit provokes the same response mechanisms in the different genotypes tested but to different degrees.

Keywords: water stress, durum wheat, morphological, physiological parameters, tolerance

ملخص

الهدف من هذا العمل هو دراسة بعض التعبيرات الشكلية-الفسولوجية في بعض الطرز الوراثة للقمح القاسي لانتخابها لتحمل نقص المياه: بوطالب، بوسالم، فيترون، واد البارد. في الجزء الأول، درسنا المتغيرات المورفولوجيا الفسولوجية المختلفة تحت مستويين من الري (40% و80%)

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن الإجهاد المائي أدى إلى انخفاض في طول جذور الأصناف الأربعة بوطالب وفيترون وبوسالم ووادي البارد أكثر أهمية حيث يكون الإجهاد أكثر حدة.

يثير نقص المياه نفس آليات الاستجابة في الطرز الجينية المختلفة المختبرة ولكن بدرجات مختلفة

الكلمات المفتاحية: الإجهاد المائي، القمح الصلب، المقاييس المورفولوجيا، الفسولوجية، تحمل

Liste des figures

N°	Titres	pages
01	Dispositif experimental	6
02	Variation de la longueur des racines chez les quatre variétés de blé dur	13
03	Variation de la hauteur moyenne des plantes chez les quatre variétés de blé dur	14
04	Variation de la longueur des feuilles chez les quatre variétés de blé dur	15
05	Variation moyenne de la largeur de feuille chez les quatre variétés de blé dur	16
06	Variation de la surface foliaire chez les quatre variétés de blé dur	17
07	Variation moyenne de la Teneur Relative en eau (TRE) chez les quatre variétés de blé dur	18
08	Variation de la conductivité électrique (CE) chez les quatre variétés de blé dur	19

Liste des photos

N°	Titres	Pages
01	Mesure de la Teneur relative en eau (TRE%)	9
02	Mesure de l'intégrité membranaire des feuilles (CE%)	11

Liste des annexes

N° annexe	N°	Titre
1	I	Tableaux d'analyse de la variance two way ANOVA des paramètres morphologiques
	I.1	Analyse de variance la longueur de racines des quatre variétés du blé dur
	I.2	Analyse de variance la hauteur de plante des quatre variétés du blé dur
	I.3	Analyse de variance la longueur de feuille des quatre variétés du blé dur
2	I.4	Analyse de variance du largeur de feuille des quatre variétés du blé dur
	I.5	Analyse de variance de la surface foliaire des quatre variétés du blé dur
3	II	Tableaux d'analyse de la variance two way ANOVA des paramètres physiologiques
	II.1	Analyse de variance de la Teneur en eau des quatre variétés du blé dur
	II.2	Analyse de variance de la Conductivité électrique des quatre variétés du blé dur
4	1	Groupes homogènes
5	2	Calcul de la capacité de rétention
6	4	Caractéristiques des variétés étudiées
7	5	variétés de blé dur

Liste d'abréviation

VI	Variétés
D1	Doses d'irrigation
SF	surface foliaire
Cm	Centimètre
DS/m	Decisiemens/mètre
M/g	Mili/gram
LR	Largueur de feuille
LR	Longueur de racine
MF	matière fraîche
Ps	Poids sec
TRE	teneur relative en eau
PT	Poids à la turgescence
CE	Conductivité électrique

Table des matières

Remerciements

Dédicaces

Liste des Figures

Liste des Tableaux

Liste des Annexe

Liste des abréviations

Introduction..... 1

Chapitre I : Matériels et méthodes

I. Matériels et Méthodes.....	5
I .1 Situation géographique de la station d'étude.....	5
I .2 Sol expérimental.....	5
I .3 Matériel végétal	5
I .4 Dispositif expérimenta.....	6
I .5 Préparation des pots.....	7
I .6 Calcul de la capacité de rétention.....	7
I .7 Semis des graines.....	7
I .8 Application du stress hydrique.....	7
I .9 Paramètres étudiés.....	7
I .9.1 Paramètres morphologiques.....	8
I.9.1.1 Nombre de racines.....	8
I.9.1.2 Nombre de feuilles.....	8
I.9.1.3 Longueur des feuilles.....	8
I.9.1.4 Longueur des racines.....	8
I.9.1.5 Hauteur des plantules.....	8
I.9.1.6 Surface foliaire (SF « cm ² »).....	8
I.9.2 Paramètres physiologiques.....	8
I.9.2.1 Teneur relative en eau (TRE%).....	9
I.9.2.2 Intégrité membranaire (CE%).....	10
I.10 Traitement et analyse statistique.....	11

Chapitre II : Résultats et discussion

II.1 Effet du stress hydrique sur les paramètres morphologiques des variétés de blé.....	13
II.1.1. Effet du stress hydrique sur la longueur de racines des quatre variétés de blé.....	13
II.1.2. Effet du stress hydrique sur la hauteur de la plante des quatre variétés de blé.....	14
II.1.3. Effet du stress hydrique sur la longueur de feuille des quatre variétés de blé.....	15
II.1.4. Effet du stress hydrique sur le largeur de feuille des quatre variétés de blé dur.....	16
II.1.5. Effet du stress hydrique sur la surface foliaire des quatre variétés de blé dur.....	17
II.2 Effet du stress hydrique sur les paramètres physiologiques des variétés de blé.....	18
II.2.1. Effet du stress hydrique sur la Teneur Relative en eau (TRE) des quatre variétés de blé dur.....	18
II.2.2. Effet du stress hydrique sur la conductivité électrique(CE) des trois variétés de blé dur.....	19
II.6 Discussion générale.....	20
Conclusion.....	24

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Abstract

ملخص

Introduction

Introduction

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

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

L'Algérie avant les années 1830, exportait son blé au Monde entier. Actuellement l'Algérie importe son blé et se trouve dépendante du marché international (ANONYME, 2006). Par sa position de grand importateur de blé 4^{ème} au niveau mondial, 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 blé dur principalement pour couvrir les besoins du marché national et alimenter les stocks pousse à faire un recours systématique aux importations (FAO, 2007). 7.7 million s tonnes en 2021 blé tendre principalement.

La qualité d'un blé dur est essentiellement le résultat de l'effet conjugué du génotype d'une part et des facteurs agro climatiques d'autre part (ABDELLAOUI, 2007).

En Algérie, le phénomène de dégradation du sol est visible sur les hautes plaines céréalières, à cause du déficit hydrique, des pratiques culturales inadaptées et de la surexploitation des terres qui ne vont pas avec l'évolution pédoclimatique du milieu (FORTAS *ET AL.* 2013). Les terres labourées sont sujettes à la fois à l'érosion et la baisse de la fertilité des sols. Pour limiter ce phénomène le recours aux techniques culturales nouvelles, comme les techniques culturales simplifiées et le semis direct seraient une alternative viable (RADFORD *ET AL.* 2000 ; SABER, ET MRABET 2001 ; SCHRALL *ET AL.* 2007 ; ABDLLAOUI *ET AL.* 2010 ; BENNIU, 2012).

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

Les faibles niveaux de rendement sont souvent expliqués par l'irrégularité de la pluviométrie. La difficulté d'obtenir ou de sélectionner des génotypes prometteurs de rendement et de stabilité, réside dans le concept même de sélection. La sélection directe au champ a néanmoins montré ses limites. La sélection indirecte, basée sur l'expression physiologique de certains traits, se trouve être une alternative intéressante. Cette dernière peut à travers une évaluation exploratrice à un stade juvénile, précoce donc, de mieux identifier, quantifier mais hiérarchiser aussi des traits d'adaptation et d'étudier des paramètres phénologiques, morphologiques et physiologiques, utilisés comme critère de criblage dans le processus d'amélioration génétique du blé pour la tolérance aux stress environnementaux, le stress hydrique en particulier. (H. BENMOUNAH & L. BRINIS)

Le stress hydrique limite la croissance des plantes ainsi que la productivité végétale. De nombreuses études ont montré que lors d'un déficit hydrique, les plantes adoptent des stratégies qui diffèrent d'une espèce à une autre et qui font intervenir une large combinaison de facteurs morphologiques, physiologiques et biochimiques (BOUCHLAGHEM., 2012).

L'ajustement osmotique (AO) apparaît aujourd'hui comme un mécanisme majeur d'adaptation des plantes à ce stress (ZHANG *ET AL.*, 1999). Cependant, en dépit de l'abondante littérature consacrée à ce mécanisme, il n'existe, à l'heure actuelle, qu'un nombre limité de travaux se rapportant au blé DUR (KAMELI ET LÖSEL, 1995 ; REKIKI *ET AL.* 1998 ; BAJJI *ET AL.* 1999).

La tolérance des végétaux aux sels est un phénomène complexe qui implique des particularités morphologiques et développementales avec des mécanismes physiologiques et biochimiques variés. Chez les céréales la résistance ou même la tolérance à l'aridité et à la présence de sels sont des qualités largement recherchées, afin d'étendre la culture à des régions peu favorables, par des méthodes classiques, est longue et onéreuse (BAENZIGER *ET AL.* 2006). Au-delà de la sélection classique, les développements faits en matière de biotechnologies augmentent les alternatives de recherche en matière de résistance aux stress

abiotiques (LUTTS *ET AL.* 1996). Tels le froid (BERTIN ET KINET, 1995) l'aluminium (JAIN ET AL, 1997), la salinité, et le déficit hydrique (BARAKET *ET AL.*, 1999)

La culture *in vitro* est un moyen adéquat pour l'étude des mécanismes adaptatifs des plantes vivants en milieu salin. La culture *in vitro* a pris une importance croissante dans les programmes d'amélioration des plantes pour la sélection de génotypes tolérants à la salinité (LUTTS ET AL, 1996). Cette technique constitue un test précoce et rapide pour évaluer et caractériser le comportement des espèces végétales face à la contrainte saline. En effet, la fréquence de régénération de plants et/ou formation des cals dépendent de l'espèce, du génotype du plant donneur et de l'explant utilisé : méristèmes, feuille, graine, embryon mature ou immature (CHOI *ET AL.*, 2000). Selon (BREGITZER ET AL, 1998) les limitations se situent au niveau du faible potentiel de régénération des cultivars modernes.

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 salin. Cette amélioration exige d'étudier, d'identifier et de vérifier les caractères morphologiques, physiologiques et biochimiques liés au rendement en condition de stress hydrique (PFEIFFER *ET AL.*, 2000)

L'objectif de notre contribution vise à apprécier l'aptitude physiologique chez quatre variétés de blé dur, aux stades de la germination et de la croissance des plantules. Parmi les attributs de la semence, sa capacité à germer, à germer vite, et à avoir une cinétique de croissance qui la crédite d'une bonne vigueur. Cette expression première à la germination constituerait un trait intéressant en faveur d'une variété dont les performances agronomiques peuvent être prédites sur la base des résultats au stade juvénile. De plus, nous souhaitons établir un lien entre ces données physiologiques et celles obtenues sur terrain et qui concernent des traits morphologiques de tolérance au stress hydrique.

Le travail sera présenté en deux grands chapitres :

Dans le premier chapitre de ce mémoire décrit le matériel biologique et l'ensemble des méthodes utilisées dans notre étude. Les étapes suivies dans l'exploitation de nos résultats ainsi que leur discussion sont présentées dans le deuxième chapitre. Au début de ce travail est présenté une Introduction générale. Une Conclusion et des perspectives sont enfin données.

Chapitre I :

Matériels et

méthodes

I Matériels et Méthodes

L'objectif de notre travail est l'étude de quelques expressions morpho-physiologiques chez quelques géotypes de blé dur pour la sélection à la tolérance au déficit hydrique. L'essai a été réalisé durant l'année universitaire 2021/2022 au niveau de l'exploitation agricole de l'université Kasdi Merbah Ouargla (ex : ITAS).

I.1 Situation géographique de la station d'étude

L'exploitation de l'ITAS, se présente sous forme d'un glacis d'une grande homogénéité topographique. Ses coordonnées sont les suivantes :

*latitude : 31°57' nord.

*longitude : 5°20' est.

* les altitudes sont comprises entre 132,5 et 134m (le lièvre, 1969).

L'exploitation se trouve dans une zone peu élevée, à la bordure d'un chott. Le dénivelé topographique entre le chott et l'exploitation est environ deux (02) mètres. Elle s'étend sur une superficie de 32 hectare, sont aménagés, répartis sur quatre secteurs notés A, b, c et d occupant chacun une superficie de 3,6 hectare et cultivés essentiellement de palmier dattier (MAHBOB, 2008).

I.2 Sol expérimental

Il s'agit d'un mélange de deux tiers de terreau et un tiers de sable. Le sable est prélevé au niveau de la région d'Ouargla.

I.3 Matériel végétal

Nous avons étudié dans notre expérimentation quatre variétés de blé dur (*Triticum durum Desf.*), à savoir Boussalem, Oued El Bared, Boutaleb et Vitron. Les caractéristiques de ces variétés sont présentées dans l'annexe 6.

I.4 Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental adopté est en blocs aléatoire avec 05 répétitions et deux facteurs étudiés (04 Variétés x 02 Doses d'irrigation). Chaque bloc contient 08 traitements, soit au total un nombre de 40 traitements

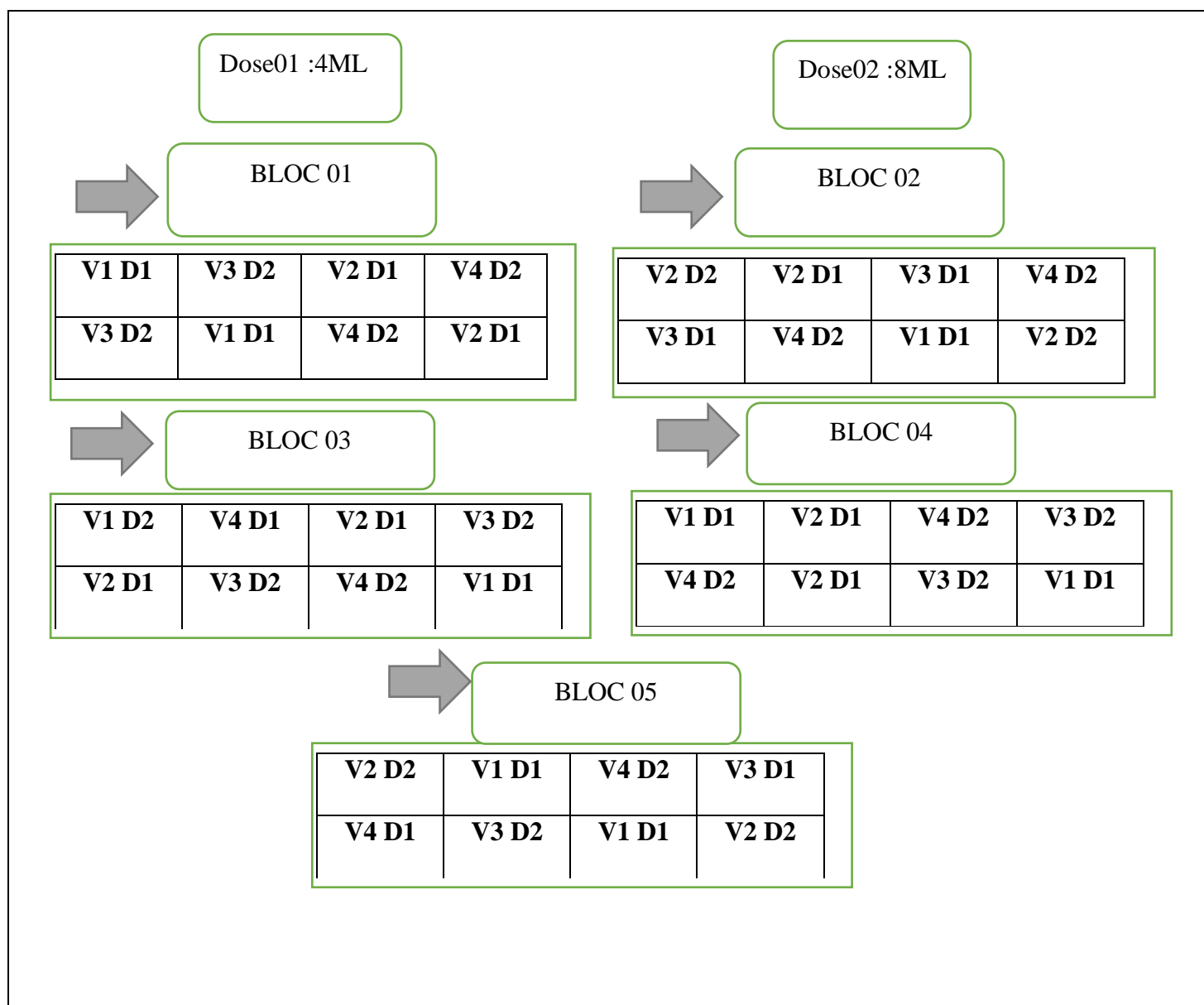


Figure01 : Dispositif expérimental

V1: Vitron

V2: Oued El Bared

V3: Boussalem

V4: Boutale

I.5 Préparation des pots

Nous avons utilisé des pots en plastique de 5 cm de diamètre et de 11 cm de hauteur. Ces pots sont perforés pour permettre le ressuyage de l'eau.

Chaque pot est rempli par une quantité de 106 g de mélange (2/3 sable et 1/2 terreau). Cette valeur de poids est retenue pour déterminer la capacité de rétention de ce substrat. Cette caractéristique hydrique est nécessaire car elle permet le calcul des quantités d'eau courante à apporter lors des arrosages.

I.6 Calcul de la capacité de rétention

Pour déterminer la capacité de rétention de sol, nous avons pris trois (3) pots en plastique remplis de 106g (PS) de mélange de sable et de terreau et arrosés jusqu'à saturation, après ressuyage de l'eau pendant 24 h, on pèse le (PH) et on applique la relation suivante (BOUYOUCOS *et al.*, 1983) :

$$CR = \frac{PH - PS}{PS} \times 100$$

I.7 Semis des graines

Avant leur utilisation, les graines sont sélectionnées selon leur taille, leur forme et leur état sanitaire.

Les graines sont semées dans les pots à raison de 05 graines/pot à une profondeur de 2 cm. Les graines sont bien couvertes et légèrement tassées afin de favoriser un meilleur contact sol-graine, puis imbibées d'eau distillée chaque trois jour durant 45 jours.

I.8 Application du stress hydrique

Quatre semaines après la croissance des plantules, nous avons appliqué le stress hydrique progressivement. Les plantules de chaque traitement sont arrosées chaque trois jour.

I.9 Paramètres étudiés

Après 15 jours d'application du stress hydrique, les pots sont soigneusement vidés de leur contenu, les plantules sont dégagées des particules de substrats à l'aide d'un jet d'eau, puis séchées de l'excès d'eau avec un papier absorbant, après nous avons procédé à la mesure des paramètres morphologiques.

En ce qui concerne les échantillons destinés aux dosages physiologiques, nous avons procédé à la séparation soignée des différents organes des plantules (tiges + feuilles), puis ces derniers sont conservés dans du papier aluminium au réfrigérateur.

1.1. Paramètres morphologiques

I.9.1 Nombre de racines

Le nombre des racines a été calculé par la moyenne des racines principales de trois plantules par traitement.

I.9.2 Nombre de feuilles

Le nombre de feuilles a été comptabilisé sur un sous-échantillon de trois plantules par traitement.

I.9.3 Longueur des feuilles

La longueur de la feuille est mesurée à l'aide d'une règle graduée (cm).

I.9.4 Longueur des racines

La longueur maximale des racines, c'est la longueur de la racine la plus longue. La mesure de ce paramètre est réalisée avec une règle graduée (cm).

I.9.5 Hauteur des plantules

La hauteur des plantules est mesurée à l'aide d'une règle graduée (cm).

I.9.6 Surface foliaire (SF « cm² »)

La mesure de la surface foliaire par la formule suivante (BRAHIMI, 2017)

$$\text{SF (cm}^2\text{)} = (\text{L. l}) \times 0,75$$

L= longueur de la feuille **et l** = largeur de la feuille, alors que **0,75** est le coefficient constant

I.9.2 Paramètres physiologiques

I.9.1 Teneur relative en eau (TRE%) :

La teneur relative en eau (TRE) est déterminée d'après la méthode de Barrs (1968), elle consiste à évaluer la tolérance à la sécheresse et cela en état de déficit hydrique.

Selon cette méthode, l'avant dernière feuille de chaque plantule est prélevée puis pesée immédiatement pour tenir leur poids frais (PF). Ces feuilles sont mises par la suite dans des tubes à essai remplis à moitié d'eau distillée et placés à l'obscurité dans un endroit frais. Après 24h, les feuilles engorgées d'eau sont retirées, passées dans un papier buvard pour absorber l'eau de la surface, et pesées à nouveau pour obtenir le poids de la pleine turgescence (PT). Les échantillons sont enfin mis à l'étuve ventilée, réglée à 70°C pendant 48h et pesés pour avoir leur poids sec (PS).

La teneur relative en eau est calculée par la formule suivante (Clark et Mac-Caig, 1982) :

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

TRE = teneur relative en eau foliaire (%)

PF = poids de la matière fraîche foliaire (mg)

PS = poids de la matière sèche foliaire (mg)

PT = poids de la matière turgide foliaire (mg)

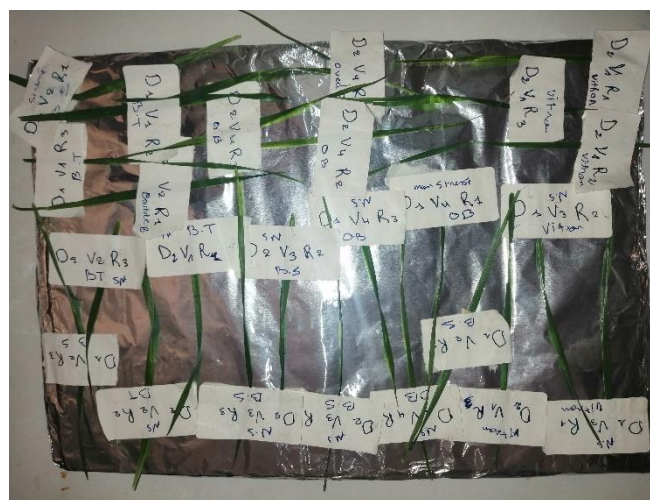


Photo 02 : Mesure de la Teneur relative en eau

I.9.2 Intégrité membranaire (CE%)

Le degré de dommage membranaire causé par l'application du stress a été indirectement évalué en mesurant la conductivité électrolytique. Celle-ci est inversement proportionnelle à la stabilité membranaire cellulaire (FAROOQ ET AZAMI, 2001)

Le pourcentage d'intégrité cellulaire consiste en une mesure de la libération d'électrolytes suite à la destruction partielle de la membrane plasmique. Ce test a été réalisé selon la méthode décrite par (DKHILETDENDEN, 2012).

Trois feuilles (3ème feuille) sont prélevées au hasard par traitement, par répétition et par variété. Elles sont lavées à l'eau déminéralisée afin d'enlever tout résidu ou électrolytes pouvant adhérer à la surface, découpées ensuite en segments de 1cm de long. Les échantillons sont recueillis dans des tubes à essai auxquels sont ajoutés dix ml d'eau distillée. Ces derniers ont été maintenus pendant 24h à température ambiante du laboratoire (25°C), dès que ces 24h se sont écoulées, on mesure la première valeur de la conductivité électrique (CE1) grâce à un conductimètre en plaçant délicatement la sonde dans le tube après étalonnage de l'appareil.

La seconde lecture de la conductivité électrique (CE2) est notée 24 heures après la première lecture et après avoir passé les échantillons à l'autoclave, et refroidi par la température ambiante du laboratoire. Le pourcentage de cellules endommagées (CE%) est estimée sous l'effet de l'augmentation de la température en utilisant la formule suivante :

$$CE (\%) = (CE1 / CE2) \times 100$$



Photo03 : Mesure de l'intégrité membranaire des feuilles (CE%)

I.10 Traitement et analyse statistique

Afin de déterminer la significativité des traitements appliqués sur les différents paramètres étudiés, nous avons procédé à des analyses de la variance et à la comparaison des moyennes à l'aide du test de Fisher à $\alpha=95\%$ à l'aide du logiciel XL STAT 2009.

Chapitre II :

Résultats et

Discussion

II.1 Effet du stress hydrique sur les paramètres morphologiques des variétés de blé :

II.1. Effet du stress hydrique sur la longueur de racines des quatre variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) :

Les résultats de l'analyse de variance présentés dans l'annexe 2, tableau 1 montrent que le caractère longueur des racines des plantules de blé est non significativement ($p > 0,05$) influencés par les génotypes du blé, les doses d'irrigation, par contre la longueur racinaire évolue significativement ($P \leq 0,05$) sous l'effet de l'interaction (Variété x doses irrigation).

La comparaison des moyennes a mis en évidence trois groupes homogènes dans (l'annexe 04) tableau 1. Le groupe « A » comprend quatre groupes homogènes à savoir, Oued el bared x D0, Boussalem x D0, Boussalem x D1 et Vitron x D1. Le groupe intermédiaire « AB » est représenté par les interactions suivantes : Boutaleb x D0, Boutaleb x D1 et Oued el bared x D1. Le dernier groupe « B » comprend un seul traitement qui est Vitron x D0.

La figure(2) montre que la dose d'irrigation D0 a favorisé les meilleures valeurs de la longueur des racines, alors que les plus faibles sont enregistrées par la D1, quel que soit la variété étudiée. L'interaction Oued el bared x D0 a donné les meilleurs résultats avec une moyenne de 18.8 cm, par contre l'interaction Vitron x D0 a enregistré les plus faibles valeurs, soit 8.9 cm.

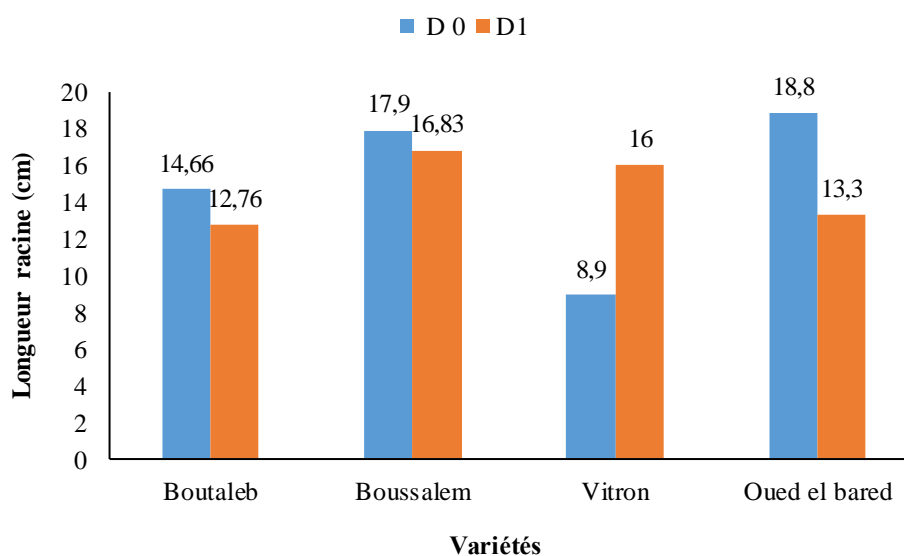


Figure2 : Variation de la longueur des racines chez les quatre variétés de blé dur

II.2. Effet du stress hydrique sur la hauteur de la plante des quatre variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) :

Les résultats de l'analyse de variance présentés dans l'annexe 2, tableau 2 montrent que l'effet de l'interaction variétés x doses d'irrigation est très hautement significatif ($P \leq 0.001$) sur la hauteur des plants. Par contre les facteurs variétés et la dose d'irrigation n'ont pas eu d'effet statistiquement.

La comparaison des moyennes deux à deux a mis en évidence trois groupes homogènes « a », « ab » et « b » (l'annexe 04) tableau 2. Le premier groupe renferme les interactions Boussalem x D1, Oued el bared x D0, Vitron x D1 et Boutaleb x D0. Le second groupe est représenté par une seule interaction Boutaleb x D0. Par contre le troisième groupe comprend Vitron x D0, Boussalem x D0 et Oued el bared x D1.

Les meilleurs résultats sont enregistrés par la variété Boussalem x D1, suivie par Oued el bared x D0, et les plus faibles sont obtenues par les deux traitements Boussalem x D0 et Oued el bared x D1 (figure3).

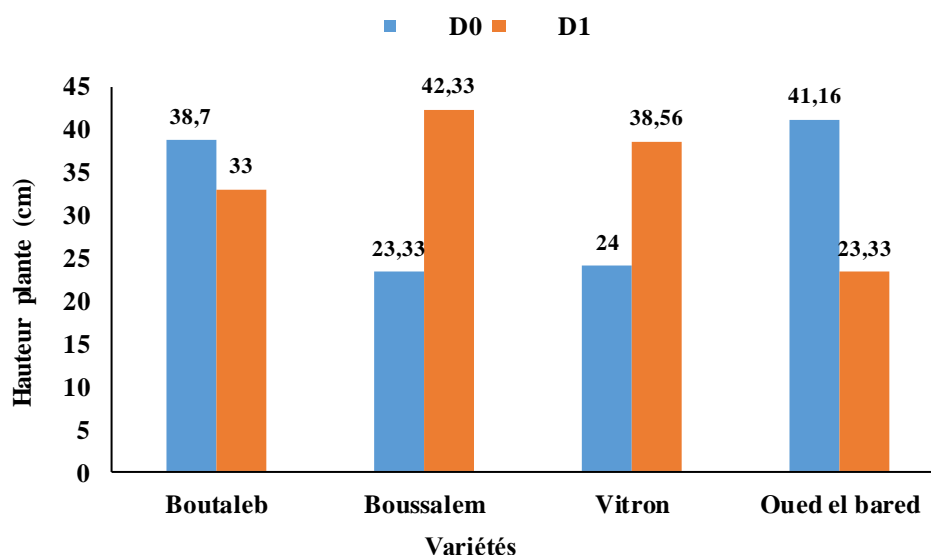


Figure3 : Variation de la hauteur des plantes chez les quatre variétés de blé dur

II.3. Effet du stress hydrique sur la longueur de feuille des quatre variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) :

Les résultats de l'analyse de la variance (Annexe 2, tableau 3) montrent que les facteurs étudiés variétés, doses d'irrigation et leur interaction n'ont pas eu d'effet significatif sur la longueur des feuilles.

L'illustration ci-dessous (figure 4) montre que la longueur des feuilles la plus élevée est obtenue par la variété Boutaleb x D0 (17.46 cm), par contre le plus faible résultat est obtenu par la variété Oued el bared x D1 (11.16 cm).

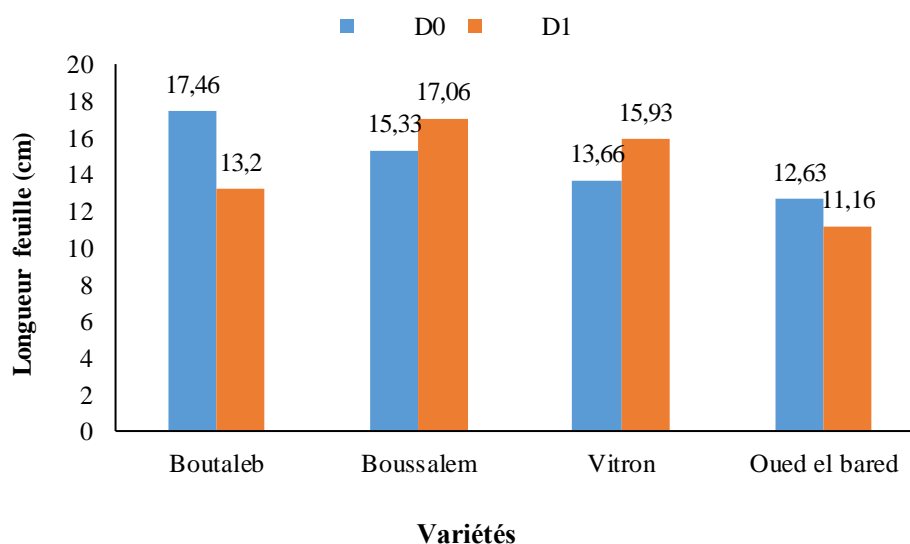


Figure 4 : Variation de la longueur des feuilles chez les quatre variétés de blé dur

II.4. Effet du stress hydrique sur le largeur de feuille des quatre variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) :

L'analyse de variance montre que le paramètre largeur des feuilles n'est pas influencé significativement par les variétés et les doses d'irrigation et leur interaction (Annexe 2, tableau 4).

Les valeurs de largeur les plus élevées sont obtenues par la variété Boutaleb x D1 avec 0.5 cm, par contre les plus faibles résultats sont obtenus par la variété Oued el bared x D0 avec 0.26 cm (figure 5).

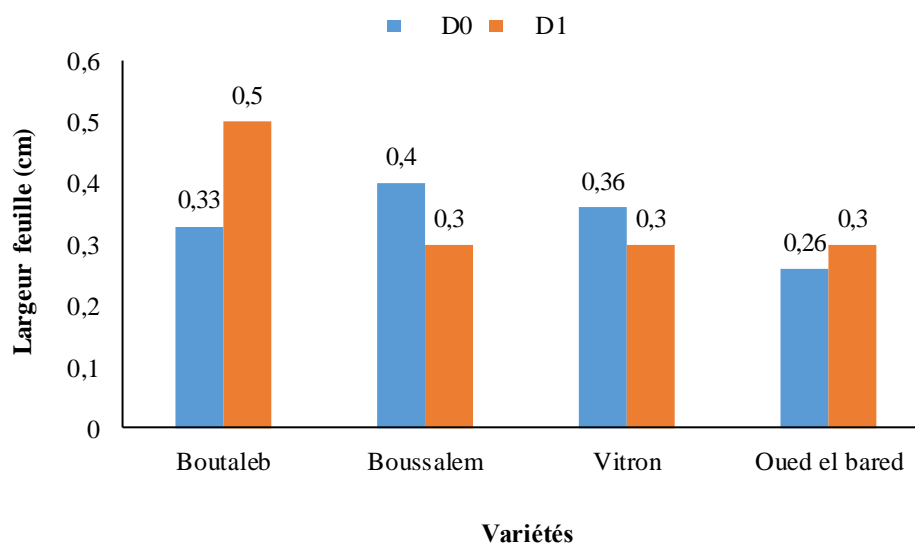


Figure 5 : Variation moyenne de la largeur de feuille chez les quatre variétés de blé dur

II.5. Effet du stress hydrique sur la surface foliaire des quatre variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) :

Le tableau 5 en Annexe 2 montre que la surface foliaire n'est pas affectée significativement par les variétés, les doses d'irrigation et leur interaction.

Les meilleures valeurs de surface foliaire sont enregistrées par la variété Boutaleb x D1 (4.85 cm²) contre les plus faibles valeurs obtenues par la variété Oued el bared x D0 (2.41 cm²) (figure 6).

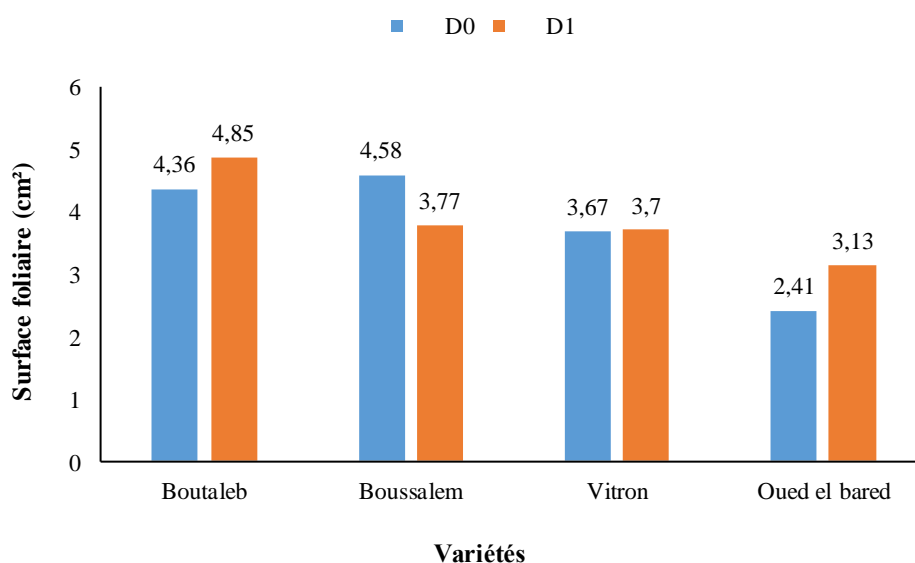


Figure 6 : Variation de la surface foliaire chez les quatre variétés de blé dur

II. Effet du stress hydrique sur les paramètres physiologiques des variétés de blé :

II.1. Effet du stress hydrique sur la Teneur Relative en eau (TRE) des quatre variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) :

Les résultats de l'analyse de la variance (Annexe 2, tableau 6) montrent que l'interaction variétés x doses d'irrigation a influencé de façon significative la teneur relative en eau des feuilles, alors que les variétés et les doses d'irrigation et n'ont pas eu d'effets significatifs sur ce paramètre.

Trois groupes homogènes sont mis en évidence « a », « ab » et « b » (l'annexe 04) tableau 3. Le premier groupe est représenté par l'interaction Oued el bared x D1 ; le groupe intermédiaire renferme Vitron x D0 et Boutaleb x D1. Alors que le troisième groupe comprend les interactions suivantes, Boussalem x D0, Vitron x D1, Boutaleb x D0, Oued el bared x D0 et Boussalem x D1.

Selon la figure 7, les teneurs en eau les plus élevées sont enregistrées par l'interaction Oued el bared x D1 (107.1%), alors que les teneurs les plus faibles sont données par l'interaction Boussalem x D1 (32.24%).

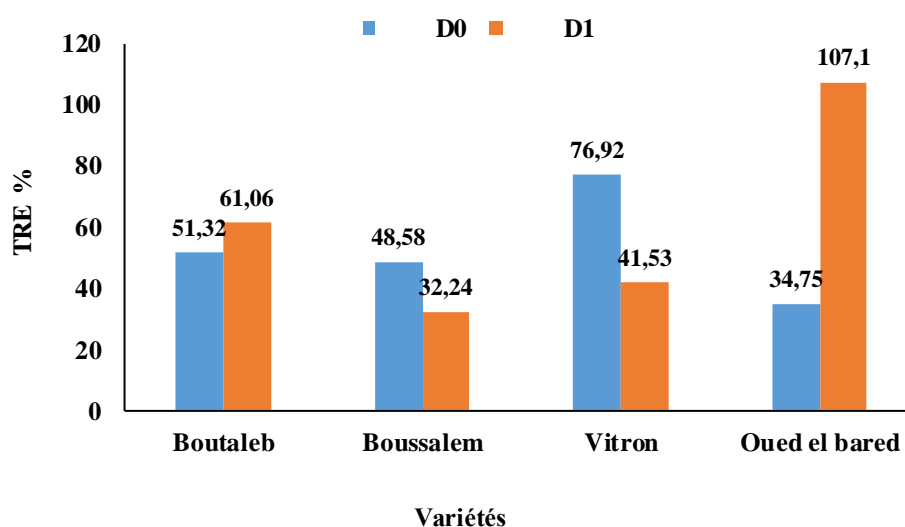


Figure 7 : Variation moyenne de la Teneur Relative en eau (TRE) chez les quatre variétés de blé dur

II.2. Effet du stress hydrique sur la conductivité électrique(CE) des trois variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) :

Les résultats de l'analyse de la variance (Annexe 2, tableau 7) montrent que le paramètre conductivité électrique évolue significativement sous l'effet des doses d'irrigation ($p < 0,0001$), par contre les variétés et l'interaction variétés x doses d'irrigation sont non significatifs.

Le test de comparaison des moyennes a mis en évidence deux groupes homogènes « A » et « B » (l'annexe 04) tableau 4. Le premier groupe est représenté par la dose d'irrigation D1 et le second groupe est représenté par la dose d'irrigation D0.

Les valeurs les plus élevées de conductivité électrique sont obtenues par la dose d'irrigation D1, en enregistrant une CE de 3.08 mS/cm, par contre les plus faibles résultats sont obtenus par la dose D0 avec 0.565 mS/cm.

La figure 8 montre que l'interaction Boussalem x D1 a donné la meilleure conductivité électrique (CE) des feuilles de blé avec une moyenne de 3.79 mS/cm, alors que l'interaction Vitron x D0 a enregistré la plus faible conductivité électrique des feuilles de blé avec 0.32 mS/cm.

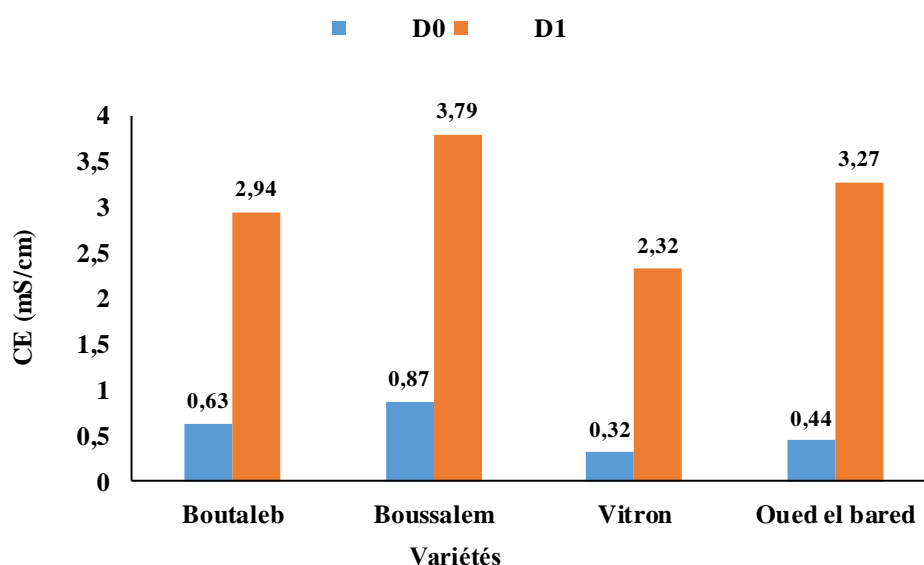


Figure 8 : Variation de la conductivité électrique (CE) chez les quatre variétés de blé dur

II.6 Discussion générale

Au niveau de cette expérience, le comportement des quatre variétés de blé dur étudiées vis-à-vis du stress hydrique est analysé par une étude morphologique (longueur racinaire et foliaire, hauteur des plantules, surface foliaire), et physiologique (teneur relative en eau, conductivité électrique ou l'intégrité membranaire).

Les quatre variétés utilisées la même stratégie pour tolérance au stress hydrique. 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 assimilats. Ces modifications affectent la partie aérienne ou souterraine (BAJJI., 1999).

L'exception est faite pour le paramètre longueur de racines/plant chez la variété Oued el bared, la longueur des feuilles chez la variété Boutaleb et Boussalem ainsi que la teneur relative en eau chez la variété Oued El Bared, et enfin la conductivité électrique chez la variété Boussalem et Oued El Bared, où nous remarquons une meilleure croissance des paramètres avec les doses d'irrigation.

Nos résultats montrent aussi la présence de la variabilité génétique entre les variétés étudiées pour la longueur des racines, la longueur des feuilles, la conductivité électrique. Par contre il y'a absence de cette variabilité pour les paramètres longueur des feuilles, la hauteur des plantules, la surface foliaire, la teneur relative en eau.

Au contraire l'interaction « Variétés x Doses d'irrigation » montre la présence des différences de réponse entre les quatre variétés pour la longueur des racines, la hauteur de la plante et la teneur relative en eau des feuilles.

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).

La longueur des feuilles est un paramètre très sensible au stress hydrique et à la température élevée, ce stress a considérablement réduit la longueur des feuilles. Nos résultats sont en concordance avec ceux de (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 assimilats. Ces modifications affectent la partie aérienne ou souterraine.

La hauteur de la plante apparaît comme un critère important pour la sélection. MEKLIICHE-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 les conditions de stress. D'autre part, la compacité de l'épi et la grosseur 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).

L'intensité du stress hydrique imposé a provoqué une réduction de la longueur des racines des quatre variétés Boutaleb, Vitron, Boussalem et Oued el bared d'autant plus importante que le stress est plus sévère. Cette réduction est due probablement à un arrêt de la division et de l'élongation cellulaire au niveau de la racine (FRASER *et al.* 1990).

Ces résultats indiquent que la longueur des racines des quatre variétés est des critères valables pour la sélection pour la tolérance à la sécheresse.

Certains auteurs ont remarqué que la réduction de la surface foliaire suite à la réduction de l'élongation cellulaire est l'une des conséquences du déficit hydrique (TEMAGOULT, 2009).

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).

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).

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).

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. Elle est considérée comme un indicateur pour mettre en évidence l'état de la balance hydrique d'une plante.

La teneur en eau des feuilles de blé dur diminue proportionnellement avec la réduction d'eau contenue dans le sol (BAJJI ET AL. 2001). La diminution de TRE chez la variété Vitron est très élevée des traitements non stressés par rapport aux traitements stressés, donc on peut dire que cette variété est très sensible au stress hydrique comparativement à la variété Oued el bared.

Conclusion

Conclusion

Nous avons étudié la réponse de quatre variétés de blé dur à l'irrigation de complément, par analyse comparative de quelques paramètres morphologiques, physiologiques. Les résultats qui peuvent être tirés sont regroupés dans les points suivants :

Lors de cet essai conduit sous serre, nous avons étudié la réponse de ces quatre variétés de blé dur au stress hydrique (80% et 40 % de CR), par analyse de variance de quelques paramètres morphologiques et physiologiques.

Nous avons trouvé une croissance remarquable et une augmentation de longueur de racine, conductivité électrique, et une diminution de la longueur de feuilles, hauteur de la plante, surface foliaire, teneur relative en eau observée chez les variétés sous conditions irriguées.

Pour les paramètres physiologiques, une augmentation de la teneur en eau et la conductivité électrique chez les quatre variétés sous conditions irriguées, et une diminution de ces derniers, c'est le cas Oued el bared, Boussalem, et Vitron

L'étude de la réponse au stress hydrique chez les quatre 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 quatre variétés de blé dur pour le paramètre conductivité membranaire.

Cette étude montre que les génotypes étudiés ont utilisé les mêmes stratégies de réponse au stress hydrique mais avec des degrés différents. Ces critères peuvent être utilisés comme paramètre de sélection et d'amélioration du rendement de blé dur dans les régions arides.

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

- D'utiliser plusieurs variétés.
- Vérifier les résultats avec d'autres doses.
- D'appliquer une ou plusieurs irrigations à des stades critiques de la croissance de la plante.
- D'étudier d'autres paramètres biochimiques et physiologiques.

- 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

1. ABADA MARIEM, GASMI HADJER, 2020 Réponses de différentes variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) cultivées en semis direct dans la zone potentielle de Bordj-Bou-Arraridj, l'Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC) de Sétif, Départements Des Sciences Agronomiques, Université Mohamed Boudiaf - M'sila.
2. AKCHA YAMINA, BENYOUCEF ROMAÏSSA, 2020. Etude du comportement morpho-physiologique et biochimique de blé dur (*Triticum durum* Desf.) développé sous stress hydrique : laboratoire de physiologie végétales et biochimie. Université Saad Dahleb De Blida 01,
3. 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
4. AMOUMEN SAIDA, BENHEBIRECHE NAIMA, 2013. Contribution à l'étude de la tolérance au déficit hydrique du blé dur (*Triticum durum* Desf) : Département des Sciences de la Nature et de la Vie .Ouargla.
5. BAJJI M., 1999. Étude des mécanismes de résistance au stress hydrique chez le blé dur : caractérisation de cultivars différant par leurs niveaux de résistance à la sécheresse et de variants somaclonaux sélectionnés In vitro. Thèse de doctorat. Univ. Louvain. (Mémoire Mouellef A., 2010).
6. 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.
7. BAKHA WISSEM, BOUDEKHANE ASMA, Contribution à l'étude des paramètres morphologiques, physiologiques et biochimiques sous stress hydrique d'une collection de blé tendre saharien : Institut National De La Recherche Agronomique (INRA), Département des Sciences de La Nature et de la Vie, Université Larbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi, 2018/2019.
8. BARRS H., 1968. Determination of water deficit in plant tissues. In: Water Deficit and Plant Growth. Koslowski T. Academy Press. New York.
9. BEBBA SALIMA, 2010. Essai de comportement de deux variété de blé dur (*Triticum durum* L.var.Carioca et Vitron) conduite sous palmier dattier au niveau de la région de Ouargla : sous l'exploitation de ITAS, Département des Sciences Agronomiques, UNIVERSITE Kasdi merbah de Ouargla. 2010 / 2011

10. BEDDIAR SOUMIA, BEN KACHROUDA REKAIA, 2013. Etude des caractères d'adaptation morpho-physiologique et biochimique des plantules du blé dur à la salinité : laboratoire de Bio ressources Sahariennes et préservation et valorisation de l'université KASDI MERBAH –OUARGLA, 25 juin 2013.
11. BEN NACEUR M., RAHMONE C., SDIRI H., MEDDAHI M.L., SELMI M., 2001.Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en de quelques variétés maghrébines de blé. Sècheresse. Vol. 3, 167-174.
12. BLUM A., 1996.Crop responses to drought and the interpretation of adaptation plant growth regulation. 20.
13. BLUM A., 1996.Crop responses to drought and the interpretation of adaptation plant growth regulation. 20.
14. BOUCENNA FAIZA , BELKHIRI CHAIMA, 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), L'expérimentation a été mise en place sur la région d'El oued LAKHDAR (EL-HAMADIA), Département des Sciences Biologiques, Université de Bordj Bou Arreridj,2016/2017.
15. BOUCHELAGHEM S. DJEBAR BERREBBAH H. DJEBAR M.R. 2001. The impact of dust emits by the steel complex of El Hadjar (ANNABA) on two biological models: Mousses and lichens. African Journal of Biotechnology Vol. 10(18), 3574-3578
16. BOUCHELAGHEM S., 2012.cntribution à l'étude de l'impact d'un engrais couramment utilisé en Algérie (NPK) sur la croissance le métabolisme et le développement racinaire d'un modèle végétale blé dur. Thèse de doctorat. Univ. Annaba
17. BOUTHIBA A., 2 DEBAEKE P. 2009. Besoins en eau de différentes variétés de blé dur en conditions semi arides : Laboratoire de Recherche Bio ressources Naturelles, Faculté des sciences agronomiques et biologiques, Université Hassiba Benbouali, BP151, Chlef (Algérie). 14-16 mai 2009
18. CHAISE L., FERLA A. J., HONORE A. & MOUKHLI R., 2005. L'impact du changement climatique sur l'agriculture en Afrique. Atelier Changement Climatique. ENPC.
19. CHELLALI B., 2007. Marché mondial des céréales : L'Algérie assure sa sécurité alimentaire.<http://www.lemaghreb.dz.com/admin/folder01/une.pdf>.
20. DEBAEKE P., CABELGUENNE M., CASALS ML. & 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.
21. DOUAER AMEL, HOUAIA DALILA, 2017. Contribution à l'étude de l'effet de stress hydrique sur quelques Variétés de Blé dur (*Triticum durum* Desf.), la station expérimental de l'ITGC de Bir Ould Khelifa. Département de Biologie, Université Djilali Bounaâma Khemis-Miliana, 2017/2018.
 22. FAO., 2007. Perspective alimentaires. Analyse des marches mondiales. <http://www.fao.org/010/ah864f/ah864f00.htm>.
 23. FERRYRA R., SELLES G., RUIZ R.S. & SELLES I.M., 2004. Effect of water stress induced at different growth stages on grapevine cv. Chardonnay on production and wine quality. *Acta Hort*.664.
 24. FRASER TE, SILK WK. AND ROST TL. 1990. Effect of low water potential on cortical cell length in growing region of maize roots. *Plant Physiology* 93: 648-651.
 25. HOUDA BENMOUNAH, LOUHICHI BRINIS, 2018, Etude de quelques expressions morpho- physiologiques chez trois génotypes de blé dur pour la sélection à la tolérance au déficit hydrique, Laboratoire Amélioration Génétique des Plantes, Université Badji Mokhtar, Annaba., 18/06/2018
 26. LEBON E., PELLEGRINO A., TARDIEU F. & LECOEUR J., 2004. Shoot développement in, grapevine is affected by the modular branching pattern of the stem and intra and inter-shoot trophic competition. *Annals of Botany*. 93.
 27. PFEIFFER W.H., SAYRE K.D. & REYNOLDS M.P., 2000. Enhancing genetic grain yield potential and yield stability in durum wheat. *Options méditerranéennes*.
 28. REGUIBI SAFIA, SERRAOUI KHAOULA, 2021. Effet de la salinité sur la croissance de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) au stade juvénile, centre de recherche scientifique et technique de la région aride (CRSTRA) Département des Sciences Biologiques, UNIVERSITE KASDI MERBAH-OUARGLA. 28 juin 2021
 29. SIOUDA ACHOUAK, BENKHLIFA ZOHRA, Etude écophysiological des quelques écotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf.) dans la région semi-aride de Sétif, issus de sélection CIMMYT/ICARDA, Département des Sciences Biologiques, Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A, 2015/2016.

Annexes

Annexe 1

Tableaux d'analyse de la variance two way ANOVA des paramètres étudiés

I. Tableaux d'analyse de la variance two way ANOVA des paramètres morphologiques

Tableau I. 1. Analyse de variance la longueur de racines des quatre variétés du blé dur :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Doses d'irrigation	2	17,578	8,789	0,705	0,510
Variétés	3	104,996	34,999	2,807	0,075
Doses d'irrigation*Variétés	3	122,562	40,854	3,277	0,050

Tableau. I 2. Analyse de variance la hauteur de plante des quatre variétés du blé dur :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Doses d'irrigation	2	174,594	87,297	2,632	0,105
Variétés	3	22,261	7,420	0,224	0,878
Doses d'irrigation*Variétés	3	1286,326	428,775	12,927	
Erreur	15	497,538	33,169		
Total corrigé	23	1980,720			

Tableau I.3. Analyse de variance la longueur de feuille des quatre variétés du blé dur :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Doses d'irrigation	2	9,227	4,614	0,680	0,521
Variétés	3	59,227	19,742	2,911	0,069
Doses d'irrigation*Variétés	3	36,819	12,273	1,809	0,189

Annexe 2

Tableau I.4 Analyse de variance du largeur de feuille des quatre variétés du blé dur :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Doses d'irrigation	2	0,007	0,004	0,187	0,832
Variétés	3	0,031	0,010	0,515	0,678
Doses d'irrigation*Variétés	3	0,081	0,027	1,354	0,295

Tableau I.5 Analyse de variance de la surface foliaire des quatre variétés du blé dur :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Doses d'irrigation	2	2,493	1,247	0,692	0,516
Variétés	3	9,278	3,093	1,718	0,206
Doses d'irrigation*Variétés	3	2,598	0,866	0,481	0,700

Annexe 3

II. Tableaux d'analyse de la variance two way ANOVA des paramètres physiologiques

Tableau II.1. Analyse de variance de la Teneur en eau des quatre variétés du blé dur :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Doses d'irrigation	2	728,903	364,452	0,344	0,714
Variétés	3	2932,782	977,594	0,923	0,454
Doses d'irrigation*Variétés	3	10083,708	3361,236	3,173	0,055
Erreur	15	15887,934	1059,196		
Total corrigé	23	29633,328			

Tableau II.2. Analyse de variance de la Conductivité électrique des quatre variétés du blé dur :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Doses d'irrigation	2	38,027	19,014	13,226	0,0005
Variétés	3	3,048	1,016	0,707	0,563
Doses d'irrigation*Variétés	3	0,847	0,282	0,196	0,897
Erreur	15	21,563	1,438		
Total corrigé	23	63,485			

Annexe4

4. Groupes homogènes :

1. Longueur de racines

Modalité	Moyenne	Groupes	
Doses d'irrigation-D0*Variétés-Vitron	8,900	B	
Doses d'irrigation-D0*Variétés-Boutaleb	14,660	B	A
Doses d'irrigation-D1*Variétés-Boutaleb	12,767	B	A
Doses d'irrigation-D1*Variétés-Oued el bared	13,300	B	A
Doses d'irrigation-D1*Variétés-Vitron	16,000		A
Doses d'irrigation-D1*Variétés-Boussalem	16,833		A
Doses d'irrigation-D0*Variétés-Boussalem	17,900		A
Doses d'irrigation-D0*Variétés-Oued el bared	18,800		A

2. Hauteur de la plante

Modalité	Moyenne	Groupes	
Doses d'irrigation-D1*Variétés-Oued el bared	23,333	B	
Doses d'irrigation-D0*Variétés-Boussalem	23,333	B	
Doses d'irrigation-D0*Variétés-Vitron	24,000	B	
Doses d'irrigation-D1*Variétés-Boutaleb	33,000	B	A
Doses d'irrigation-D0*Variétés-Boutaleb	38,700		A
Doses d'irrigation-D1*Variétés-Vitron	38,567		A
Doses d'irrigation-D0*Variétés-Oued el bared	41,167		A
Doses d'irrigation-D1*Variétés-Boussalem	42,333		A

3. TRE

Modalité	Moyenne	Groupes	
Doses d'irrigation-D1*Variétés-Boussalem	32,240	B	
Doses d'irrigation-D0*Variétés-Oued el bared	34,753	B	
Doses d'irrigation-D0*Variétés-Boutaleb	41,170	B	
Doses d'irrigation-D1*Variétés-Vitron	41,530	B	
Doses d'irrigation-D2*Variétés-Boussalem	48,580	B	
Doses d'irrigation-D1*Variétés-Boutaleb	61,067	B	A
Doses d'irrigation-D2*Variétés-Vitron	76,927	B	A
Doses d'irrigation-D1*Variétés-Oued el bared	107,123		A

4. CE

Modalité	Moyenne estimée	Groupes	
D0			
D0	0,573	B	
D1	3,084		A

Annexe5**5.1. Calcul de la capacité de rétention**

La capacité de rétention pour 106g de mélange de sol et terreau dans première jour est 153ml.

PS : poids du mélange de sol et terreau : 106g

PH : poids du sol cultivé après 48h de saturation



$$CR = \frac{PH - PS}{PS} \times 100$$

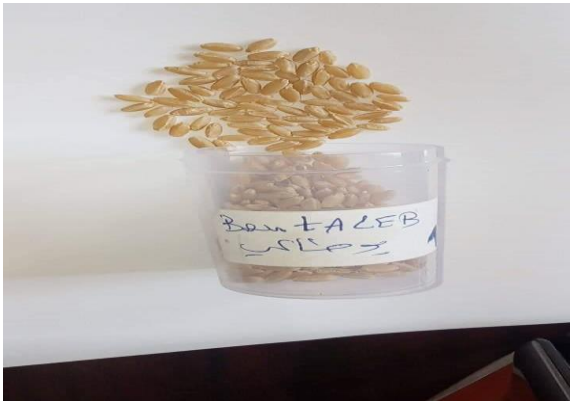

$$(134.5 - 106) / (106) \times 100 = 26.8 \text{ CR} =$$

26.8 Ml est la capacité de rétention pour 106g de mélange de sol et terreau.

Annexe 6

Tableau 1. Caractéristiques des variétés étudiées :

Variété	Caractéristiques
Bousallem	<p>Sélectionné localement, à partir de CIMMYT/ICARDA, c'est une variété haute de paille, présentant des épis blancs, barbe noire-grise, demi-lâche, long et robuste et hauteur de la plante moyenne de 90 à 100 cm, elle se caractérise par une résistance aux maladies cryptogamiques, mais le traitement des semences aux fongicides est recommandé aussi une résistance au froid, à la verse, à la sécheresse (Baghem, 2012).</p> 
Oued-El-Bared	<p>c'est une nouvelle variété, sa zone de culture reste les hauts plateaux et les plaines intérieures. Elle se caractérise par cycle végétatif précoce et un fort tallage, elle est tolérante au froid et à la sécheresse.</p> 

Boutaleb	<p>sa zone de culture est les hauts plateaux et les plaines intérieures, Elle se caractérise par un cycle végétatif intermédiaire et un fort tallage et une longue hauteur à la maturité (ITGC, 2016).</p> 
Vitron	<p>Originnaire d'Espagne, paille haute à moyenne, cycle végétatif demi-précoce, tallage moyen, mieux adaptée aux régions arides et semi-arides, sensible aux maladies, bonne productivité</p> 

Annexe 7

Tableau.02 : variétés de blé dur



