

République Algérienne Démocratique Et Populaire
Ministère De L'enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique
Université D'Adrar
Faculté Des Sciences Et De La Technologie
Département Des Sciences De La Nature Et De La Vie



Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master en :

Filière : Sciences agronomiques

Spécialité : Systèmes de production agro-écologiques

THÈME

**Etude de l'effet du stress hydrique sur la croissance
du blé**

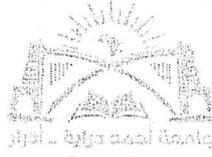
PRÉSENTÉ PAR :

- BADDOU Mohamed
- BOUDJEMAOUI Abdelhamid

Membres de jury :

M BOULAL A.	Président	M.C.A	Univ. Adrar
M^{me} RAHMANI S.	Encadreur	M.A.A	Univ. Adrar
M SID AMAR A.	Examineur	M.A. A	Univ. Adrar

Année Universitaire : 2021/2022



شهادة الترخيص بالإيداع

انا الأستاذ(ة):

رحمان صليحة

المشرف مذكرة الماستر الموسومة بـ :
Etude de l'effet du stress hydrique
sur la croissance du blé.

من إنجاز الطالب(ة): بادو محمد

و الطالب(ة): بوجمعاوي عبد الحميد

كلية: العلوم والتكنولوجيا

القسم: علوم الطبيعة والحياة

التخصص: علوم فلاحية (أنظمة الإنتاج البيئي الفلاحية)

تاريخ تقييم / مناقشة: 2022/06/16

أشهد ان الطلبة قد قاموا بالتعديلات والتصحيحات المطلوبة من طرف لجنة التقييم / المناقشة، وان المطابقة بين
النسخة الورقية والإلكترونية استوفت جميع شروطها.
وبإمكانهم إيداع النسخ الورقية (02) والإلكترونية (PDF).

امضاء المشرف:

ادرار في :

مساعد رئيس القسم
مكلف بالتدريس والتعليم في التدرج
البيولوجي والحياة
عبد الرحمان

REMERCIEMENTS

Avant tout, nous remercions Dieu Tout-Puissant, qui nous a comblés de ses bénédictions et bénédiction Il nous a donné assez de force pour terminer ce travail.

Toute notre gratitude et nos remerciements à ceux qui grâce à leur aide précieuse permet de faire ce travail :

Tout d'abord, notre profonde gratitude est exprimé à Mme RAHMANI Saliha car, malgré ses nombreuses responsabilités, elle a su nous suivre tout au long de ce travail pour lequel vous trouvez ici l'expression de nos plus sincères remerciements ;

Nous tenons également à adresser nos sincères remerciements à M BOULAL Ahmed qui nous a fait l'honneur présider le jury et M SID AMAR Ahmed pour examiner et juger ce modeste travail.

Enfin, un grand merci à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à faire ce travail, nous les remercions tous.

Dédicace

MOHAMED

Je dédie ce modeste travail à :

Chers parents, frères et sœurs

La famille Badou, la famille Abani et la famille Azzouz, Mes amis de toujours, Mabrouk Azzouz et Abd ARazzaq QAtayeb, Le plus beau groupe de mes amis Mohamed Khalil et AbdelATAif Tawfiq

Et tous mes chers amis

ABDELHAMIDE

Je dédie ce modeste travail à :

Chers parents, frères et sœurs

La famille Boudjemaoui , la famille badahmaoui et khadir

Le plus beau groupe de mes amis Mohamed Khalil et AbdelATaif Tawfiq

Et tous mes chers amis

Résumé

Cette étude a été menée à la station expérimentale agricole de l'Université Ahmed Darya Adrar durant la campagne 2021/2022 sur les géotypes du blé suivants : Belmabrouk, El Hamra et Vitron.

L'étude s'est effectuée à la phase de croissance du blé par un stress hydrique appliqué à différentes intensités à la capacité au champ (100%, 60%, 40%, 0%) sur trois géotypes du blé (Belmabrouk, El Hamra et Vitron). Le suivi de la culture permet de mesurer les paramètres morphologiques suivants : la longueur, le poids, le nombre de racines, la longueur et le poids des feuilles.

Les résultats obtenus montrent que le stress hydrique affecte le géotype Belmabrouk de sorte qu'ils produisent le moins de racines primaires et de longueur des racines secondaires (1,2 cm) et de matière sèche racinaire (0,026 g). Le blé dur Vitron contient les racines primaires les plus courtes (8,88 cm), tandis qu'El hamra exprime le plus grand nombre des racines primaires et secondaires (4,49 ; 23,25 racines) et de la matière sèche souterraine (0,33 g).

Mots clés : blé tendre, blé dur, stress hydrique, résistance.

الملخص

أجريت هذه الدراسة بالمحطة التجريبية الزراعية بجامعة أحمد دريا أدرار 2022/2021 على اصناف الطرز التالية بالمبروك والحمرا وفيترون

تشمل هذه الدراسة طور النمو تحت مستويات مختلفة من الاجهاد المائي بكثافة مختلفة عند السعة الحقلية (100%، 60%، 40%، 0%) مع عدة قياسات تم انجازها اثناء تطور النبات (طول ووزن وعدد الجذور، طول ووزن الأوراق)

تبين النتائج المتحصل عليها ان الإجهاد المائي يؤثر على أصناف بلمبروك بحيث تنتج اقل عدد من الجذور الأولية وطول الجذر الثانوي (1.2سم) والمواد الجافة للجذور (0.026 غ). يحتوي قمح فيترون القاسي علي اقصر جذورأولية (8.88سم) بينما الحمرا يعبر عن اكبر عدد من الجذور الأولية والثانوية (23.25 ; 4.49جذر) و المادة الجافة تحت الأرض (0.33غ)

الكلمات المفتاحية: القمح اللين، القمح الصلب، الاجهاد المائي، مقاومة.

Abstract

This study was conducted at the Agricultural Experimental Station at Ahmed Darya University Adrar 2021/2022 on the following cultivars of Belmabrouk, El Hamra and Vitron.

This study includes the growth phase under different levels of water stress with different intensity at field capacity (100%,60%,40%,0%) with several measurements that were made during plant development (length, weight, number of roots, length, weight and area of leaves).

The obtained results show that water stress affects Belmabrouk cultivars so that they produce the least number of primary roots and secondary root length (1.2 cm) and root dry matter (0.026 g). Vitron durum wheat contains the shortest primary roots (8.88 cm), while red expresses the largest number. Of the primary and secondary roots (23.25, 4.49roots) and the dry matter underground (0.33 g)

Key words: soft wheat, durum wheat, water stress, resistance.

Table de matière

Remerciements	I
Dédicace	II
Liste des figures	IX
Liste des Tableaux.....	X
Liste des Abreviations	XI
INTRODUCTION.....	Erreur ! Signet non défini.
Chapitre I : Synthese bibliographique.....	Erreur ! Signet non défini.
I-Historique et Généralité sur le Blé	2
1- Répartition géographique du blé	2
2- Origine génétique du blé :.....	3
3-Classification botanique.....	4
4-Morphologique du blé.....	4
4-1 L'appareil végétatif :	4
4-1-1 Le système aérien :.....	4
4-1-2-Le système radiculaire	5
4-2-Les appareils reproducteurs :	6
4-2-1 L'épi de blé :	6
4-2-2 Le grain de blé :.....	6
05-Le cycle biologique du blé :.....	7
5-1 Période végétative	7
<input type="checkbox"/> Phase germination-levée.....	7
<input type="checkbox"/> Le tallage	7
5-2 La période reproductrice	7
<input type="checkbox"/> Montaison-floraison.....	7
<input type="checkbox"/> Période remplissage et maturité du grain	7
6-Les exigences du blé	8
6-1 La température.....	8
6-2 L'eau :	8
6-3 La lumière :	8
6- 4 Le sol :	8
7-l'importance et production du blé dans le monde.....	9
7-1 La production :	9
7-2 La consommation :	9

8- L'importance et production du blé en Algérie :	9
8-1 La zone de la production :	9
8-2 Les contraintes :	10
9-La production du blé à Adrar :	10
II) STRESS HYDRIQUE.....	11
1-Généralité :.....	11
2-Effet du stress hydrique sur la photosynthèse	11
2-Influence du stress hydrique sur le rendement du blé dur	13
3-Mécanisme d'adaptation des plantes au stress hydrique.....	13
3-1- Adaptation phénologique	13
3-2- Adaptations morphologiques	13
3-3-Adaptation physiologique	14
3-3-1 La régulation stomatique	14
3-3-2-La teneur relative en eau de la feuille	15
3-3-3- Le maintien de l'intégrité membranaire.....	15
3-3-4-La température de la canopée	16
Chapitre II :MATERIEL ET METHODES	Erreur ! Signet non défini.
1-Présentation du site d'expérimentation.....	18
2- Protocole expérimentale.....	18
2-1 Objectif de l'essai.....	18
2-2) Le matériel végétal.....	18
2-3) Condition de culture.....	18
2-4) dispositif expérimental.....	19
2-5) Application de stress	20
3- Analyse des données	22
Chapitre III : RESULTATS ET DISCUSSION	Erreur ! Signet non défini.
III.1. Le nombre de racines primaires (NRP)	24
III.2. Le nombre de racines secondaires (NRS).....	25
III.3. Longueur des racines primaires	26
III.4. Longueur des racines secondaires	28
III.5. La masse de la matière sèche souterraine	29
III.6. Longueur des feuilles.....	31
III. 7. Largeur des feuilles	32
III.8. La masse de la matière sèche aérienne	34

Discussion	36
Conclusion.....	Erreur ! Signet non défini.
Références bibliographiques	38

Liste des figures

Figure 1: Le centre d'origine de blé	2
Figure 2: Phylogénie de blé. Shewry	3
Figure 3: Le diagramme d'une graminée typique.....	6
Figure 4: La germination des graines et le semis	19
Figure 5: Dispositifs factoriels complètement aléatoires.....	20
Figure 6 : mesure de la longueur de racine.....	21
Figure 7: mesure de La longueur des feuilles	21
Figure 8: mesure de La largeur des feuilles	22
Figure 9: Variation de nombre de racines primaires chez 3 génotypes de blé en fonction de l'intensité du stress hydrique.....	25
Figure 10: Variation de nombre de racines secondaires chez 3 génotypes de blé en fonction de l'intensité du stress hydrique.....	26
Figure 11: Variation de longueur des racines primaires chez 3 génotypes de blé en fonction de l'intensité du stress hydrique.....	27
Figure 12: Variation de longueur des racines secondaires chez 3 génotypes de blé en fonction de l'intensité du stress hydrique.....	29
Figure 13: Variation de la masse sèche souterraine chez 3 génotypes de blé en fonction de l'intensité du stress hydrique.....	30
Figure 14: Variation de la longueur des feuilles chez 3 génotypes de blé en fonction de l'intensité du stress hydrique.....	32
Figure 15: Variation de la largeur des feuilles chez 3 génotypes de blé en fonction de l'intensité du stress hydrique.....	33
Figure 16: Variation de la masse de la matière sèche aérienne chez 3 génotypes de blé en fonction de l'intensité du stress hydrique.....	35

Liste des Tableaux

Tableau 1: Classification botanique du blé dur et tendre.	4
Tableau 2 : Les statistiques du blé d'Adrar	10
Tableau 3 : Carrés moyens de l'analyse de la variance des caractères mesurés chez les génotypes de blé évalués.	23
Tableau 4 : Analyse de variance du nombre de racines primaires obtenue à partir des différents types de stress appliqués aux trois variétés de blé.	24
Tableau 5 : Analyse de variance du nombre de racines primaires obtenue à partir des différents types de stress appliqués aux trois variétés de blé.	25
Tableau 6: Analyse de variance de longueur des racines primaires obtenue à partir des différents types de stress appliqués aux trois variétés de blé.	26
Tableau 7 : Analyse de variance de longueur des racines secondaires obtenue à partir des différents types de stress appliqués aux trois variétés de blé.	28
Tableau 8 : Analyse de variance de la masse sèche souterraine obtenue à partir des différents types de stress appliqués aux trois variétés de blé.	29
Tableau 9: Analyse de variance de la longueur des feuilles obtenue à partir des différents types de stress appliqués aux trois variétés de blé.	31
Tableau 10: Analyse de variance de la largeur des feuilles obtenue à partir des différents types de stress appliqués aux trois variétés de blé.	32
Tableau 11 : Analyse de variance de la masse de la matière sèche aérienne obtenue à partir des différents types de stress appliqués aux trois variétés de blé.	34

Liste des Abréviations

DIA= Direction des Intérêts Agricoles d'Adrar

INRA= Institut National de la Recherche Agronomique

Ddl=degrés de libertés

NRP= Le nombre de racines primaires

NRS= Le nombre de racines secondaires

LRP= longueur des racines primaires

LRS= longueur des racines secondaires

PMR= La masse de la matière sèche souterraine

Ln F= Longueur des feuilles

LrF= Largeur des feuilles

PMA= la masse de la matière sèche aérienne

F= fréquence

*****= significatif

*******= très hautement significatif

ns= no significatif

Mt =millions de tonnes

Introduction

Le blé est à la fois la céréale la plus consommée dans le monde et la plus échangée sur les marchés internationaux. Il constitue ainsi un élément central du système alimentaire mondial (Djelti, 2014). Il occupe la première place pour la production mondiale et la deuxième après le riz, comme source de nourriture pour les populations humaines (Brahimi, 2017).

En Algérie, les céréales sont les principales cultures, cultivées sur une superficie annuelle d'environ 3,6 millions d'hectares (Madr, 2012). Parmi les céréales, le blé dur occupe une place de choix dans l'alimentation des populations algériennes (Megherbi et al., 2012). Le rendement grain national de cette culture est le plus faible du bassin méditerranéen (Belaid, 2000).

De nombreux stress biotiques et abiotiques affectent le développement du blé dans les principales zones de production. La sécheresse est parmi les contraintes environnementales qui causent le plus de dommage aux productions agricoles. En effet, chaque année les surfaces perdues à cause de ce stress ; un milliard d'hectares sont menacés dans le monde dont 3,2 millions en Algérie (Toumi et al., 2014).

Pour faire face à de telle situation, les plantes ont développé des stratégies en mettant en place des mécanismes de réponse leur permettant d'ajuster leur système métabolique. La tolérance est un phénomène complexe, faisant intervenir de nombreux éléments. Ces derniers interagissent entre eux et agissent en synergie afin d'aboutir à une réponse coordonnée et efficace (Oukkaroum, 2007).

Le présent travail se fixe pour objectif d'étudier l'effet de déficit hydrique sur la croissance des plantules de trois génotypes du blés (*Triticum aestivum* L., *Triticum durum* Desf.), et ce à différentes intensités : 0, 40, 60 et 100 % au capacité au champs.

Le travail sera présenté un trois grands chapitres :

Dans le premier chapitre de ce mémoire une synthèse bibliographique, le deuxième décrit le matériel végétal et l'ensemble des méthodes utilisées dans notre étude ; dans le dernier chapitre nos résultats ainsi que leur discussion sont présentées. Au début de ce travail présente une introduction générale. Une Conclusion et des perspectives sont enfin données.

I-Historique et Généralité sur le Blé

1- Répartition géographique du blé

Depuis la naissance de l'agriculture, le blé est à la base de la nourriture de l'homme (RUEL, 2006).

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). Ceci correspond au début de la période du Dryas qui fut localement un épisode climatique de sécheresse et de refroidissement, qui a pu aboutir à l'arrêt progressif du mode de vie « chasseur-cueilleur » et entraîner la domestication de certaines plantes - dont les blés - et, via le stockage de stocks alimentaires, la création de premières communautés villageoises (Hayden, 1990).

En Algérie, Léon Ducellier (1878-1937) en particulier, parcourant le blé, fit au début du siècle le recensement d'une flore mal connue. Il découvrit et analysa les nombreuses variétés, qui peuplaient les champs cultivés, recueillit les échantillons les plus caractérisés, les plus productifs, les plus résistants à la sécheresse ou à quelques maladies. Le blé tendre était inconnu en Afrique du Nord avant l'arrivée des français (Lery, 1982) (Figure 01).

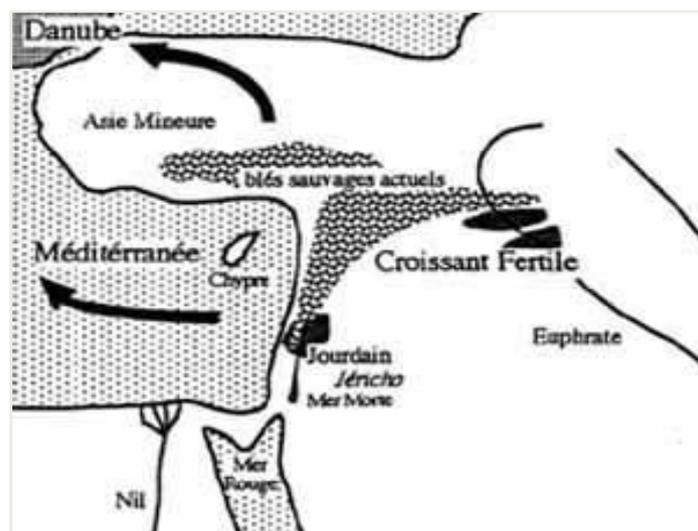


Figure 1: Le centre d'origine de blé (Michèle M, 2000).

2 - Origine génétique du blé :

La filiation génétique des blés est complexe et incomplètement élucidée. Il est acquis que le génome A provient de *Triticum monococcum*, le génome B d'un *Aegilops* (*bicornis*, *speltoides*, *longissima* ou *searsii*) et le génome D d'*Aegilops squarrosa* (également dénommé *Triticum tauschii*). Le croisement naturel *T. monococcum* × *Aegilops* (porteur du génome B) a permis l'apparition d'un blé dur sauvage de type AABB (*Triticum turgidum* ssp. *dicoccoides*) (Feillet, 2000).

Le croisement entre l'espèce *Triticum durum* de constitution génomique AABB et *Aegilops tauschii* de constitution génomique DD, donna naissance à l'espèce *Triticum aestivum* de constitution génomique AABBDD (Feldman et Sears, 1981) (Figure 2).

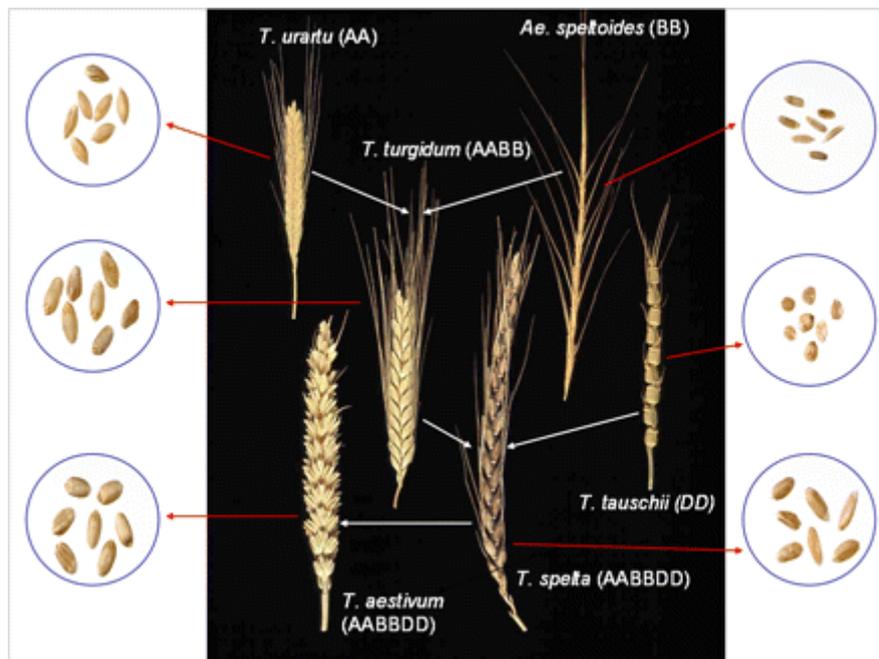


Figure 2: Phylogénie de blé. Shewry (2009).

3 - Classification botanique

Les blés sont des plantes herbacées annuelles, monocotylédones, à feuilles alternes, classée de la manière suivante. (Tableau01) .

Tableau 1:Classification botanique du blé dur et tendre. (Feillet,2000)

Règne	<i>Plantae</i>
Embranchement	<i>Angiospermae</i>
Sous-embranchement	<i>Spermaphytes</i>
Classe	<i>Monocotylédones</i>
Ordre	<i>Glumiflorales</i>
Famille	<i>Poaceae</i>
Genre	<i>Triticum</i>
Espèces	<i>Triticum durum</i> Desf. (blé dur)
	<i>Triticum aestivum</i> L. (blé tendre)

4 - Morphologique du blé

Les blés sont des plantes herbacées annuelles, monocotylédones, à feuilles alternes, formées d'un chaume portant un épi constitué de deux rangées d'épillets sessiles et aplatis. Les fleurs sont nombreuses, petites et peu visibles. Elles sont groupées en épis situés à l'extrémité des chaumes. (Omari et Tahri.2021)

4-1 L'appareil végétatif :

4-1-1 Le système aérien :

Il est formé d'un certain nombre d'unités biologiques ou talles partant d'une zone située à la base de la plante : le plateau de tallage.

Chaque talle après complet développement de la plante est formée d'une tige feuillée ou chaume portant à son extrémité une inflorescence (Omari et Tahri, 2021).

- **La tige**

Sont des chaumes, cylindriques, souvent creux par résorption de la moelle centrale mais chez le blé dur est pleine. Ils sont interrompus par des nœuds qui sont une succession de zones d'où émerge une longue feuille. (Omari, et Tahri, 2021)

- **Les feuilles**

La feuille des Poacées est composée de deux parties : une gaine qui entoure la tige et qui, depuis le nœud où elle est fixée, couvre la quasi-totalité de l'entrenœud ; un limbe qui se déploie lorsque la feuille atteint sa taille adulte. (Omari, et Tahri, 2021)

4-1-2-Le système racinaire

Le système racinaire comprend :

- Des racines séminales produites par la plantule durant la levée.
On compte 5 à 8 racines séminales chez le blé tendre et 6 racines chez le blé dur (Monneveux, et al. 2007).
- Des racines adventives (latérales) qui se forment plus tard à partir des nœuds à la base de la plante et constituent le système racinaire permanent. (Boulal, et al., 2007)

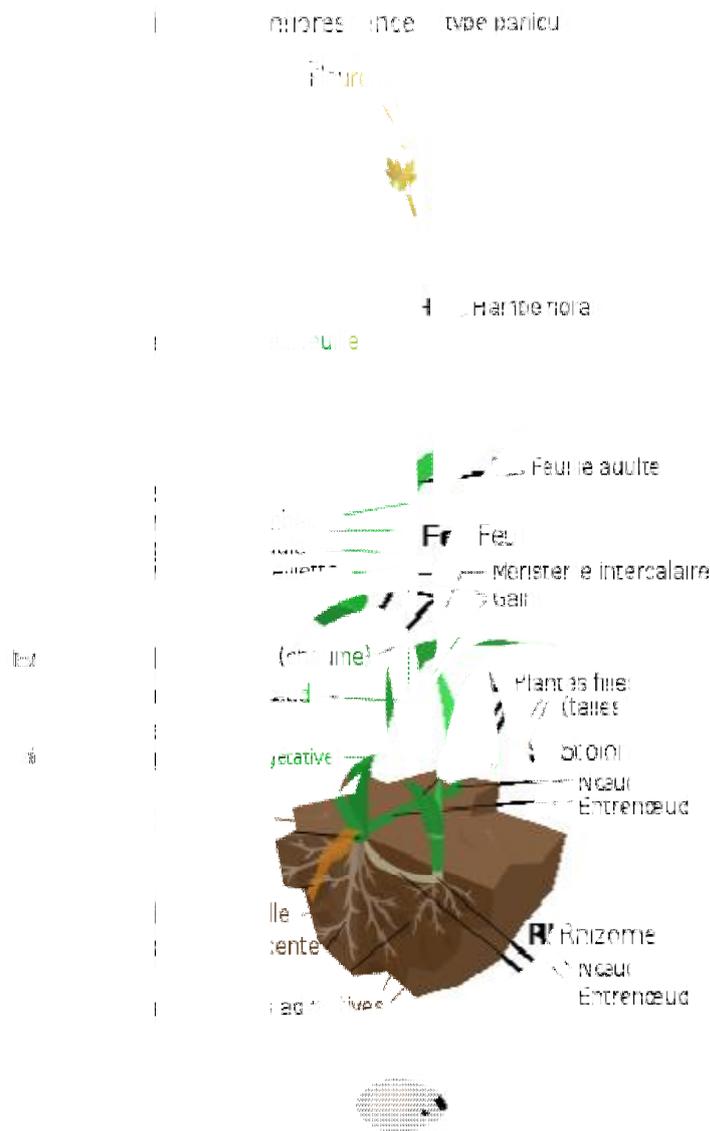


Figure 3: Le diagramme d'une graminée typique (Kelvinsong, 2013)

4-2 Les appareils reproducteurs

4-2-1 L'épi de blé

L'inflorescence du blé est un épi muni d'un rachis portant des épillets séparés par de courts entrenœuds.

L'autofécondation est le mode de reproduction le plus fréquent chez les blés.

4-2-2 Le grain de blé

Le grain de blé est un caryopse nu (Soltner, 2005) constitué d'un albumen représentant 80% à 85% du grain, d'enveloppes de la graine et du fruit (13% à 17% du grain) tandis que le germe n'est composé que de 3% après fécondation, l'ovaire donnera le grain de blé.

L'embryon ou germe est la partie essentielle de la graine permettant la reproduction de la plante : en se développant il devient à son tour une jeune plante.

5-Le cycle biologique du blé

De graine à graine, le cycle biologique du blé se divise en trois périodes successives, chacune comporte des phases et des stades.

5-1 Période végétative

- **Phase germination-levée**

La germination commence lorsque le grain a absorbé le quart de son poids d'eau. Lorsqu'une graine germe, la première partie de la plante qui émerge du grain est le coléorrhize, (Troughton,1962). La coléoptile apparaît 4 à 6 jours après la germination (Martin, et al, 2006). La levée se fait réellement dès la sortie des feuilles à la surface du sol.

- **Le tallage**

Le tallage est favorisé par les basses températures et les jours courts. La formation de la première talle se 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 3ème feuille. Le tallage chez le blé s'arrête à l'épiaison (Hamadach, 2013).

5-2 La période reproductrice

- **Montaison-floraison**

La montaison débute lorsque les entrenœuds de la tige principale se détachent du plateau du tallage, (Belaid,1987).

A l'épiaison, l'épi sort de la dernière feuille. La floraison et la pollinisation peuvent avoir lieu quelques jours (moins de 7 jours) après. Elle commence plutôt chez le maitre-brin. Le nombre définitif ou réel de grains /épi est fixé durant cette période. (Hamadache,2013).

- **Période remplissage et maturité du grain**

Cette période se divise en trois stades essentiels : stade grain laiteux, stade grain pâteux et maturité du grain. Le stade grain pâteux (40% d'humidité) correspond à la fin du remplissage du grain, qui sèche et durcit ensuite. (Chantal et al, 2005).

6-Les exigences du blé

Les principaux facteurs influant la culture et le développement du blé sont la température, la lumière, l'eau et le sol. (Soltner,1988)

6-1 La température

C'est le facteur principal qui contrôle la vitesse de développement de la culture. En général, le développement s'accélère avec l'augmentation de la température (Yash. ABROL Keith. INGRAM).

Sommes des températures nécessaires à la réalisation de quelques phases du développement du blé :

- Semis-levée 150°C
- Levée-fin tallage 500°C
- Montaison-floraison 850°C
- Floraison-maturation 850°C
- Semis-maturation 2350°C

(Chantal Charonnat SylvieDeblayEducagri, 2005)

6-2 L'eau :

Jusqu'à la fin du tallage les besoins en eau sont relativement faibles. De plus, l'humidité excessive du 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). Après la floraison, le blé devient très résistant à la sécheresse (comme aux fortes températures) (Grignac,1965).

6-3 La lumière :

Le blé d'hiver est le type de plante de jours longs. Sa floraison est en effet favorisée par l'allongement du jour (Soltner,2007) ; 12 à 14 heures selon l'espèce et la variété ; sont nécessaires pour permettre le démarrage de la phase reproductrice (Ruel, 1996).

6- 4 Le sol :

Le blé prospère sur une gamme assez variée de sols, les meilleures terres de blé sont les terres de limon argilo-calcaires et argilo-siliceuses (Moule, 1980).

7 -l'importance et production du blé dans le monde

7 -1 Laproduction

Le blé est l'une des cultures les plus importantes au monde et la barre des 700 millions de tonnes (Mt) en production vient d'être franchie depuis le début des années 2010, Pour en produire tant ce sont 225 millions d'hectares qui sont actuellement consacrés à cette culture sur le globe, (AbisS.2015). Car sa facilité d'adaptation au sol a conduit à la diffusion de sa culture dans de nombreuses régions du monde.

Les 5 plus grands pays producteurs annuels de blé au monde (Chine 134.250Mt, Union européenne 126.930Mt Inde 107.860Mt, Russie 85.354Mt et Etats-Unis 49.750Mt) (<https://fr.statista.com/statistiques/559831/principaux-pays-producteurs-de-ble-dans-le-monde/2021>).

7 -2 La consommation

En 2010, la consommation mondiale a atteint 36 millions de tonnes (Mt) selon le Conseil international des céréales (CIC). La zone méditerranéenne dans son ensemble consomme 62% du blé mondial et est la principale zone importatrice de la planète.

8 -L'importance et production du blé en Algérie

En Algérie, le blé (dur et tendre) a occupé près de 2 millions d'hectares et a produit près de 2,400 000(t). Sur le plan économique, les dérivés du blé (semoule et farine) et leurs produits (pâtes, pain) sont la base de l'alimentation des algériens et la principale source en énergie et en protéines végétales. (Agrichem, 2016).

Les quantités produites en 2019 ont permis de porter les quantités collectées par les coopératives céréalières du Bureau algérien des céréales à 2,714(t) en 2019, contre 2,766(t) cumulés en 2018. Les quantités de blé dur collectées ont atteint 2 000 000(t) et 3 millions de quintaux de blé tendre par an 2019. (Algérie Presse Service, 2020).

8 -1 La zone de la production

Le blé dur et tendre est cultivé dans toutes les zones céréalières du pays : Est, Centre, Ouest en sec et au Sud en irrigué. Les principales wilayas productrices de blé en 2019 sont : Oum El- Bouaghi, Tébessa, Tiaret, Sétif, Mila, Relizane, Tlemcen, Batna, Saïda, Mascara, Souk Ahras, Sidi Bel Abbes et Tissemsilt (APS, 2020).

8 -2 Les contraintes

La productivité ou rendement des blés (dur et tendre) est encore faible et ne dépasse pas en moyenne les 20 q / ha. Les causes en sont nombreuses : climatiques, agro-techniques et les attaques des bioagresseurs, adventices, ravageurs et maladies fongiques, (Agrichem,2016).

9 -La production du blé à Adrar :

La superficie totale consacrée à la culture des céréales à Adrar pour l'année 2020/2021 est de 22289 hectares dont 17075 hectares de blé dur et 5214 hectares de blé tendre, Le taux de rendement de la production à l'hectare atteint 55 quintaux /hectare. (Direction des Intérêts Agricoles d'Adrar, 2022).(Tableau02)

Tableau 2 : Les statistiques du blé d'Adrar (DIA d'Adrar)

Campagne	Espèce	Superficie (Ha)	Production (Qx)	Rendement (Qx/ha)
2018/2019	Blé dur	1328.5	560414.76	42
	Blé tendre	3980.5	131178.22	33
2019/2020	Blé dur	16593	681197	41
	Blé tendre	2898	87054	30
2020/2021	Blé dur	17075	732261	43
	Blé tendre	5214	146709	28

II) STRESS HYDRIQUE

1-Généralité :

Les plantes sont des organismes autotrophes, qui satisfont leurs besoins nutritionnels à partir d'un environnement inorganique. (Osonubi et al, 1988)

Au niveau de la plante entière, l'eau est le principal véhicule pour les substances qui transitent d'un organe à l'autre car elle achemine les éléments nutritifs vers les tissus et les organes (Mouna El fakhriaet al 2011),elle intervient dans les réactions métaboliques comme l'hydrolyse ou la photosynthèse, elle permet la turgescence des cellules et par là même des tissus et des organes (Laberche,2004).Enfin, elle a un rôle essentiel dans le maintien, grâce à la transpiration, d'une température de la plante compatible avec son métabolisme. Cette dernière fonction est de loin la plus consommatrice d'eau. (Jérémie, 2007)

Tout changement du régime hydrique d'un système biologique aura donc des conséquences importantes. L'eau est le premier facteur limitant de la croissance et de la productivité de la plupart des cultures végétales (Schulze et al.1987 ; Araus et al.2002 ; Chaves et al.2002).

En Algérie, la rareté et le caractère irrégulier des précipitations (200 à 600 mm/an) peuvent être les facteurs d'une perte partielle ou totale de production, en particulier dans le cas des céréales. In (Kara et al,2011).

Un déficit hydrique se produit lorsque l'eau disponible pour la plante ne lui permet pas de répondre à la demande climatique. Dans ce cas, la perte d'eau par la plante est inférieure au maximum qui serait observé en conditions hydriques non limitantes. On parle d'une contrainte hydrique lorsque le fonctionnement de la plante est affecté par le déficit hydrique sans baisse de la teneur en eau des tissus. Enfin, il y'a stress hydrique lorsque les tissus de la plante subissent une baisse de leur teneur en eau qui affecte tout le métabolisme de la plante (Nathalie, 2005). Les stress provoqués par un déficit en eau constituent une menace permanente pour la survie des plantes, (William, 2003).

2-Effet du stress hydrique sur la photosynthèse

La photosynthèse est particulièrement sensible au stress hydrique. Elle peut être affectée de deux manières :

- D'abord la fermeture des stomates supprime normalement l'accès du chloroplaste à un apport de désoxyde de carbone d'origine atmosphérique.
- Ensuite, l'apparition dans les cellules de potentiels hydriques faibles intervient directement sur l'intégrité de la machinerie photosynthétique.

Lorsque le dessèchement du sol se poursuit, la dégradation de l'état hydrique interne des cellules entraîne une baisse de l'activité des enzymes de la photosynthèse, ainsi qu'une augmentation de résistance au transport du CO₂ entre la chambre sous-stomatique et le mésophile (Jones, 1992).

Enfin, pour un déficit hydrique sévère, la « machinerie » photosynthétique est détériorée du fait de dégradations de la structure quaternaire des enzymes et des photosystèmes (PSI et PSII), ainsi que par la modification des propriétés des membranes, notamment de leur perméabilité. Ces événements provoquent une forte chute de production de pouvoir réducteur au niveau cellulaire, et des désordres importants dans le métabolisme de la plante (Thierry et al., 2006).

2-Influence du stress hydrique sur le rendement du blé dur

Chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.), la sécheresse est une des causes principales des pertes de rendement, qui varient de 10 à 80% en région méditerranéenne (Nachitet al, 1998).

Selon le stade de développement et la durée au cours de laquelle le stress survient, l'influence sur la production finale et les composantes du rendement est plus ou moins importante (Mogensen,1991). Les travaux de Benaceur (1999) ont montré qu'une sécheresse survenant au stade jeune (tallage) réduit surtout la croissance en hauteur et le nombre d'épis par unité de surface. Par contre, lorsqu'elle survient aux stades gonflement ou anthèse, elle réduit, plutôt le poids des épis et le rendement en grains. Le stade juste avant épiaison (gonflement) est le stade le plus sensible au déficit hydrique puisqu'une sécheresse survenant à ce stade peut réduire les rendements en grains d'environ 70% par rapport au témoin. (M'barek,1999).

Le manque d'eau après la floraison, combiné à des températures élevées, entraîne une diminution du poids de 1 000 grains par altération de la vitesse de remplissage des grains et/ou de la durée de remplissage(Triboï,1990).Ce qui entraîne une réduction du rendement. Par ailleurs, et pour bien se développer, la plante doit disposer de mécanismes d'adaptation qui lui permettent de supporter la sécheresse(Amor, et al 2005).

3-Mécanisme d'adaptation des plantes au stress hydrique

3-1- Adaptation phénologique

Pour éviter les périodes difficiles pour la croissance et le développement, certaines variétés accomplissent leur cycle de développement avant l'installation de la contrainte hydrique(Ben Naceur et al., 1999).

Toutefois, la précocité est un mécanisme important de résistance dans ces conditions. (Belkharchouche et al 2009).

Pour éviter la déshydratation des tissus en maintenant un potentiel hydrique peu variable, à l'aide d'un système racinaire profond et le contrôle des pertes par transpiration. Ainsi que par une tolérance remarquable de l'activité physiologique. (M. Ben Salemet E. Zid)

3-2- Adaptations morphologiques

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

pour diminuer la transpiration et la compétition entre les organes pour les assimilats. Ces modifications affectent la partie aérienne ou souterraine : réduction de la surface foliaire et du nombre de tiges, enroulement des feuilles et/ou meilleur développement du système racinaire. Moncef Ben Salem et al, la réduction de la masse de matière sèche de la partie aérienne (Khaldoun, et al 2010).

3-3-Adaptation physiologique

3-3-1 La régulation stomatique

Lorsque l'évapotranspiration potentielle, déterminée par les caractéristiques atmosphériques, dépasse les capacités d'approvisionnement en eau de la plante, celle-ci réagit en fermant ses stomates pour éviter le dessèchement. (INRA, 2000).

Lorsque l'évapotranspiration potentielle, déterminée par les caractéristiques atmosphériques, dépasse les capacités d'approvisionnement en eau de la plante, celle-ci réagit en fermant ses stomates pour éviter le dessèchement. (Laffray et Louguet, 1991).

Ils sont constitués de deux cellules opposées qui peuvent se déformer sous l'effet des variations de la pression hydraulique interne et ouvrir ou fermer l'ostiole par laquelle s'échappe l'eau transpirée. (Durand, 2007).

Une diminution du potentiel hydrique du mésophylle provoque la fermeture des stomates. L'hormone acide abscissique (ABA) semble jouer un rôle important dans la fermeture des stomates. 16 (Hopkin, 2003).

Dans des conditions de stress hydrique, l'accumulation d'ABA dans un organe est principalement due à une augmentation de sa synthèse, mais elle peut également être due à une diminution de sa dégradation ou à une augmentation de sa concentration importer d'un compartiment différent (Cornic, 2008). Les plantes sont classées en deux groupes, (selon Tardieu et Simonneau 1998) :

- Les plantes iso hydriques, comme le maïs, ont des stomates qui se ferment rapidement en cas de manque d'eau. Cela permet d'économiser l'eau disponible dans le sol, mais provoque un déclin précoce de la photosynthèse.
- Les plantes anis hydriques, comme le tournesol, gardent leurs stomates ouverts jusque tard dans la journée. Lorsque le sol s'assèche, le statut hydrique des tissus de ces plantes a tendance à suivre.

Une autre méthode pour éviter la sécheresse semble être la densité stomatique. En effet, (Miskin et al. 1972) ont conclu que la sélection de plantes à faible densité stomatique serait un moyen efficace et logique de trouver des cultivars résistants au stress hydrique après avoir étudié l'effet de la densité stomatique sur la transpiration, la photosynthèse et la résistance stomatique chez 05 variétés d'orge.

3-3-2-La teneur relative en eau de la feuille

La teneur relative en eau est une signification physiologique directe de l'état hydrique de la plante (Collinson et al.1997). C'est un paramètre physiologique qui indique la résistance d'une espèce au stress hydrique (Berka et Ad, 2009).

La capacité à extraire l'eau du sol et à limiter les pertes d'eau par transpiration sont toutes deux liées au maintien d'un potentiel hydrique élevé (Turner, 1986). Les génotypes avec un ERR élevé pendant le stress hydrique sont probablement les plus tolérants et les plus productifs (Sassi et al. 2012). Selon Benmahammed et al. (2008), la corrélation positive entre la teneur en eau relative et la biomasse accumulée indique que l'accumulation de biomasse sous stress dépend généralement de la teneur en eau des feuilles.

Les variétés de blé dur semblent plus résistantes à la déshydratation foliaire que les variétés de blé tendre, et cette supériorité est plus visible au stade épiaison, lorsque la diminution de la teneur en eau foliaire chez le blé dur est significativement inférieure à celle enregistrée chez le blé tendre (Alem et al, 2002). (Selon et al.2011), lorsqu'elles sont exposées à un stress hydrique, la teneur relative en eau des feuilles d'*Argania spinosa* augmente de 55,09 pour cent à 77,82 pour cent. Cette augmentation est due à une fermeture progressive des stomates, qui aide à maintenir la turgescence des feuilles de la plante pour tolérer la déshydratation.(Clarke et al.1991) proposent la teneur en eau relative comme critère de sélection pour sélectionner les lignées tolérantes à l'eau.

3-3-3- Le maintien de l'intégrité membranaire

D'autres mécanismes, tels que l'élasticité membranaire, la réduction de la taille des cellules (Tyree et Jarvis, 1982) et la résistance protoplasmique, peuvent également être impliqués dans le maintien de la turgescence cellulaire. Cette dernière dépend de la capacité des cellules à résister aux dommages mécaniques et à la dénaturation des protéines au niveau membranaire ou cytoplasmique (Gaff,1980).

Lorsque ces dispositifs périphériques de protection cellulaire ne sont plus efficaces, le mécanisme de tolérance des membranes cellulaires est activé. La résistance membranaire, également appelée résistance protoplasmique, est la caractéristique la plus connue de la tolérance sensu stricto. Après un choc osmotique avec du polyéthylène glycol, il est le plus souvent mesuré par la méthode de l'efflux électrolytique (Blum et Ebercom, 1981).

La tolérance membranaire est particulièrement élevée chez les plantes dites de résurrection, qui peuvent réhydrater leurs membranes après plusieurs semaines de déshydratation (Gaff, 1980). La résistance à la sécheresse de la plante entière chez le blé dur dépend, au moins en partie, de la présence de mécanismes opérant au niveau cellulaire (Bajji et al. 2000). L'un des mécanismes de résistance à la sécheresse les plus efficaces chez les plantes est la tolérance de la membrane cellulaire au stress hydrique. Il a été lié à la performance des génotypes au champ sur diverses espèces végétales, en particulier les légumineuses (Vasquez-Tello et al., 1990). Ces différents résultats démontrent clairement que l'évaluation de l'intégrité de la membrane dans des conditions de stress est une approche essentielle pour évaluer les membranes.

Le mécanisme de tolérance à la sécheresse le plus évident et probablement le plus efficace chez l'arachide reste l'intégrité de la membrane. Les différences variétales mises en évidence nous permettent de caractériser les variétés les plus résistantes à la sécheresse en fonction de leur capacité à maintenir l'intégrité des tissus en conditions de sécheresse. Le but de ce comportement n'est pas seulement d'améliorer la capacité de la plante à résister à la déshydratation, mais aussi de favoriser sa capacité à récupérer à la fin de la sécheresse (Annerose, 1990).

La prise en compte des résultats obtenus tant au niveau cellulaire qu'au niveau de la plante entière apparaît nécessaire pour une meilleure compréhension de la complexité des mécanismes permettant à la plante de résister au stress et constitue à notre avis une stratégie essentielle dans ce type d'étude de recherche (Bajji et al. 2000).

3-3-4-La température de la canopée

La température de surface du couvert végétal est une propriété physique de la plante qui est influencée par le stress hydrique. Plusieurs méthodes ont été utilisées pour estimer et mesurer la température d'un couvert végétal, mais la télédétection infrarouge thermique semble offrir les pistes les plus prometteuses.

Il présente l'avantage de la rapidité et de la facilité d'acquisition, toutes deux nécessaires au diagnostic de l'eau. Cela a abouti au développement d'un certain nombre d'indicateurs de stress hydrique basés sur la relation entre la température, les propriétés optiques des plantes et l'état de l'eau. La capacité des plantes à maintenir une température foliaire basse, (selon et al.1993), est une indication de leur grande capacité à extraire l'eau du sol et à se refroidir par transpiration. Sous stress terminal, ces variétés maintiennent une activité photosynthétique élevée, permettant un rendement plus élevé.

Avec l'avènement du thermomètre infrarouge portable, il y a eu un certain intérêt pour la mesure de la température de la canopée comme technique de dépistage de la résistance au stress. (Dakheel et al.1993) découvrent que la température de la canopée est positivement corrélée avec le rendement en grains durant les premiers stades de développement, jusqu'au stade de l'épiaison, lorsque la température de l'air est relativement basse. La température des feuilles est négativement corrélée avec le rendement en grain à partir du stade d'épiaison jusqu'à la période de remplissage du grain. Les basses températures de la canopée indiquent que le potentiel hydrique des feuilles est élevé (Blum et Pnuel, 1990).

1-Présentation du site d'expérimentation

L'expérimentation est réalisée au niveau de la station expérimentale de l'université Ahmed draya-Adrarqui se situe au nord de la ville, à une altitude de 222 m ; avec des coordonnées géographiques correspondant de Latitude nord 26°03' et Longitude 00°30' à l'Ouest. Le climat désertique est caractérisé par cette région qui connut par des températures élevées en été arrivent jusqu'à 47°C et des températures basses en hiver arrivent d'environ 6°C. Les précipitations sont rares qui atteignent au mieux 550 mm par an.

2- Protocole expérimentale

2-1 Objectif de l'essai

L'essai a porté pour l'objectif d'étudier l'effet de stress hydrique sur la croissance des plantules de trois géotypes du blés (Belmabrouk, El Hamra et Vitron.), et ce à différentes intensités d'irrigation : 0, 40, 60 et 100 % au capacité au champ.

2-2. Le matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est composé de trois géotypes du blé (*Triticum aestivum* L., *Triticum durum* Desf.) fournie par l'INRA d'Adrar qui sont : Belmabrouk, El Hamra et Vitron qui ont de comportement au déficit hydrique divers.



BELMABROUK



EL HAMRA



VITRON

2-3) Condition de culture

Les graines choisies doivent être saines, elles ont été sélectionnées selon leur taille et leur forme. Pour chaque géotype, les graines au nombre de 100, sont désinfectées à l'eau de javel à 5% pendant 20 min, puis rincées plusieurs fois avec de l'eau distillée. Elles sont ensuite mises à germer dans des boites de Pétri et juste après l'émergence de la racicule, les plantules sont repiquées dans des pots de végétation contenant un mélange de 70% de terre agricole et à 30% de compost (Figure04).

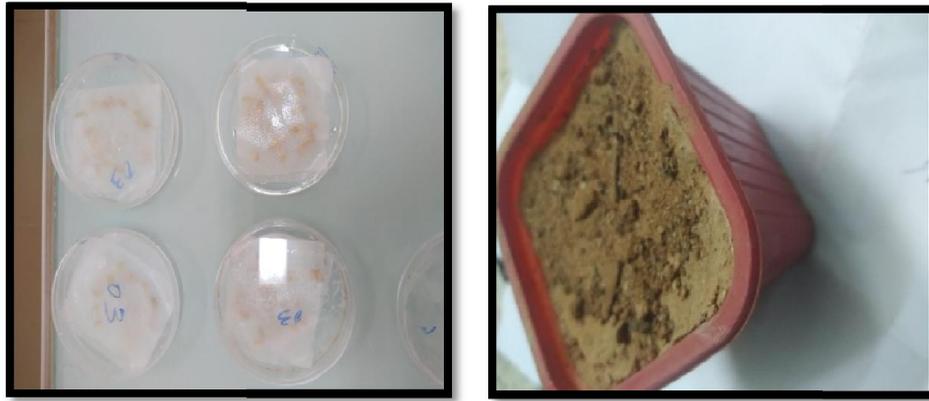


Figure 4: La germination des graines et le semis (photo original).

Le semis a été réalisé le 10/01/2022, à raison de 4 graines par pot, à 1 cm de profondeur.

2-4) dispositif expérimental

Les pots sont disposés en quatre traitements : T0, T1, T2, T3 répétés cinq fois.

- ↪ Pour le bloc T0 (traitement sans déficit hydrique), les plantes sont irriguées à la capacité au champ. Ce traitement est considéré comme témoin.
- ↪ Le bloc T1 (traitement avec déficit hydrique 1), les plantes subissent un déficit hydrique d'intensité de 60% de la capacité au champ.
- ↪ Le bloc T2 (traitement avec déficit hydrique 2), les plantes subissent un déficit hydrique d'intensité de 40% de la capacité au champ.
- ↪ Le bloc T3 (traitement avec déficit hydrique 3), les plantes subissent un déficit hydrique d'intensité de 0% de la capacité au champ.

Le dispositif expérimental utilisé était celui d'un essai factoriel complètement aléatoire. (Figure05)

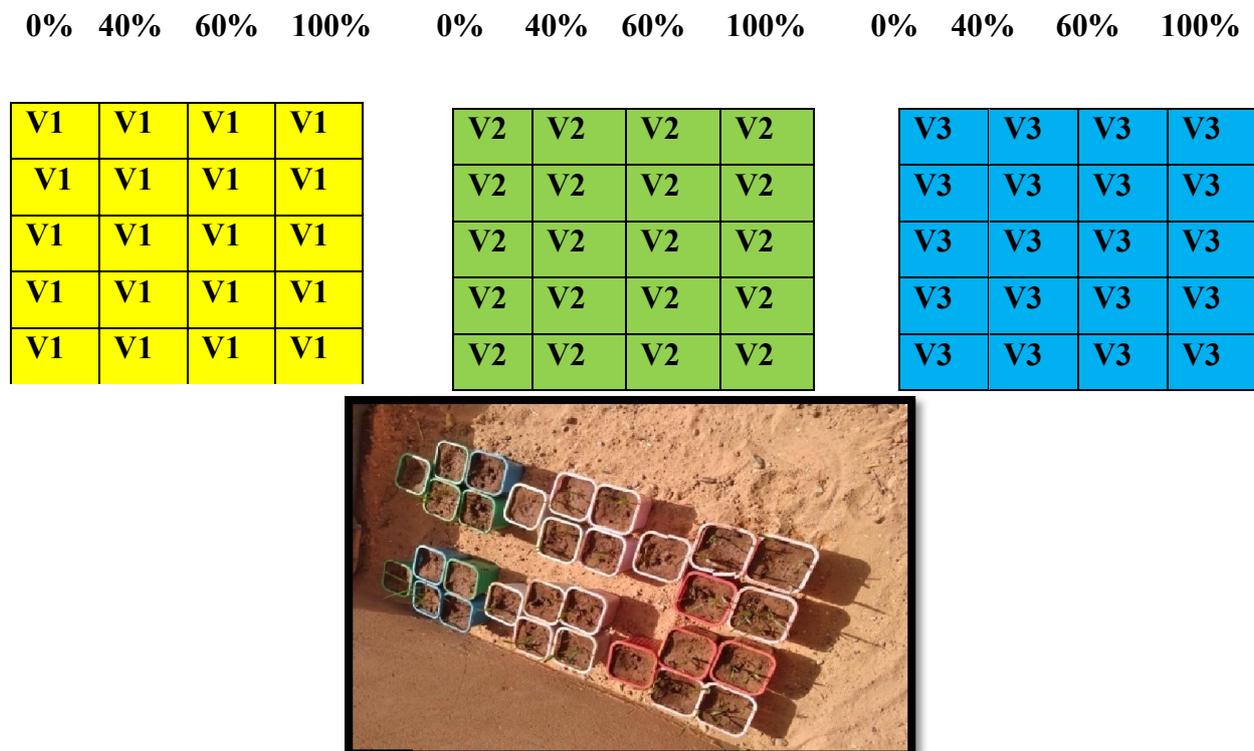


Figure 5: Dispositifs factoriels complètement aléatoires (photo original).

2-5. Application de stress

Les pots ont reçu la même quantité d'eau d'irrigation 03 fois par semaine de semis jusqu'à la levée. Ensuite, après un mois de semis la contrainte hydrique est appliquée selon les trois régimes testés : 60%, 40%, 0% d'intensité d'eau à la capacité au champ ; alors que les témoins sont irrigués régulièrement.

1) Suivi et notations

Le suivi du comportement des 03 géotypes de blé vis-à-vis du stress hydrique a été basé sur les paramètres morphologiques de la partie souterraine et aérienne de la plante.

- **Le nombre de racines primaires (NRP)**

Le nombre de racines primaires (NRP), déterminé par comptage des racines principales.

- **Le nombre de racines secondaires (NRS)**

Le nombre de racines secondaires (NRS), déterminé par comptage des racines secondaires.

- **La longueur des racines primaires (LRP)**

A l'aide d'une règle graduée, les mesures des longueurs des racines primaires ont été prises en (cm) de chaque traitement. (Figure 06)



Figure 6 : mesure de la longueur de racine (photo original).

- **La longueur des racines secondaires (LRS)**

A l'aide d'une règle graduée, les mesures des longueurs des racines secondaires ont été prises en (cm) de chaque traitement.

- **La masse de matière sèche racinaire (MSR)**

À l'aide d'une balance, la masse de matière sèche racinaire exprimée en grammes, a été déterminée après le séchage.

- **La longueur des feuilles (Ln F)**

A l'aide d'une règle graduée, les mesures des longueurs des feuilles étendues ont été prises en cm. (Figure07).



Figure 7: mesure de La longueur des feuilles (photo original).

- **La largeur des feuilles (Lr F)**

A l'aide d'une règle graduée, les mesures des largeurs des feuilles étendards ont été prises en cm. (Figure08).



Figure 8: mesure de La largeur des feuilles (photo original).

- **La masse de matière sèche aérienne (MSA)**

À l'aide d'une balance, la masse de matière sèche aérienne exprimée en grammes, a été déterminée après le séchage.

3- Analyse des données

Les traitements représentés par la combinaison des deux facteurs 'génotype' et 'stress hydrique' sont arrangés selon un dispositif factoriel complètement aléatoire, avec cinq répétitions. Les données obtenues sont traitées par l'analyse de la variance (ANOVA) à deux critères de classifications pour comparer les différents niveaux du stress hydrique ainsi que le comportement des variétés évaluées vis à vis de ce stress. La comparaison des moyennes est faite par le test de la plus petite différence significative (Ppds 5 %) au seuil de 5%. Les analyses statistiques sont faites à l'aide du logiciel CoStat version 6.4.

Résultats

L'analyse de la variance (ANOVA) montre des effets 'génotype', 'stress' et interaction 'génotype x stress' significative ($p < 0.001$) pour la plupart des caractères mesurés (Tableau 1). Ce résultat suggère la présence de la variabilité génétique entre les génotypes étudiés. Un effet 'stress' significatif suggère que les différents niveaux de déficit hydrique appliqués ont des réactions différentes sur les paramètres mesurés et soumis à l'analyse. Un effet d'interaction 'génotype x stress' significatif indique que les génotypes étudiés ont des comportements différents vis-à-vis du stress hydrique et leur réponse est variable en fonction de l'intensité appliquée.

Tableau 3 : Carrés moyens de l'analyse de la variance des caractères mesurés chez les génotypes de blé évalués.

Source de variation	ddl	NRP	NRS	LRP (cm)	LRS (cm)	PMR (g)	Ln F (cm)	Lr F (cm)	PMA (g)
Génotype (G)	2	1.08 33 ns	477. 5277 ***	155.418 *	5.7644 ns	1.333 3 ns	19.7913* **	5.176 ns	0.006 4 ns
Stress (S)	3	8.62 96 ***	534. 7407 ***	494.024 ***	7.377 *	0.001 6 ***	204.00** *	0.252 ***	0.010 0 ns
Interaction G x S	6	2.04 62 **	216. 157 **	192.915 **	1.7625 ns	7.407 4 ns	24.046** *	0.0044 ns	0.007 5 ns

Ddl= degrés de libertés **NRP**= Le nombre de racines primaires. **NRS**= Le nombre de racines secondaires. **LRP**= longueur des racines primaires. **LRS**= longueur des racines secondaires **PMR**= La masse de la matière sèche souterraine. **LnF**= Longueur des feuilles. **LrF**= Largeur des feuilles. **PMA**= la masse de la matière sèche aérienne. **Ns**= significatif *******= tri significatif *****= significatif

Parmi les trois sources de variation suscitées, l'effet 'stress' explique la quasi-totalité de la variation totale observée comme indiqué par les valeurs prises par le carré moyen de l'ANOVA et ce pour l'ensemble des variables étudiés. Elle est suivie par l'effet 'génotype' en deuxième position, l'interaction 'génotype x stress' en dernier (Tableau 1).

III.1. Le nombre de racines primaires (NRP)

Le nombre de racines primaires subit un effet significatif de stress, de l'interaction génotype x stress, et un effet non significatif du génotype (tableau04).

Tableau 4 : Analyse de variance du nombre de racines primaires obtenue à partir des différents types de stress appliqués aux trois variétés de blé.

Source	Ddl	Carre moyen	F	P
Génotypes	2	1.0833	1.4742	0.2507 ns
Stress	3	8.6296	11.7434	0.0001 ***
Génotypes x stress	6	2.0462	2.7846	0.0361 *

- ⇒ Le test NEWMAN-KEULS au seuil 5% classe le facteur génotype en en seul groupe avec une moyenne générale de 4.
- ⇒ Le test de NEWMAN-KEULS au seuil 5% pour le facteur stress indique 2 groupes homogènes. Le premier groupe A correspond au témoin et le premier niveau (60%) avec une moyenne générale de 4,5. Le deuxième groupe B correspond au traitement de stress qui ont 40% et 0% à la capacité au champ avec des moyennes générales de 3.
- ⇒ Sous l'effet du déficit hydrique, le témoin enregistre le nombre de racines primaires maximal chez le génotype Belmabrouk ; et la valeur minimale chez Elhamra.
- ⇒ Pour le premier niveau de stress, qui correspond à une intensité de 60% de capacité au champ, la valeur minimale est observée dans les génotypes Vitron de 3, alors que la valeur maximale est enregistrée chez le génotype Belmabrouk de 4.33.
- ⇒ Pour le deuxième niveau de stress hydrique 40% de capacité au champ, on note un nombre de racine primaire maximal égale à 3.33 chez le génotype Vitron et un NRP minimal égale à 2.66 chez le génotype Belmabrouk.
- ⇒ Pour le troisième niveau de stress hydrique 00% de capacité au champ, on note une augmentation très importante de nombre des racines primaires fluctuent entre une valeur maximale de 5.33 enregistrée chez les génotypes Elhamra et Vitron et une valeur minimale de 5 enregistrée chez le génotype Belmabrouk. (Figure 09).

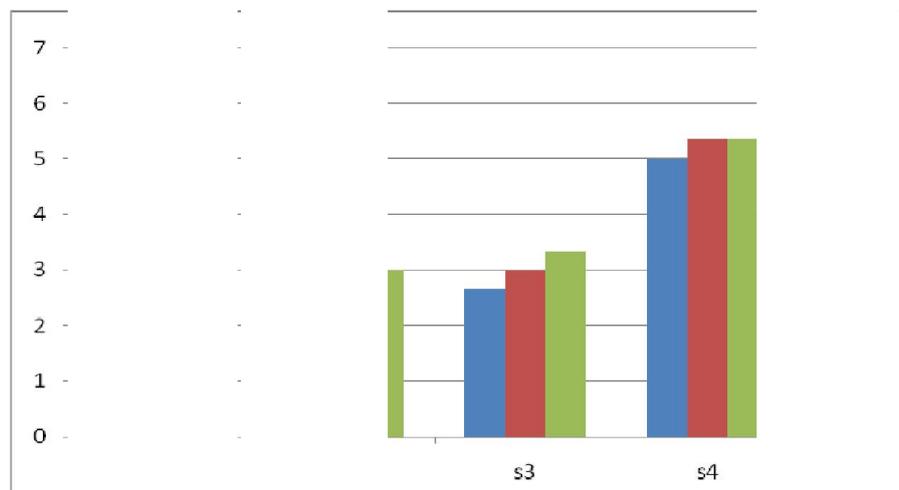


Figure 9 : Variation de nombre de racines primaires chez 3 génotypes de blé en fonction de l'intensité du stress hydrique.

III.2. Le nombre de racines secondaires (NRS)

L'analyse de variance, montre qu'il existe une différence très hautement significative entre les niveaux de stress, entre les génotypes et l'interaction génotype \times stress. (Tableau 05).

Tableau 5 : Analyse de variance du nombre de racines primaires obtenue à partir des différents types de stress appliqués aux trois variétés de blé.

Source	Ddl	Carre moyen	F	P
Génotypes	2	477.5277	9.9773	0.0008 ***
Stress	3	534.7407	11.1727	0.0001 ***
Génotypes*stress	6	216.157	4.5163	0.0040 **

- Le test NEWMAN-KEULS au seuil 5% classe le facteur stress en deux groupes. Le premier groupe A présente le nombre de racines secondaires le plus élevée 26 chez le témoin et S1 (60%), par contre le deuxième groupe B présente le nombre le plus faible (S2 :40% et 00%) 8.
- Le test NEWMAN-KEULS au seuil 5% classe le facteur génotype en deux groupes A, et B. Le premier groupe A représenté la variété Belmabrouk (23.25) et Elhamra (17.75). Le groupe B englobe le génotype Vitron avec une moyenne générale de 10.66%.
- Au niveau des témoins (T), les trois variétés étudiées marquent les faibles valeurs de NRS qui varient de 7 chez le génotype Belmabrouk et 10.66 pour le génotype Elhamra.

- Au traitement 60% de la capacité au champ, le nombre des racines secondaires fluctue entre 36 et 6 chez les deux génotypes Elhamra et Viron respectivement.
- Au stress sévère à 40% de la capacité au champ, une nette augmentation de nombre des racines secondaires est observée chez tous les génotypes. La valeur maximale est signalée par Belmabrouk 36, alors que la valeur minimale est marquée par Vitron (15).
- A l'arrêt complet de l'irrigation, Elhamra est représenté par le meilleur nombre des racines secondaires avec 13.66 et Vitron avec 8. (Figure 10)

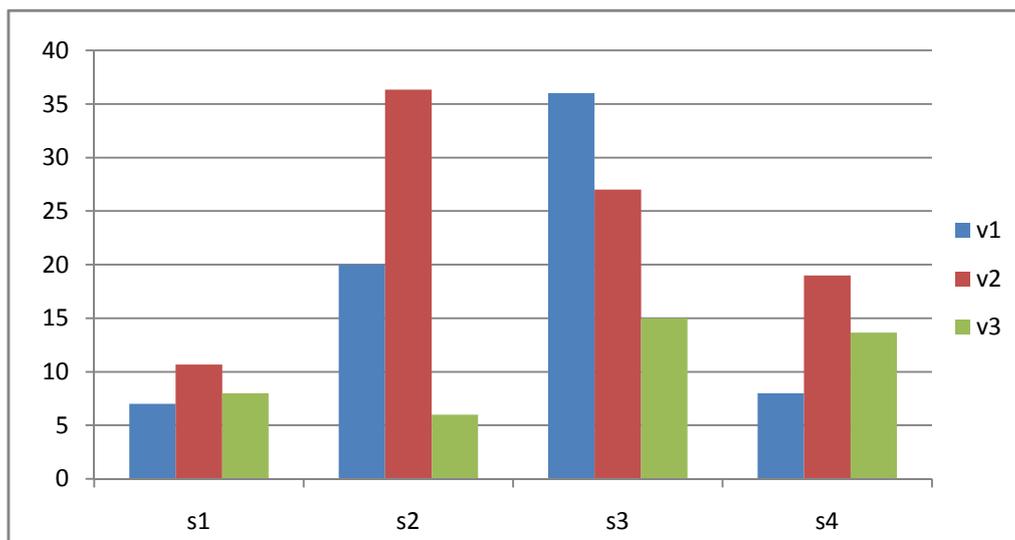


Figure 10: Variation de nombre de racines secondaires chez 3 génotypes de blé en fonction de l'intensité du stress hydrique.

III.3. Longueur des racines primaires

L'analyse de la variance (Tableau 4) a montré un effet hautement significatif de l'interaction entre le génotype et le régime hydrique, et du traitement ou régime hydrique. L'effet du génotype est statistiquement significatif. (Tableau 06)

Tableau 6: Analyse de variance de longueur des racines primaires obtenue à partir des différents types de stress appliqués aux trois variétés de blé.

Source	Ddl	Carre moyen	F	P
Génotypes	2	155.418	3.5793	0.0451 *
Stress	3	494.024	11.377	0.0001 ***
Génotypes*stress	6	192.915	4.4429	0.0043 **

- ↳ Le test de NEWMAN-KEULS au seuil 5% pour le facteur génotype donne deux groupes homogènes. Le premier A contient la valeur la plus élevée de longueur des racines

primaires qui enregistre chez le génotype Belmabrouk (15.12) et le génotype Elhamra (15.10). Le deuxième groupe B contient la valeur (8.88) enregistre chez le génotype Vitron.

- ↳ L'analyse du test de NEWMAN-KEULS au seuil 5% classe le facteur stress en quatre groupes homogènes. Le premier A porté le témoin avec une moyenne générale de 20.44cm. Le deuxième AB porte le stress 1 de 60% de la capacité au champ avec une moyenne générale de 17.11cm, alors que le troisième groupe B porte le stress 2 (40% de la capacité au champ) avec une moyenne générale de 11 cm. Le dernier groupe C porte le stress 4 (00% de CAC) avec une moyenne générale de 3.6 cm.
- ↳ Une nette diminution de la longueur des racines primaires est observée chez tous les génotypes en témoins avec une valeur maximale de 4.86 cm enregistrée chez le génotype Vitron et une valeur minimale de 2.7 cm enregistrée chez le génotype Belmabrouk (figure11)

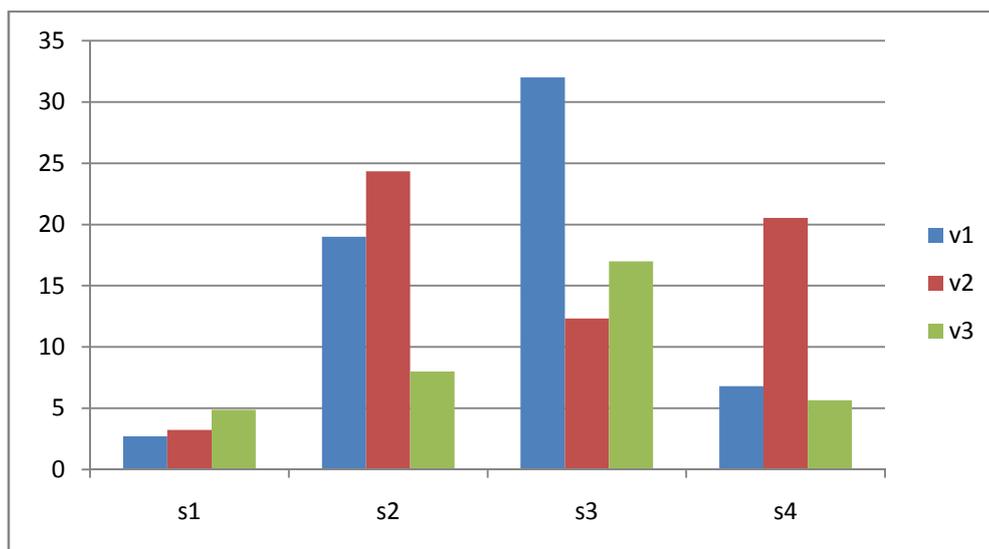


Figure 11: Variation de longueur des racines primaires chez 3 génotypes de blé en fonction de l'intensité du stress hydrique

- Sous l'effet du stress à une intensité de 60%, la longueur des racines primaires fluctue entre une valeur maximale de 24.33 cm enregistrée chez le génotype Elhamra et une valeur minimale de 8 cm enregistrée chez le génotype Vitron (Figure.11).
- Au deuxième niveau de stress 40% de CAC. La longueur racinaire primaire varie entre 32 cm chez le génotype Belmabrouk et 12.33 cm chez le génotype Elhamra.
- Au manque d'eau, le génotype Elhamra a enregistré le maximum de long des racines (20.53 cm) et la longueur faible est observée chez le génotype Vitron avec 5.66 cm.

III.4. Longueur des racines secondaires

L'analyse de variance de longueur des racines secondaires fait ressortir des différences significatives pour l'effet stress seulement (tableau 07)

Tableau 7 : Analyse de variance de longueur des racines secondaires obtenue à partir des différents types de stress appliqués aux trois variétés de blé.

Source	Ddl	Carre moyen	F	P
Génotypes	2	5.7644	2.5343	0.1022ns
Stress	3	7.377	3.2433	0.0415 *
Génotypes*stress	6	1.7625	0.7749	0.5981 ns

- Une nette diminution de la longueur des racines secondaires est observée chez tous les génotypes en témoins avec une valeur maximale de 0.83 cm enregistrés chez le génotype Vitronet une valeur minimale de 0.23 cm enregistrés chez le génotype Elhamra (Figure 03).
- Au niveau de traitement conduit à 60% de capacité au champ, la valeur maximale de la longueur des racines secondaires est affichée par le génotype Elhamra de l'ordre 3.6 cm et la valeur minimale est donnée par le génotype Belmabrouk de l'ordre 1.33 cm.
- Concernant le traitement conduit à 40% à la capacité au champ. La valeur maximale de 2.83 cm marquée par le génotype Elhamra et la valeur minimale de 0.93 cm enregistrés par le génotype Vitron.
- Au niveau de traitement conduit à 00% à la capacité au champ. La valeur maximale de ce paramètre est de 3.6 cm chez le génotype Elhamra alors que la la valeur minimale de 1.4 cm enregistrée par le génotype Belmabrouk. (Figure 12)

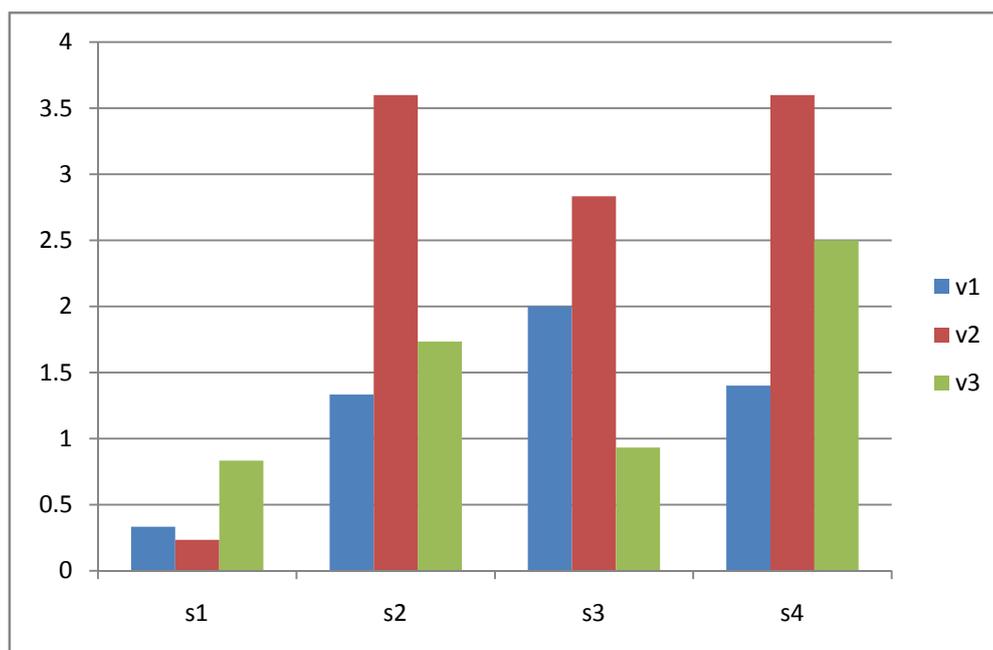


Figure 12: Variation de longueur des racines secondaires chez 3 génotypes de blé en fonction de l'intensité du stress hydrique.

III.5. La masse de la matière sèche souterraine

L'analyse de variance révèle un effet significatif pour le stress ; alors qu'aucune différence significative n'est observée dans les génotypes et dans l'interaction entre génotype et stress (Tableau8).

Tableau 8 : Analyse de variance de la masse sèche souterraine obtenue à partir des différents types de stress appliqués aux trois variétés de blé.

Source de variation	Ddl	Carre moyen	F	P
Génotypes	2	1.3333	1.2482	0.3066 ns
Stress	3	0.0016	15.0480	0.0000 ***
Génotypes x stress	6	7.4074	0.6934	0.6574 ns

- Le test NEWMAN-KEULS au seuil 5% classe le facteur stress en deux groupes homogènes. Le premier A porté les témoins et le stress de 60% à la capacité au champ avec une moyenne générale maximale de 0.045 et 0.036 g, alors que le second groupe B porte les stress 40% et 100% à la CAC avec des moyennes générales respectivement de 0.02g et 0.017g.
- La masse sèche souterraine les plus élevées sont notées chez le stress 3 correspond 40% de la CAC, avec une valeur maximale de 0.053 g enregistrée chez le génotype Elhamra et

une valeur minimale de 0.046 g et 0.036 g enregistrée chez les génotypes Vitron et Belmabrouk respectivement.

- Le témoin indique la valeur maximale de ce paramètre chez le génotype Belmabrouk par la quantité de 0.023g, et la masse la plus petite remarquée chez le génotype Vitron de 0.016 g.
- Sous le stress de 60% de la capacité au champ, les deux génotypes Vitron et Elhamra portent la masse souterraine la plus élevée d'ordre de 0.04 g, tandis que le génotype Belmabrouk indique que 0.03g pour ce paramètre. (Figure 13)

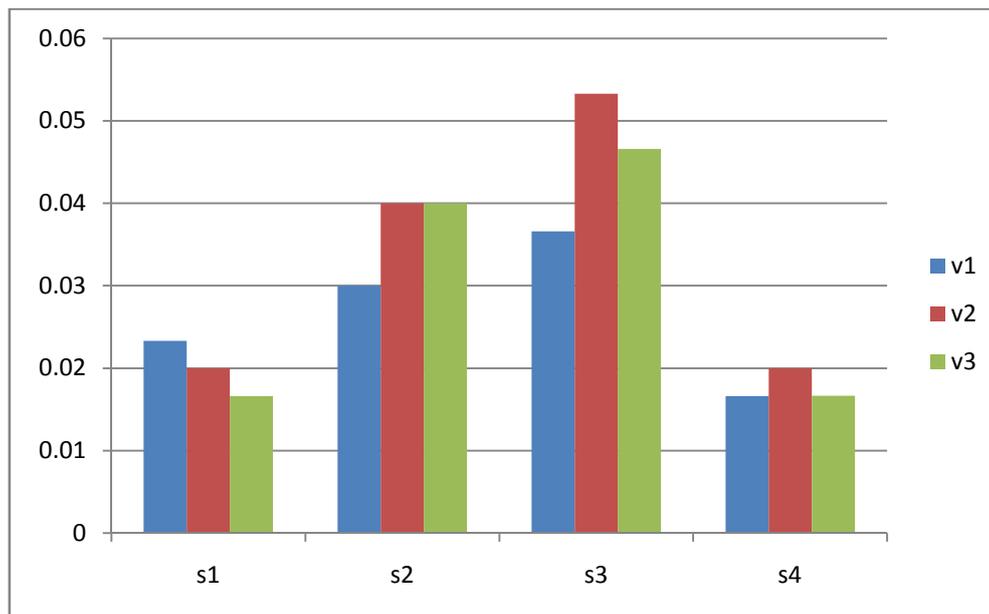


Figure 13: Variation de la massesèche souterraine chez 3 génotypes de blé en fonction de l'intensité du stress hydrique.

III.6. Longueur des feuilles

L'analyse de variance, montre qu'il existe une différence très hautement significative entre les niveaux de stress, entre les génotypes et l'interaction génotype \times stress. (Tableau 09).

Source	Ddl	Carre moyen	F	P
Génotypes	2	19.7913	24.05	0.000***
Stress	3	204.00	247.965	0.000 ***
Génotypes*stress	6	24.046	29.228	0.0000 ***

Tableau 9: Analyse de variance de la longueur des feuilles obtenue à partir des différents types de stress appliqués aux trois variétés de blé.

- ♦ Le test NEWMAN-KEULS au seuil 5% classe le facteur stress en deux groupes. Le premier groupe A présente la longueur des feuilles la plus élevée 10.18 cm et 9.97 cm chez le témoin et S1 (60%), par contre le deuxième groupe B présente la longueur la plus faible (S2 : 40% et 00%) 6.21 cm et 0.01 cm.
- ♦ Le test NEWMAN-KEULS au seuil 5% classe le facteur génotype en trois groupes A, B et C. Le premier groupe A représenté le génotype Belmabrouk (7.75 cm). Le groupe B englobe le génotype Elhamra avec une moyenne générale de 6.80 cm et le dernier groupe C présente le génotype Vitron avec une moyenne de 5.21 cm.
- ♦ Le témoin indique la valeur maximale de ce paramètre chez le génotype Vitron par la valeur de 12 cm, et la valeur la plus petite remarquée chez le génotype Elhamra de 8.43 cm.
- ♦ Au traitement 60% de la capacité au champ, la longueur moyenne des feuilles fluctue entre 9.46 cm et 0.83 cm chez les deux génotypes Belmabrouk et Vitron respectivement.
- ♦ Au stress 40% de la capacité au champ, la valeur maximale est signalée par Belmabrouk de 12.56 cm, alors que la valeur minimale est marquée par Vitron (8.033 cm).
- ♦ A l'arrêt complet de l'irrigation, une nette diminution de la longueur moyenne des feuilles est observée chez tous les génotypes. (Figure 14)

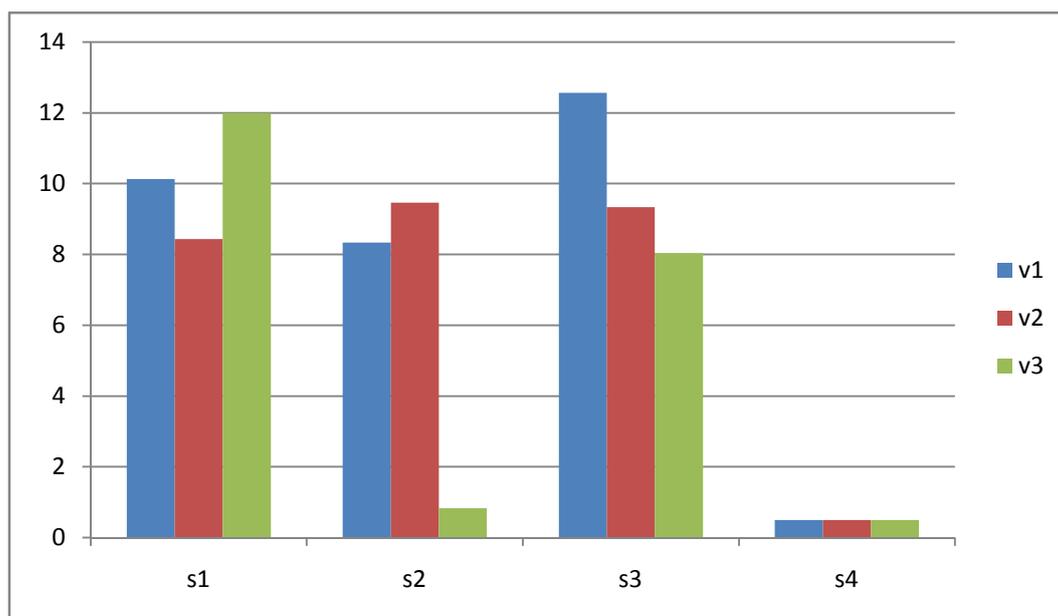


Figure 14: Variation de la longueur des feuilles chez 3 génotypes de blé en fonction de l'intensité du stress hydrique.

III. 7. Largeur des feuilles

Les données de ce tableau montrent un effet très hautement significatif pour le stress seulement. (Tableau 10)

Tableau 10: Analyse de variance de la largeur des feuilles obtenue à partir des différents types de stress appliqués aux trois variétés de blé.

Source	Ddl	Carre moyen	F	P
Génotypes	2	5.176	6.155	1 ns
Stress	3	0.252	29.993	0.0000 ***
Génotypes*stress	6	0.0044	0.5285	0.7806 ns

- Le test NEWMAN-KEULS au seuil 5% classe le facteur stress en deux groupes homogènes. Le premier A porte les témoins, le stress de 60% et 40% à la capacité au champ avec une moyenne générale maximale de 0.35 cm, 0.32 cm et 0.32 cm respectivement, alors que le second groupe B porte le stress 100% à la CAC avec une moyenne générale de 0.01 cm.
- Une nette diminution de la largeur des feuilles est observée chez tous les génotypes conduits en stress 0% à la capacité au champ.

- Concernant le traitement conduit à 40% à la capacité au champ. La valeur maximale de 0.36 cm marqués par le génotype Elhamra et la valeur minimale de 0.30 cm enregistrés par le génotype Vitron et Belmabrouk.
- Au niveau de traitement conduit à 60% de capacité au champ, la valeur maximale de là la largeur des feuilles est affichée par les génotypes Elhamra et Vitron de l'ordre 0.33 cm et la valeur minimale est donnée par le génotype Belmabrouk de l'ordre 0.30 cm.
- Au témoin, la valeur maximale de ce paramètre est de 0.4 cm chez le génotype Belmabrouk alors que la valeur minimale de 0.3 cm enregistrés par le génotype Elhamra. (Figure 15)

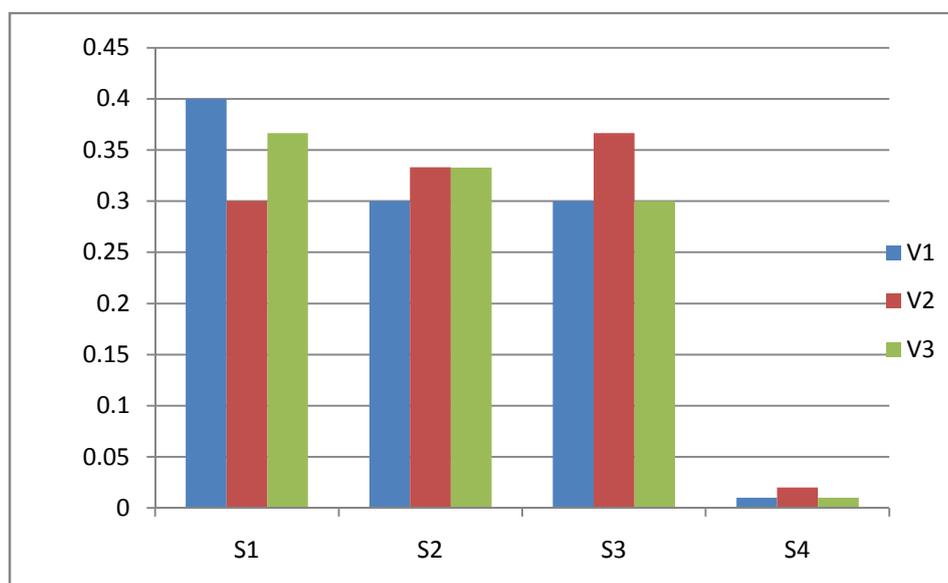


Figure 15: Variation de la largeur des feuilles chez 3 génotypes de blé en fonction de l'intensité du stress hydrique.

III.8. La masse de la matière sèche aérienne

L'analyse de variance montre que les différents traitements n'ont aucune signification. (Tableau 11).

Tableau 11 : Analyse de variance de la masse de la matière sèche aérienne obtenue à partir des différents types de stress appliqués aux trois variétés de blé.

Source	Ddl	Carre moyen	F	P
Génotypes	2	0.0064	1.0844	0.3555 ns
Stress	3	0.0100	1.6987	0.1964 ns
Génotypes*stress	6	0.0075	1.2735	0.3096 ns

- Le témoin enregistre la masse de la matière sèche aérienne maximale chez le génotype Elhamra de 0.043 g ; et la valeur minimale chez. Belmabrouk de 0.016 g.
- Pour le premier niveau de stress, qui correspond à une intensité de 60% de capacité au champ, la valeur minimale est observée dans les génotypes Vitron de 0.19 g ; alors que la valeur maximale est enregistrée chez le génotype Belmabrouk de 2.023 g.
- Pour le deuxième niveau de stress hydrique 40% de capacité au champ, on note une masse aérienne maximale égale à 0.05 g chez le génotype Belmabrouk et une masse minimale égale à 0.033 g chez le génotype Vitron.
- Pour le troisième niveau de stress hydrique 00% de capacité au champ, on note une absence totale de ce paramètre (Figure 16).

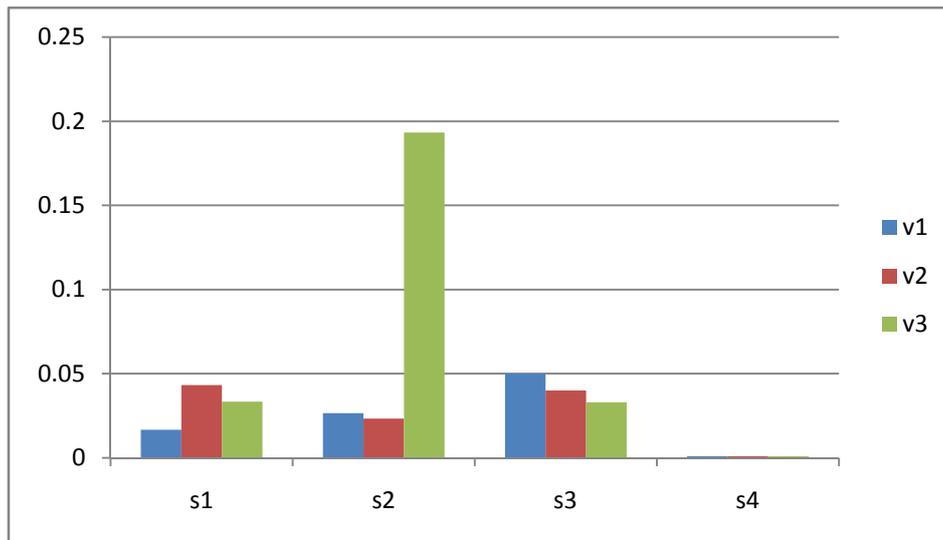


Figure 16 : Variation de la masse de la matière sèche aérienne chez 3 géotypes de blé en fonction de l'intensité du stress hydrique.

Discussion

La réponse des plantes au déficit hydrique est traduite par des modifications morphologiques, physiologiques et métaboliques (Ouvrard et al., 1996). D'après Thakur et Rai, 1982, le déficit hydrique entraîne un retard dans la croissance végétale. Il se définit par une réduction de la hauteur et du diamètre de la tige, un raccourcissement des entre-nœuds et une diminution du nombre de feuilles et de la surface foliaire.

Ces résultats confirment ceux de El Fakhri M. et al., (2010) qui mentionnent que l'aptitude à maintenir un nombre de racines primaires élevés ou stress hydrique est considéré comme permettant une meilleure accessibilité à l'eau par la plante. Cependant, plusieurs auteurs accordent une attention particulière à la profondeur de l'enracinement, permettant de chercher l'eau en profondeur lorsque sa présence est limitée dans les couches superficielles du sol.

Sous des conditions de déficit hydrique, Richard et Passioura, (1981) ont constaté que l'assimilation de l'eau par la plante est directement liée au degré de développement du système racinaire. Alors qu'un système racinaire long et extensif peut conférer un avantage en augmentant l'apport en eau de la partie aérienne (Matsuura et al., (1996). Vannozzi et Paolini (1982), suggèrent que les géotypes ayant un système racinaire bien développé résistent mieux à la sécheresse. Ils recommandent ainsi la longueur de la racine ainsi que la masse par unité de volume du sol comme paramètres utiles dans la sélection des plantes pour la sécheresse.

Les déficits hydriques longs se traduisent par des changements progressifs dans la structure de la plante qui visent à réduire sa surface transpirante, mais qui induisent également une réduction de sa production. Au début du cycle végétatif, la plante ajuste sa taille à l'eau disponible dans le milieu (Leps., 2000).

La réduction de la croissance aérienne observée au niveau des plantes peut aussi s'expliquer par des augmentations des taux de certains régulateurs de croissance, notamment l'acide abscissique et les cytokinines (Benmahioul et al., 2009. Kuiper et al., 1990). On remarque aussi que le déficit hydrique a réduit davantage la croissance des parties aériennes comparativement à celle des racines, ceci s'accorde bien avec nos résultats. Selon Zhu (2001) la baisse de croissance des parties aériennes est une capacité adaptative essentielle à la survie des plantes exposées à un stress abiotique.

Cette étude a été conduite dans l'objectif d'évaluer l'effet de stress hydrique à différentes intensités (100, 60, 40 et 0%) à la capacité au champ sur quelques paramètres de croissance de trois génotypes de blé tendre et dur. Les résultats indiquent des effets 'génotype', 'stress' et interaction 'génotype x stress' très hautement significatifs pour l'ensemble des caractères mesurés, hormis la matière sèche aérienne, suggérant la présence d'une bonne variabilité génétique au sein du matériel végétal évalué. Toutefois, l'effet 'stress' explique la quasi-totalité de la variation totale observée comme indiqué par l'analyse de la variance.

L'effet moyen 'génotype' indique que le génotype Belmabrouk produit le nombre de racines primaires (3.91 racines), la longueur de racines secondaires (1.2 cm) et la matière sèche racinaire (0.026 g) les plus réduits. Le blé dur Vitron possède les racines primaires les plus courtes (8.88 cm) alors que Elhamra exprime le nombre de racines primaires et secondaires (4.49 ; 23.25 racines) et la matière sèche souterraine (0.33 g) les plus élevés.

Sous le stress hydrique, les caractères mesurés de la partie souterraine est augmenté considérablement ; néanmoins, cette augmentation reste dépendante du génotype testé et de l'intensité de stress appliqué. Sous un stress sévère 40% à la capacité au champ, le nombre de racines primaires et secondaires, leur longueur et la masse de la matière sèche souterraine sont les plus favorisés.

Comme perspective à cette étude préliminaire, il est nécessaire de vérifier les résultats obtenus sur d'autres stades de développement du blé sur une large gamme génétique et de compléter le travail par des études de biologie moléculaire pour identifier les gènes responsables de la tolérance à la déficience hydrique afin de faciliter le processus de sélection.

- A Khaldoun J Chery P Monneveux,(1990) ; Mouna EL FAKHRI ,et Hordeum vulgare L 2010. Étude des caractères d'enracinement et de leur rôle dans l'adaptation au déficit hydrique chez l'orge. 2 novembre 1989; accepté le 18 mars 1990.
- Abis, S.,(2015). Le blé au cœur des enjeux géostratégiques mondiaux. 125-128p.
- Alem, C., Labhilili, M., Brahmi, K., Jlibene, M., Nasrallah, N, et Filali-Maltouf, A. (2002). Adaptations hydrique et photosynthétique du blé dur et du blé tendre au stress salin, C. R. Biologies 325 : 1097–1109.
- Amor Slama, Moncef Ben Salem, M'barek Ben Naceur, Ezziddine Zid .Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance ,Science et changements planétaires / Sécheresse. Volume 16, Numéro 3, 225-9, juillet-août-septembre(2005), Article de recherché.
- Annerose, D. J. M. (1990). Recherches sur les mécanismes physiologiques d'adaptation à la sécheresse. Application au cas de l'arachide (*Arachis hypogea* L.) cultivée au Sénégal. Thèse de doctorat en Sciences Naturelles, Université Paris VII, 282p.
- APS, (2019/10/14)<https://www.aps.dz/ar/economie/77869-2019>, Algérie. 8/04/2022 11h.
- Bajji, M., Lutts, S, Kinet, J. M. (2000). La résistance au stress hydrique chez le blé dur : Comparaison des comportements au niveau cellulaire et au niveau de la plante entière. Zaragoza : ciheam. Options Méditerranéennes : série A. séminaires méditerranéens, 40 : 227- 231.
- Belaid D., (1996). Aspects de la céréaliculture Algérienne. Ed. Office des publications Universitaires, Ben-Aknoun (Alger), 206 p.

- BELAID D.,(1987). Etude de la fertilisation azotée et phosphatée d'une variété de blé dur (Hedba3) en conditions de déficit hydrique, Mémoire de magistère. I.N.A 108p.
- Belaid, D. (2000). The economics of durum wheat production in WANA: Past trends and future prospects. In: Proceedings of the symposium blé 2000, enjeux et strategies, 49-70.
- Belkharchouche, H., Fellah, S., Bouzerzour, H., Benmahammed, A., & chellal, N. (2009). vigueur de croissance, translocation et rendement En grains du blé dur (*Triticum durum* desf.) Sous conditions semi arides. *Courrier du Savoir*, (09):17-24.
- Ben Naceur, M., Nailly, M., Selmi, M. (1999). Effet d'un déficit hydrique, survenant à différents stades de développement du blé, sur l'humidité du sol, la physiologie de la plante et sur les composantes du rendement. *MEDIT*, 2 : 53-60.
- Benmahammed, A., Bouzerzour, H., Mekhlouf, A., Benbelkacem, A. (2008). Variation de la teneur relative en eau, l'intégrité cellulaire, la biomasse et l'efficacité d'utilisation de l'eau des variétés de blé dur (*Triticum turgidum* L. var durum) conduites sous contraintes hydrique. *Recherche Agronomique, INRA*, 21: 37-47.
- Berka, S., & Aïd, F. (2009). Réponses physiologiques des plants d'Argania spinosa (L.) Skeels soumis à un déficit hydrique édaphique. *Sécheresse*, 20 (3) : 296-302.
- Blum, A., & Pnuel, Y. (1990). Physiological attributes associated with drought resistance of wheat cultivars in a mediterranean environment. *Aust. J. Agric. Res*, 41: 799-810.
- Blum, A., Ebercom, A. (1981). Cell membrane stability as a mesure of drought and heat tolerance in wheat. *Crop Sci*, 21 : 43-7.
- Boulal H., Zaghouane O., El mourid M.et Rezghi S., (2007)- Guide pratique de la conduite des céréales d'automne dans le Maghreb.ITGC/ICARDA :176p.

- Chantal Charonnat, Sylvie Deblay Educagri Editions, (2005). 97 pages Croissance et développement des plantes cultivées: dossier d'autoformation page 63
- Clarke, J. M., Romagosa, I., & DePauw, R. M. (1991). Screening durum wheat germplasm for dry growings conditions. Morphological and physiological criteria, *Crop Sci*, 3(1): 770-775.
- Collinson, S., Clawson, E., Azam-Ali, S., & Black, C. (1997). Effects of moisture deficits on the water relations of bambara groundnut (*Vigna subterranean* L. Verdc.). *J Exp Bo* ; 48 : 877-84.
- Cornic, G. (2008). Effet de la contrainte hydrique sur la photosynthèse foliaire: De l'utilisation expérimental des relations A/C_i et AC_c , article, 36 p.
- Dakheel, A. J., Naji, I., Mahalazkshmi, V., & Peacock, J. M. (1993). Morphological traits associated with adaptation of durum wheat to harsh Mediterranean environments. *Aspects of Applied Biology*, 34: 297-307.
- Dhanda, S., & Sethi, G. (2002). Tolerance to drought stress among selected Indian wheat cultivars. *J Agric Res (Camb)*, 139: 319-26.
- Durand, J. L. (2007). Les effets du déficit hydrique sur la plante : aspects physiologiques. *Fourrages*. 190, 181-195.
- 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. INRA. Paris.
- Feillet, , (2000). P17-18 308pages.

- Feldman M., ER. Sears. (1981). The wild gene resources of wheat. *Sci. Am.* 244 : 98–109p.
- Gaff, D. F. (1980). Protoplasmic tolerance of extreme water stress. In : Turner N. C., & Kramer P. J eds. *Adaptation of plants to water and high temperature stress*. Wiley, NY, 207-230.
- GRIGNAC P, (1965). Contribution à l'étude de *Triticum durum* Desf. These doc. es Sciences. Toulouse.
- Hamadache A., (2001) - Stades et variétés de blé. Ed. ITGC, 22 p.
- HAYDEN B., (1990). Nimrods, Piscators, Pluckers and Planters. The Emergence of Food Production. *J. Anthropol. Archaeol.*, 9(1), 31p.
- Hopkins, W. G. (2003). *Physiologie végétale*. 2ème édition. De Boeck, Bruscelles: 61-476.
- INRA. (2000). La résistance des plantes à la sécheresse. Centre de Montpellier.
- Jérémie Lecoer, (2007) Influence d'un déficit hydrique sur le fonctionnement d'un couvert végétal cultivé. Jérémie Lecoer, Montpellier SupAgro, lecoer@supagro.inra.fr Le 15.12. 2007.
- Jones H. G., (1992). *Plants and microclimate: a quantitative approach to environmental plant physiology*, Cambridge, Cambridge University Press, 2nd ed., 428p. in *L'agronomie aujourd'hui* 116p.
- Kara, Y., & Bellkhiri, C. (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 de la production. *Courrier du Savoir*, N°11, 119-126p.

- Laberche J-C . (2004). La nutrition de la plante In Biologie Végétale. Dunod. 2^e (éd). Paris: 154 -163 p.
- Laffray, D., & Louguet, P. (1991). L'appareil stomatique et la résistance à la sécheresse chez les végétaux ligneux. In Riedacker, A., Dreyer, E., Pafadnam, C. Joly, H., & Bory, G. (1993). Physiologie 96 des arbres et arbustes en zones arides et semi arides. Groupe d'Etude de l'Arbre Observation DU Sahara et du sahel. John Libbey Eurotext. 21-46p.
- Lery F. (1982). L'agriculture au Maghreb ou pour une agronomie méditerranéenne. Ed. Maisonneuve et Larose, Paris, 338 p.
- M. Ben Salem ,T. Hayek, et E. Zid. Mécanisme ou stratégie de résistance à la sécheresse :Cas du blé, de l'orge et du triticale.
- MADR. (2012). Annuaire statistiques du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. Série B.
- Martin Brink, Getachew Melese Belay PROTA, (2006) - 327 pages Céréales et légumes secs 209p
- M'BAREK BEN NACEUR - MOUNIR NAILY - MOHSEN SELMI (1999). 53-60p
- Megherbi, A., Mehdadi, Z., Toumi, F., Moueddene, K., & Bouadjra, S. E. B. (2012). Tolérance à la sécheresse du blé dur (*Triticum durum* Desf.) et identification des paramètres morphophysiologicals d'adaptation dans la région de Sidi Bel-Abbès (Algérie occidentale), *Acta Botanica Gallica*, 159 (1) : 137-143p.
- MOGENSEN, V. O., (1991). Growth rate of grains of barley in relation to drought. *Acta. Agric. Scand.* 41 : 345 – 353p.

- Monneveux Ph. (1992) : Croissance et développement du blé. Document interne INRA. 38 p.
- Mouellef A. (2010). Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (*T. durum* Desf.) au stress hydrique. Mémoire magister Université Constantine 82 p
- Moule.C (1980) : Les céréales. Ed. Maison rustique. Paris. 318p.
- Mouna EL FAKHRI, Said MAHBOUB, Mounsif BENCHEKROUN, Nasserelhaq NSARELLAH. Revue « Nature et Technologie ». n° (03/Juin 2010). Pages 06 à 12
- Nachit, M.M., Picard, E., Monneveux, P., Labhilili, M., Baum, M. et Rivoal, R. (1998). Présentation d'un programme international d'amélioration du blé dur pour le bassin méditerranéen. Cahiers Agric., 7 : 510-515p.
- Nathalie Munier-Jolain Editions Quae, (2005) - 281 pages. Agrophysiologie du pois protéagineux 153p.
- N'DIONGO, O., (1993). Irrigation de complément du blé: Effet de l'irrigation post-épiaison. Mémoire de fin d'études d'ingénieur de l'E.S.I.E.R. 47p.
- O. Osonubi, R. Oren, K.S. Werk et E.D. Schulze, (1988). Performance of two *Picea abies* (L) karst. Stands of different stages of decline. Xylem sap concentrations of magnesium, calcium, potassium and nitrogen. J. Oecologia. 77 (1988) 1-6
- Omari, S. et Tahri, M. (2021). La Maladie de La Tâche Auréolée du Blé dans La Région d'Adrar. Mémoire de Master : Université Ahmed Draïa Adrar. 56 P.
- Oukarroum, A. (2007). Vitalité des plantes d'orge (*Hordeum vulgare* L.) en conditions de stress hydrique et thermique analysée par la fluorescence chlorophyllienne. Thèse de doctorat. Université de Genève Suisse. 16p.

- Rezgui, M., Bizid, E., & Ben Mechlia, N. (2004). Etude de la sensibilité au déficit hydrique chez quatre variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) cultivées en conditions pluviales et irriguées en Tunisie. *Revue des Régions Arides*, 1, 258-265.
- RUEL T., (2006). Document sur la culture du blé.
- Sassi, K., Abid, G., Jemni, L., Dridi-Al Mohandes, B., & Boubaker, M. (2012). Étude comparative de six variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) vis-à-vis du stress hydrique. *Journal of Animal & Plant Sciences*. Vol.15, Issue 2:2157-2170.
- Shewry (2009). The evolutionary and genome relationships between cultivated bread and durum wheats and related wild diploid grasses, showing examples of spikes and grain. Modified from Snape and Pánková (2006), and reproduced by kind permission of Wiley-Blackwell.
- Soltner D., (2005). Les grandes productions végétales. 20ème.Ed. CCTA. 20-140p.
- Tardieu, F., & Simonneau, T. (1998). Variability among species of stomatal control under fluctuating soil water status and evaporative demand: Modeling isohydric and isohydric behaviors, *J. Exp. Bot*, 49: 419-432.
- Thierry Doré, Marianne Le Bail, Philippe Martin, Bertrand Ney, Jean Roger-Estrade Editions Quae, (2006) - 367 p.
- Toumi, M., Barris, S., & Aid, F. (2014). Effects of water and osmotic stress on the accumulation of proline and malondialdehyde (MDA) in two varieties of colza (*Brassica napus* L.). *Bulletin de l'Institut Scientifique : Section Sciences de la Vie*, 36, 17-24.
- Triboï, (1990). Triboï E. Modèle d'élaboration du poids du grain chez le blé tendre. *Agronomie* 1990 ; 10 : 191-200.

- Troughton,(1962) .in N. K. Fageria CRC Press, 27 mars 1992 - 288 pages Maximizing Crop Yields page 35
- Turner, N. C. (1986). Adaptation to water deficits: A changing perspective. Aust J Plant Physiol, 13: 175-190.
- Turner, N. C., Wright, G. C., & Siddique, K. H. M. (2001). Adaptation of grain legume to waterlimited environments. Adv Agron, 71: 193-231.
- Tyree, M. T., & Jarvis, P. G. (1982). Water in tissues and cells. In : Lange OL, Nobel PS, Osmond CB, Ziegler H, eds. Encyclopedia of plant physiology. New Series, Vol. 12B Physiological plant ecology II., Water relations and carbon assimilation. Springer-Verlag, Berlin : 36-77.
- Vasquez-Tello, A., Zuily-Fodil, Y., Pham Thi, A. T., & Vieira Da Silva, J. B. (1990). Electrolyte and Pi leakages and soluble sugar content as physiological tests for screening resistance to water stress in Phaseolus and Vigna species. J Exp Bot, 41 : 827-32.
- WADLEY G., MARTIN A., (1993). The origins of agriculture – a biological perspective and new hypothesis. Australian Biologist, 6, 96-105p.
- William G. Hopkins De Boeck Supérieur, (17 juin 2003) - 532 pages Physiologie végétale 453p.

أجريت هذه الدراسة بالمحطة التجريبية الزراعية بجامعة أحمد دريا أدرار 2021/2022 على اصناف الطرز التالية بالمبروك و الحمرا وفيترون

تشمل هذه الدراسة طور النمو تحت مستويات مختلفة من الاجهاد المائي بكثافة مختلفة عند السعة الحقلية (100%، 60%، 40%، 0%) مع عدة قياسات تم انجازها اثناء تطور النبات (طول ووزن وعدد الجذور، طول ووزن الأوراق)

تبين النتائج المتحصل عليها ان الإجهاد المائي يؤثر على أصناف بلمبروك بحيث تنتج أقل عدد من الجذور الأولية وطول الجذر الثانوي (1.2سم) والمواد الجافة للجذور (0.026 جم). يحتوي قمح فيترون القاسي على اقصر جذور أولية (8.88 سم) بينما الحمرا يعبر عن اكبر عدد من الجذور الأولية والثانوية (23.25، 0.033 جذر) و المادة الجافة تحت الأرض (0.33 جم)

الكلمات المفتاحية: القمح اللين، القمح الصلب، الاجهاد المائي، مقاومة.

Cette étude a été menée à la Station expérimentale agricole de l'Université Ahmed Darya Adrar durant la campagne 2021/2022 sur les géotypes du blé suivants : Belmabrouk, El Hamra et Vitron.

L'étude s'est effectuée à la phase de croissance du blé par un stress hydrique appliqué à différentes intensités à la capacité au champ (100%, 60%, 40%, 0%) sur trois géotypes du blé (Belmabrouk, El Hamra et Vitron). Le suivi de la culture permet de mesurer les paramètres morphologiques suivants : la longueur, le poids, le nombre de racines, la longueur et le poids des feuilles.

Les résultats obtenus montrent que le stress hydrique affecte le géotype Belmabrouk de sorte qu'ils produisent le moins de racines primaires et de longueur des racines secondaires (1,2 cm) et de matière sèche racinaire (0,026 g). Le blé dur Vitron contient les racines primaires les plus courtes (8,88 cm), tandis qu'Elhamra exprime le plus grand nombre des racines primaires et secondaires (23,25 ; 0,033 racines) et de la matière sèche souterraine (0,33 g).

Mots clés : blé tendre, blé dur, stress hydrique, résistance.

This study was conducted at the Agricultural Experimental Station at Ahmed Darya University Adrar 2021/2022 on the following cultivars of Belmabrouk, El Hamra and Vitron.

This study includes the growth phase under different levels of water stress with different intensity at field capacity (100%,60%,40%,0%) with several measurements that were made during plant development (length, weight, number of roots, length, weight and area of leaves).

The obtained results show that water stress affects Belmabrouk cultivars so that they produce the least number of primary roots and secondary root length (1.2 cm) and root dry matter (0.026 g). Vitron durum wheat contains the shortest primary roots (8.88 cm), while red expresses the largest number. Of the primary and secondary roots (23.25,0.033 roots) and the dry matter underground (0.33 g)

Key words: soft wheat, durum wheat, water stress, resistance.