

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE 8 MAI 1945 GUELMA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES DE LA TERRE ET
DE L'UNIVERS
DEPARTEMENT D'ECOLOGIE ET GENIE DE L'ENVIRONNEMENT



Mémoire de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences agronomique
Spécialité/Option : phytopharmacie et protection des végétaux

Thème : Etude comparative de l'effet de déficit hydrique su le blé dur (*Triticum durum* Desf.) et le blé tendre (*Triticum aestivum* L.).

Présentée par :

Amari Haroun

Brahmia Nesrine

Devant le jury composé de :

Président (e): Aissaoui. R M.C.B Université de Guelma

Examineur : BENBELKACEM. S M.A.A Université de Guelma

Encadreur : LAOUAR. H M.C.B Université de Guelma

Jun 2022

Remerciement

Nous tenons à remercier en premier lieu Dieu le tout puissant de nous avoir guidé toutes ces années et nous a permis de réaliser ce travail, en nous donnant la force, la santé et la volonté.

Avant de présenter ce travail, je tiens à remercier tout ceux qui, d'un manier ou d'un autre, ont contribué a sa réalisation.

*Nous profonds remerciements vont au président du jury Mme **BENBELKACEM S. (M.A.A)** Université de Guelma, qui nous a fait l'honneur de présider le jury.*

*Nous adressons tous nos remerciements à **Mr Aïssaoui R** d'avoir accepté d'examiner et de juger ce travail.*

*Nous exprimons notre gratitude pour **Mme LAOUAR H. (M.C.B)** Université de Guelma, pour avoir accepté de bon gré d'assurer notre encadrement, ainsi que pour ses efforts fournis, pour ses conseils judicieux prodigués et pour sa patience et sa persévérance, malgré ses charges intenses.*

En fin, je remercie tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Merci

Dédicaces

*Dédicace, aux circonstances difficiles qui étaient contre moi, aux nuits noires, aux larmes, aux déceptions, aux rêves perdus, aux rires volés, à la vie, voilà, je suis là, je me suis arrivé à la fin de ce voyage malgré tout ce qui est passé, **Alhamdollah**.*

*Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense joie, je Dédé mon travail à mes très chers respectueux et magnifique parents **Azeddine** et **Nadjwa** qui m'ont soutenus toute ou long de ma vie, Surtout ma mère, la femme forte et sacrificielle qui a passé sa vie pour être ici. Sans toi, je ne suis rien.*

*A mes frères : **Mohamed Ali** et **Youcef***

*A mes adorables sœurs : **Fatima**, **Chaïma** et **kater El Nada***

*A mes très chère amies : **bouthaina** et **Roumaïssa**, merci beaucoup vous qui avez toujours été là pour me soutenir et m'encourager.*

A tous mes proches, même si je ne puis vous citer un à un, je ne vous oublie pas

*A mes amis d'études et surtout mon binôme **Haroun***

Nesrine

Liste des figures

Figure N°01 : Blé tendre et blé dur

Figure N°02 : Les utilisations industrielles du blé

Figure N°03 : Coupe longitudinale d'un grain de blé

Figure N°04 : La composition du grain du blé

Figure N°05 : stades De développement de blé dur

Figure N°06: Fusarioses des blés

Figure N°07 : Le charbon du blé

Figure N°08 : La carie du blé

Figure N°9 : Les rouilles des blés

Figure N°10 : Effet de stress hydrique sur le blé

Figure N°11 : Graine de variété de blé tendre utilisée dans l'étude (Mawna) (photo personnelle)

Figure N°12 : Graine de la variété de blé dur utilisée dans l'étude (Vitron) (photo personnelle)

Figure N°13 : Test de germination

Figure N°14: Préparation des pots

Figure N°15: Dispositif expérimental

Figure N°16 : Dispositif expérimental

Figure N°17 : Etapes de mesure la teneur en eau

Figure N°18 : Balance

Figure N°19 : Dosage des **Pigments** Chlorophylle

Figure N°20: spectrophotomètre

Figure N°21 : Longueur des racines de la variété de blé dur (Vitron) et de blé tendre (Mawna).

Figure N°22 : Longueur des tiges de la variété de blé dur (Vitron) et de blé tendre (Mawna).

Figure N°23 : Poids frais des racines de la variété de blé dur (Vitron) et de la variété de blé tendre (Mawna).

Figure N°24: Poids frais des tiges de la variété de blé dur (Vitron) et de blé tendre (Mawna)

Figure N°25 : Poids sec des racines de la variété de blé dur (Vitron) et de blé tendre (Mawna).

Figure N°26: Poids sec des tiges des deux variétés (Vitron) et (Mawna).

Figure N°27: Surface foliaire des deux variétés exprimée en cm

Figure N°28: Teneur relative en eau des variétés Vitron et Mawna

Figure N°29 : Teneur en chlorophylle a (Chl a) de la variété de Blé dur (Vitron) et blé tendre (Mawna).

Figure N° 30 : Teneur en chlorophylle b (Chl b) de la variété de blé dur (Vitron) et blé tendre (Mawna).

Figure N° 31 : Teneur en chlorophylle a+b (Chla+b) de variétés de Blé dur (Vitron) et blé tendre (Mawna).

Figure N° 32 : Taux de turgescence cellulaire de blé dur (Vitron) et blé tendre(Mawna).

Liste des abréviations

Chl a: Chlorophylle a

Chl b: chlorophyll b

Chl a+b: chlorophyll a+b

CR: capacités de rétention

ED: Eau distillé.

M: mawna

MS : Murashige et Skoog

PEG : polyéthylène glycol

Pf : poids frais

PS : poids sec

PT : Poids de la pleine turgescence

SF : La surface foliaire

T1 : Traitement par 75% de solution nutritive

T2 : Traitement par 50% de solution nutritive

T0 : Témoin arrosé par 100% de solution nutritive

T3 : par 25% de solution nutritive

T : Température

TRE : La teneur relative en eau

TDE : Taux de déperdition d'eau

V : Virton

LT : longueur de la tige

LR : longueur de la racine

Pi : poids initial de la feuille

P2h : poids de la feuille (trempée dans l'eau distillée 2h

ETP: evapotranspiration potentielle

Cm: centimeter

FAO: food and agriculture organization

SAU : surface agricole utile

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

المخلص

Résumé

Abstract

Introduction.....1

Chapitre 1: revue bibliographique

1-Généralités sur Les céréales.....3

2-Importance de la céréaliculture en Algérie3

3-Généralité sur le blé.....4

4-Les utilisations industrielles du blé.....5

5-Blé dur.....6

5-1- Origine génétique et géographie de blé dur.....6

5-2-Classification taxonomique du blé dur7

.5-3-Structure du grain de blé.....8

5-4-Composition du grain de blé9

5-5-Biologie et cycle de développement de blé dur.....9

5-5-1- Période végétative.....10

5-5-2-Période reproductrice.....10

5-5-3-Période remplissage et maturité du grain.....11

6- maladie du blé dur	12
6-1- Les fusarioses.....	12
6-2- Le charbon du blé.....	13
6-3- La carie du blé.....	14
6-4- Les rouilles	15
7- Blé tendre.....	16
7-1- Classification botanique.....	16
7-2- Origine génétique et géographique de.....	17
7-3-1- Le grain.....	17
7-3-2- La plantule	17
7-3-3- La plante adulte présente.....	18
8- Les exigences de blé tendre.....	18
8 -1- Exigences climatiques.	18
8 -1-1- Température	19
8-1-2- La Lumière.....	19
8 -1-3- L'eau.....	19
8-2- Exigences agrologiques.	20
8-2-1- Nature du sol.....	20
8 -2-2- Besoins en éléments fertilisants.....	20
9- Importance de l'eau dans la vie des plants.....	20
10- Définition de stress hydrique	21

10-1-Effet de stress hydrique.....	22
10-1-1-Effet du stress hydrique sur la photosynthèse.....	22
10-1-2-Effet du stress hydrique sur la croissance et le développement des plants.....	22
10-1-3-Effet du stress hydrique sur la germination.....	23
11-Mécanisme d'adaptation des plantes au stress hydrique	23
11-1-Adaptation phréologique.....	24
11-2-Adaptations morphologiques.....	25
11-3-Adaptation physiologique	25
11-3-1-La régulation stomatique.....	25
11-3-2-La teneur relative en eau de la feuille	26
11-3-3-Le maintien de l'intégrité membranaire.....	26
11-3-4-La température de la canopée.....	26
11-4-Adaptation biochimique.....	27
11-4-1-La teneur en chlorophylle.....	27
11-4-2-Ajustement osmotique.....	27
11-4-3-Accumulation de la proline.....	28
11-4-4-L'accumulation de sucres solubles.....	28

Chapitre 2 : Matériel et méthodes

1- Objectif de l'étude.....	29
2-Matériel Végétal.....	29
3- Mise en place d'essais	31

4.-Plan expérimental.....	31
4-1-Germination des graines et mis en culture.....	31
4-2-Etude de stress hydrique sous serre	32
4-2-1-Détermination et application de niveaux de stress.....	32
4-2-1-1-Préparation des pots.....	32
4-2-1-2-Application de stress.....	33
5-Paramètre étudiés	36
5-1-Paramètres morphologiques.....	36
5-1-1-Partie aérienne et souterraine (racine principale).....	36
5-1-2-La surface foliaire SF « cm ² ».....	36
5-2-Paramètres physiologiques.....	37
5-2-1-La teneur relative en eau (TRE %)(RWC).....	37
5-2-2-Taux de déperdition d'eau (TDE « g.10 ⁻³ - /cm ² /mn ») (RWL).....	38
5-2-3-Dosage des Pigments Chlorophylliens.....	38

Chapitre 3: résultat et discussion

1-La longueur des racines	40
2-La longueur des tiges	42
3-Poids frais des racines.....	43
4-Poids frais des tiges	46
5-Poids sec de la racine.....	48
6-Poids sec de la tige	50

7-Surface foliaire	52
8- La Teneur Relative en Eau (RWC)	54
9-Teneur en chlorophylle a (Chl a), Chlorophylle b (Chl b) et la chlorophylle a+b	56
10-Taux de turgescence cellulaire	62
Conclusion.....	65
Références bibliographiques.....	

Résumé

Un essai a été réalisé au niveau de la serre de de la faculté des sciences de la nature et de vie et sciences de la terre et de l'univers à l'Université de 8mai 45 à Guelma durant l'année 2022 dont l'objectif principal est d'étudier l'effet de quatre niveaux de stress hydrique (100,75, 50, et 25% de la capacité au champ) sur deux variétés, l'une de blé dur (*Triticum durum* Desf.) Variété Vitron et l'autre de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) variété Mawna. Plusieurs paramètres morphologiques et physiologiques ont été étudiés (surface foliaire, longueur de la racine principale, longueur des tiges, poids frais des racines, poids frais des tiges, poids sec des tiges et poids sec des racines, La teneur relative en eau des feuilles, la turgescence cellulaire et la teneur en chlorophylle a, chlorophylle b et chlorophylle a+b). Les résultats validés par des études statistiques ont montré que pour l'ensemble des paramètres étudiés les différences ont été non significatives entre les traitements et entre les deux variétés sauf pour le paramètre teneur en chlorophylle qui a montré des différences significatives chez la variété Vitron.

Mots clés : Vitron, Mawna, stress hydrique, serre, adaptation.

ملخص

تم إجراء تجربة على مستوى البيت البلاستيكي بكلية العلوم الطبيعية وعلوم الحياة وعلوم الأرض والكون بجامعة 8 ماي 45 بقالة خلال عام 2022، والهدف الرئيسي منها هو دراسة تأثير أربعة مستويات من الإجهاد المائي (100 ، 75 ، 50 ، و 25 ٪ من السعة الحقلية) على نوعين من القمح أحدهما من القمح الصلب من نوع فيترون، والأخرى من القمح العيين من نوع ماونة. تمت دراسة العديد من المعلمات المورفولوجية والفسولوجية (مساحة الورقة، طول الجذر الرئيسي، طول الساق، الوزن الطازج للجذور، الوزن الطازج للسيقان، الوزن الجاف للسيقان والوزن الجاف للجذور، المحتوى المائي النسبي للأوراق، تورم الخلايا ومحتوى الكلوروفيل أ، الكلوروفيل ب والكلوروفيل أ+ب). أظهرت النتائج التي تم التحقق من صحتها من خلال الدراسات الإحصائية أنه بالنسبة لجميع المعلمات التي تمت دراستها، لم تكن الاختلافات كبيرة بين مستويات الإجهاد وبين النوعين باستثناء معلمة محتوى الكلوروفيل التي أظهرت اختلافات كبيرة في صنف فيترون.

الكلمات المفتاحية فيترون، ماونة، الإجهاد المائي، البيت البلاستيكي، التحمل.

Summary

A trial was carried out at the greenhouse of the Faculty of Nature and Life Sciences and Earth and Universe Sciences at the University of 8May 45 in Guelma during 2022 whose main objective is to study the effect of four levels of water stress (100, 75, 50, and 25% of the field capacity) on two varieties, one of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) variety Vitron and the other of common wheat (*Triticum aestivum* L.) variety Mawna. Several morphological and physiological parameters were studied (leaf area, main root length, stem length, fresh root weight, fresh stem weight, dry stem weight and dry root weight, relative leaf water content, cell turgor, chlorophyll a, chlorophyll b, and chlorophyll a+b). The results validated by statistical studies showed that for all the parameters studied the differences were not significant between the treatments and between the two varieties except for the chlorophyll content parameter which showed significant differences in the Vitron variety.

Introduction

Introduction

Les céréales occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans le système agricole. Les céréales sont considérées comme une principale source de la nutrition humaine et animale (Slama et *al.*, 2005), selon FAO, (2007) leur production arrive jusqu'à 2001.5 Mt. Parmi ces céréales, Le blé occupe la première place pour la production mondiale.

Le blé est cultivé principalement dans les pays du bassin Méditerranéen à climat arides et semi-arides là où l'agriculture est dans la plus mauvaise passe. Elle se caractérise par l'augmentation de la température couplée à la baisse des précipitations, en plus la désertification et la sécheresse tuent les sols agricoles (Abeledo et *al.*, 2008).

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 (Bouzerzour et *al.*, 2000). Les grains de blé dur servent à la fabrication de semoule matière première de la fabrication des pains, pâtes alimentaires, des galettes et de couscous... (Kellou, 2008).

Le blé tendre (*Triticum aestivum* L) est utilisé pour la panification, la pâtisserie, la biscuiterie. La culture du blé connaît des variations importantes en Algérie que dans le monde entier, ces variations sont généralement causées par des stress abiotiques, entre autres la sécheresse qui provoque une instabilité dans la production suite aux fluctuations touchant ces céréales (Boufenar et Yalloui, 2006).

Le stress hydrique est un accident relativement fréquent dans les sols à faible réserve Hydrique, en culture pluviale ou insuffisamment irriguée. Il affecte plusieurs variables dans la physiologie de la plante, telles que la régulation de la température foliaire (Patel et *al.*, 2001 ; Luquet et *al.*, 2004), la conductance stomatique et la surface foliaire (Lowlor et Cornic, 2002), ainsi que la photosynthèse (Yuan et *al.*, 2004) avec pour conséquence une limitation biochimique des chloroplastes qui servent à fixer le dioxyde de carbone (Tartieu et Simoneau, 1998). Les processus physiologiques qui affectent la croissance des feuilles sous contrainte de la sécheresse,

Introduction

telles que les propriétés mécaniques de la paroi cellulaire (Cosgrove, 2005 ; Muller et *al.*, 2007) ou des propriétés hydrauliques de cellules en croissance (Tang et Boyer, 2002 ; Bouchabké et *al.*, 2006) ont été largement étudiés. Le stress hydrique entraîne une modification de l'expression de nombreux gènes (Gaufichon et *al.*, 2010). Cependant, les plantes ont développé des nombreuses stratégies qui leur ont permis de faire face aux stress dus à la sécheresse.

L'objectif de ce travail consiste à une analyse du comportement de deux variétés de blé dur et tendre soumises à un stress hydrique, en effectuant une étude comparative de quelques mécanismes de tolérance. Pour cela ont utilisé l'analyse de quelques paramètres morpho-physiologiques que déclenchent ce stress.

Notre mémoire est présenté en trois chapitres :

-Le chapitre 1, est une synthèse bibliographique sur le blé dur et tendre, le stress hydrique, les mécanismes phénologiques, morphologiques, physiologiques et biochimiques de la tolérance des plantes au stress hydrique.

-Le chapitre 2, porté sur « matériel et méthodes » qui décrit d'une manière détaillée la description du matériel végétal, les différents caractères mesurés et les méthodes d'analyse utilisées dans ce travail.

-Le chapitre 3, est réservé aux résultats et discussions et leur interprétation. Le mémoire se termine, par une conclusion, suivie de la liste de références bibliographiques

Chapitre 1 : Revue Bibliographique

1- Généralités sur les céréales :

Les grains des céréales ont été parmi les premiers à être cultivés et récoltés. Les anciennes civilisations prospérèrent en partie grâce à leur aptitude à produire, engranger et distribuer ces grains principalement le blé, le riz et l'orge (Choueiri, 2003).

En Algérie, tout comme en Afrique du Nord, ces cultures représentent la principale spéculation et draine plusieurs activités de transformation ; en semoulerie, en boulangerie et en industrie alimentaire. Elles constituent également la base de l'alimentation et occupent une place privilégiée dans les habitudes alimentaires des populations aussi bien dans les milieux ruraux qu'urbains (Aidani, 2015).

2-Importance de la céréaliculture en Algérie

Les céréales jouent un rôle dans l'agriculture nationale puisqu'elle occupe plus de 90% des terres cultivées. En Algérie du fait des habitudes alimentaires, les céréales d'hivers constituent la base de l'alimentation quotidienne ainsi que l'alimentation du cheptel.

La consommation augmente rapidement, principalement du fait de la croissance du nombre de consommateurs qui a doublé en vingt ans. La productivité nationale est assez faible puisqu'elle ne tourne qu'autour de 08 à 10 qx/ha et ceci se répercute sur l'écart qui s'est creusé entre l'offre et la demande qui est énorme (Selmi, 2000).

Les superficies réservées aux céréales sont de l'ordre de 06 millions d'hectares. Chaque année 03 à 3.5 millions d'hectares sont emblavés. Le reste étant laissé en jachère c'est-à-dire non cultivé. La majeure partie de ces emblavures se fait dans les régions de Sidi Bel Abbés, Tiaret, Sétif et El Eulma. Ces grandes régions céréalières sont situées dans leur majorité sur les hauts plateaux. Ceux-ci sont caractérisés par des hivers froids, un régime pluviométrique irrégulier, et des gelées printanières, des vents chauds et desséchants (Belaid, 1996 ; Djekoun et *al.*, 2002).

3-Généralité sur le blé

Trois céréales blé, riz et maïs constituent la base alimentaire des populations du globe. Durant le développement de la civilisation Indo-Européenne, le blé est devenu la principale céréale des Peuples occidentaux sous climat tempéré (Henry et De Buyser, 2001).

Le blé est principales ressources alimentaires de l'humanité. La saga du blé accompagne celle de l'homme et de l'agriculture l'une des ; sa culture précède l'histoire et caractérise l'agriculture néolithique, née en Europe il y a 8000 ans. La plus ancienne culture semble être le blé dur dans le croissant fertile de la Mésopotamie (Feillet, 2000).

Dans le croissant fertile puis s'est dispersé à partir de la Grèce en Europe (Doussinault et *al.*, 1992). C'est à partir de cette zone que les blés ont été diffusés vers l'Afrique, l'Asie et L'Europe. La route la plus ancienne de diffusion des céréales vers les pays u Maghreb fut à partir de la péninsule Italienne et de la Sicile (Bonjean, 2001 cité in Boulal et *al.*, 2007).

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. L'agriculteur qui ne cultivait que le « guemah » (blé dur) se mit à la « farnia » (Lery, 1982).

Les deux espèces des céréales les plus cultivées sont : le blé dur (*Triticum durum* Desf) : AABB (2 n = 4 x = 28) Tétraploïde et le blé tendre (*Triticum aestivum* L) : AABB DD (2 n = 6 x = 42) Hexaploïdie (Figure 1).

Blé tendre vs blé dur



Figure N°01 : Blé tendre et blé dur Source

4-Les utilisations industrielles du blé :

.Le blé tendre est utilisé pour la panification, la pâtisserie, la biscuiterie, il est panifiable.

.Le blé dur est utilisé pour les aliments, les semoules, le couscous, il est pastifiable (figure 2).

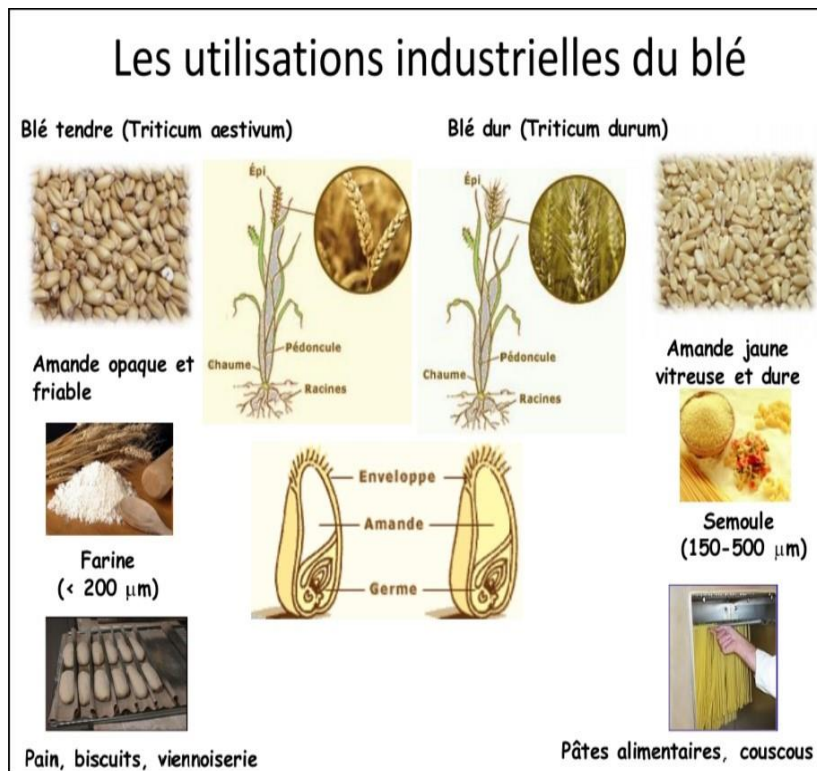


Figure N°02 : Les utilisations industrielles du blé

5-Blé dur :

Le blé est l'une des premières espèces cultivées par l'homme. Depuis plus de 7000 à 10000 ans, le blé occupe le croissant fertile ; zone couvrant la Palestine, la Syrie, l'Irak et une grande partie de l'Iran (Croston et Williams, 1981). Des vestiges de blés, diploïdes et tétraploïdes, remontant au VII^{ème} millénaire avant J.C ont été découverts sur des sites archéologiques au Proche Orient (Harlan, 1975).

5-1- Origine génétique et géographie de blé dur :

Le blé dur (*Triticum.turgidum* ssp espèce.*durum* Desf.) est une espèce allo tétraploïde ($2n = 28$)

(AABB) qui a pour origine d'hybridation suivie par un doublement chromosomique entre *Triticum* Urartu (génome AA) et une voisine d'aegilops sépaloïdes (génome BB). La plupart des recherches archéologiques ont confirmé que les origines du blé se situent dans le croissant fertile

(Boulal et *al.*, 2007) plus précisément au sud de l'Anatolie et au nord de la Syrie La culture du blé a été diffusée par la suite vers l'Afrique, l'Asie et l'Europe à partir de cette région (Amrouche et Mesbah, 2017).

La filiation génétique des blés est complexe et incomplètement élucidée. L'origine génétique du blé provient du croisement entre *Triticum monococcum* (porteur du génome A) et d'une graminée sauvage nommée *Aegilops speltoides* (porteuse du génome B). Un dédoublement chromosomique a permis l'apparition d'un blé dur tétraploïde possédant un génome AABB avec un nombre total de chromosomes de $2n = 28$ (Levy et Feldman, 2002 ; Huang et *al.*, 2002).

Le Moyen Orient serait le centre géographique d'origine. À partir duquel, l'espèce s'est différenciée dans trois centres : la méditerranée, le sud de l'U.R.S.S. et le proche et moyen orient.

5-2-Classification taxonomique du blé dur :

Embranchement : Spermaphytes

Sous embranchement : Angiospermes

Class : Monocotylédone

Ordre : Poales

Famille : Poaceae

Sous famille : Festucoideae

Genre : Triticum

Espèce : *Triticum durum* Desf

Formule florale : $0S, 0P, 3E, 1 C$ (Feillet, 2000).

5-3-Structure du grain de blé :

Le grain de blé est un grain nu, dont la couleur varie du jaune pâle à l'ocre roux selon la variété du blé, il est formé de deux faces, une est plane et l'autre est bombée. La face plane est parcourue par un sillon médian et profond où se trouve le faisceau nourricier du grain. La face

bombée a à sa partie inférieure une zone renflée où se trouve le germe. Le grain de blé se compose de trois parties (**Figure 3**) :

- 1- L'écorce ;
- 2- L'amande ;
- 3- Le germe :

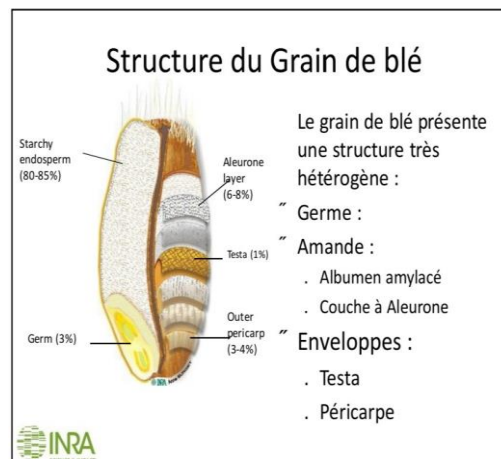


Figure N°03 : Coupe longitudinale d'un grain de blé

5-4-Composition du grain de blé :

Les grains de céréales sont des organes végétaux particulièrement déshydratés, leur teneur en eau est environ de 14 %. Le cotylédon du blé représente 82 % à 85 % du grain, il accumule toutes les substances nutritives nécessaires : glucides, protéines, lipides, substances minérales et vitamines (Cretois, 1985). Pendant la maturité de la graine les substances de réserves sont accumulées soit dans le cotylédon, soit dans le péricarpe. Ces substances sont principalement des métabolites qui assurent la nutrition de la plantule lors de la germination (**Figure 4**).

Composition du grain de blé

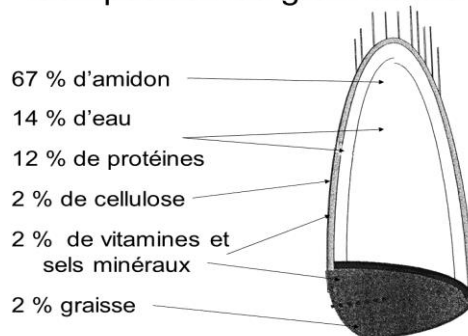


Figure N°04 : Composition du grain du blé [1]

5-5-Biologie et cycle de développement de blé dur :

De graine à graine, le cycle biologique du blé se divise en trois périodes successives, chacune comporte des phases et des stades. La réalisation des différents stades est sous le contrôle de la somme des températures journalières (degré-jour) subie par la plante. La somme des températures, base zéro pour le blé, se calcule ainsi : Somme degré-jour = $(T^{\circ}\text{C min} + T^{\circ}\text{C max}) / 2$ Il ne faut prendre en considération que les valeurs positives (Hamadache, 2013). Le cycle de développement d'un grain de blé comprend 3 périodes végétatives sont :

5-5-1- Période végétative << Phase germination-levée >> :

Cette phase correspond à la mise en place du nombre de pieds/m². Le sol est percé par la coléoptile qui est un étui protecteur de la première feuille (Hamadache, 2013).

La levée est notée quand 50% des plantes sont sorties de la terre. Pendant cette phase, les jeunes plantes sont sensibles au manque d'eau qui provoque une perte des plantes et au froid qui provoque le déchaussage (Karou et *al.*, 1998).

Le tallage s'amorce à partir de la quatrième feuille. 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 (Hamadache, 2013). Le fin tallage est celle de la fin de la période végétative, elle marque le début de la phase reproductive, conditionnée par la photopériode et la vernalisation qui autorisent l'élongation des entre-nœuds (Gate, 1995). Cependant, Long Necker et al., (1993) suggèrent que le tallage ne s'arrête pas à n'importe quel stade de développement du blé, mais il est plutôt contrôlé par un certain nombre de facteurs génétiques et environnementaux. Le nombre de talles productives dépend du génotype, de l'environnement et est fortement influencée par la densité de peuplement (Acevedo et al., 2002).

5-5-2-Période reproductrice. << Montaison-floraison>> :

La montaison débute lorsque les entre nœuds de la tige principale se détachent du plateau du tallage (Belaid, 1987). Selon Baldy (1984) la montaison constitue la phase la plus critique du développement du blé. Tout stress hydrique ou thermique au cours de cette phase réduit le nombre d'épis montants par unité de surface ; A l'épiaison, l'épi sort de la dernière feuille. Les épis dégainés fleurissent généralement après quelques jours (moins de 7 jours) après l'épiaison. Les températures élevées et la sécheresse au cours de l'épiaison et de la floraison peuvent réduire la viabilité du pollen et ainsi réduire le nombre de grain (Herbek et Lee, 2009).

4-5-3-Période remplissage et maturité du grain « Floraison-maturité>> :

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

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

-Par la photosynthèse des parties de la plante encore vertes (feuilles, épis, barbes) (Hamadache, 2013).

Le rendement en grains, sous système de culture pluviale et sous environnement contraignant, est la résultante de la durée, de la vitesse de remplissage et de la capacité de translocation des

assimilés stockés dans la tige (Abbassenne et *al.*, 1997). Les fortes températures au cours de cette période provoquent l'arrêt de la migration des réserves des feuilles et de la tige vers le grain (échaudage du grain). Puis suit le dessèchement du grain, pour atteindre son poids sec final (Wardlow, 2002).

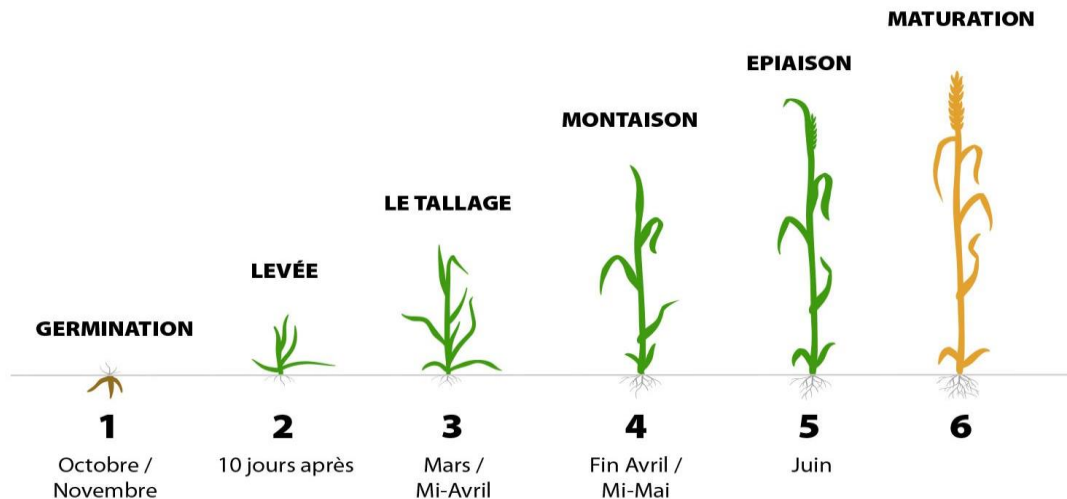


Figure N°05 : stades de développement de blé dur [2]

6- maladie du blé dur :

6-1-Les fusarioses :

La fusariose de l'épi est une maladie fongique qui peut survenir chez toutes les céréales cultivées qui attaquent tous les organes des plantes (Bailey et *al.*, 2004 in Bérubé, 2010).

Les champignons responsables de cette maladie appartiennent à deux genres ; *Fusarium* et *Microdochium* (Arseniuk et *al.*, in Siou, 2013). Ces derniers renferment : *Fusarium graminearum*, *F. culmorum*, *F. avenaceum* et *Microdochium nivale*.



Figure N°06 : fusarioses des blés [3]

6-2- Le charbon du blé :

Le charbon nu : *Ustilago tritici*

Le charbon nu se développe aussi bien sur blé tendre que sur blé dur. Des attaques sporadiques du blé par ce champignon sont observées de temps en temps (Ezzahiri, 2001).

Ce champignon est un basidiomycète, qui se développe à l'intérieur de la graine infectée (embryon).



Figure N°07 : Le charbon du blé [4]

6-3- La carie du blé :

- La Carie commune : *Tilletia caries* (Syn. *Tilletiatritici*).

Selon Ezzahiri (2001), la carie se retrouve dans les zones de production extensive.

Wilcoxson et Saari (1996), mentionnent que cette maladie peut infecter plus de 70% de la récolte si les blés ne sont pas protégés ou sont cultivés dans des conditions climatiques favorables pour la maladie où le niveau d'inoculum est élevé.



Figure N°08 : La carie du blé [5]

6-4- Les rouilles :

Selon Ezzahiri (2001), trois espèces de rouilles s'attaquent aussi bien au blé tendre

Qu'au blé dur au blé ; la rouille brune, la rouille noire et la rouille jaune.

Les rouilles sont parmi les maladies les plus dévastatrices du blé. Elles peuvent occasionner des grandes pertes de rendement pouvant aller jusqu'à 25% (Daguenet, 1990 ; Sayoud et *al.*, 1999).

-La rouille jaune : *Puccinia striiformis* Westendorp f. sp. *Tritici*

-La rouille brune : *Puccinia recondita* f. sp. *Tritici*

La rouille brune a un large spectre de distribution à travers le monde. Elle présente dans toutes les régions où le blé est cultivé en Algérie (Benbelkacem, 1991, Boubekour et *al.*, 1996).

Revue bibliographiques

-La rouille noire : *Puccinia graminis*.sp. *Tritici*.

La maladie peut avoir de graves conséquences comme la diminution du poids spécifique, et la qualité du grain (Prescott et *al.*, 1987).



Rouille brune

Rouille noire

Rouille jaune

Figure N°9 : Les rouilles des blés [6].

7-Blé tendre :

Le blé tendre appartient au genre *Triticum* espèce *aestivum* L (syn. *Triticum vulgare*, Villars.).

Le genre *Triticum* comporte de nombreuses autres espèces, chacune d'elles étant composée d'un grand nombre de variétés botaniques (Mouille, 1971).

7-1-Classification botanique :

Le blé tendre est une plante annuelle monocotylédone qui appartient à la famille des graminées, dont la Classification botanique suivante : (feillet,2000).

Règne : plantae (règne végétale)

Division : Magnoliophyta (angiospermes)

Classe : Liliopsida (monocotylédone)

Ordre : Poales

Famille : Poaceae (ex graminée)

S /famille : Triticeae (triticée)

Tribu : Triticeae

S /Tribu : Triticinae

Genre : Triticum

Espèce : Triticum aestivum L.

6-2- Origine génétique et géographique du blé tendre :

L'origine géographique du blé tendre demeure très discutée. Selon VAVILOV les trois groupes d'espèces du genre Triticum auraient 3 centres d'origine distincts :

- le foyer syrien et nord palestinien serait le centre d'origine du groupe diploïde (engrain).

Également serait le centre de diversification du groupe des *Ægilops* et *Secale* à $2n = 14$.

- le foyer abyssin serait le centre de diversification des blés tétraploïdes.

- le foyer afghano-indien serait le centre des blés hexaploïdes.

Un quatrième centre, plus hypothétique, le Caucase où l'on rencontre des blés à $2n = 28$ et 42 , serait un centre d'immigration secondaire.

Cette théorie est néanmoins très controversée, étant en désaccord avec les conclusions des cytogénéticiens (Moule, 1971).

7-3-CARACTÈRES GÉNÉRAUX DE LA PLANTE :

Revue bibliographiques

Nous ne mentionnerons ici que les traits caractéristiques de la plante.

7-3-1- Le grain :

Est un caryopse nu, blanchâtre ou plus ou moins roux, de forme ovoïde, pesant de 40 à 50 mg. Sa radicule est plus ou moins externe (caractère variétal) ; l'extrémité distale est velue (brosse).

7-3-2-La plantule :

Possède au stade 4 feuilles :

-un système de 5 racines séminales, parfois complété par une racine d'épi blaste, un rhizome formé d'un seul entre-nœud (épi cotyle)

- un plateau de tallage où se sont déjà différenciées, à la base des 3 premières feuilles, des bourgeons de talle.

- une coléoptile en voie de dépérissement, ayant parfois à son aisselle, une talle en voie de croissance.

- 4 feuilles visibles.

7-3-3-La plante adulte :

Présente :

-un système racinaire fasciculé, peu développé (55 % du poids des racines entre 0 et 25 cm de profondeur.

- des chaumes d'abord remplis d'un parenchyme médullaire, devenant plus ou moins creux en vieillissant, porteur de 7 à 8 feuilles.

-des feuilles dont les limbes portent à leur jonction avec la gaine, des oreillettes velues et une ligule.

-un épi blanc, parfois roux, dont le rachis porte alternativement à droite et à gauche un épillet, 12 à 15 en général (grande culture) ou plus 18-22 (pépinière). Chaque épillet, parfois aristé, comporte 2 à 3 fleurs fertiles, autogames la fécondation a lieu avant l'apparition des anthères à l'extérieur.

A ces trois stades de la vie de la plante de nombreux « petits caractères » (forme du bec de glume, de glumelle, pilosités, port au tallage, etc.) permettent de distinguer les variétés (Mouille, 1971).

8 - Les exigences de blé tendre :

8 -1- EXIGENCES CLIMATIQUES :

8 -1-1- Température :

En semis normal, la température est le facteur principal d'action sur la croissance.

Le zéro de germination du blé est, selon GESLIN, de 0 OC, la température optimale de germination se situant vers 20-22 OC, et la somme des températures semis-levée est de l'ordre de 121 OC.

JONARD a, par ailleurs, montré que pour des semis normaux de blé d'hiver la matière sèche formée durant les phases A-B et B-C2 est en corrélation positive avec la somme des températures reçue.

Il n'en est par contre pas de même des phases ultérieures, l'évapotranspiration potentielle (ETP) demeurant le facteur limitant prépondérant (Mouille, 1971).

8 -1-2- La Lumière :

GESLIN a montré que, si l'on considère des semis normaux (octobre-février) d'une même variété de blé d'hiver, le facteur eau demeurant à l'optimum, une même quantité de matière sèche formée correspond sensiblement à la même valeur du produit P de la somme des températures par la durée moyenne du jour, valeur désignée constante héliothermique.

Revue bibliographiques

Plus précisément, selon le même auteur, la croissance serait fonction linéaire d'un facteur élémentaire d'action K égal au produit de la température moyenne par la racine carrée de la radiation globale. Ce facteur K correspond donc au travail effectué dans la photosynthèse dont les phénomènes de croissance sont la conséquence (Mouille, 1971).

8 -1-3-L'Eau :

La germination, l'eau peut constituer un facteur limitant important de la croissance du blé. Pour germer, le grain de blé doit absorber une certaine quantité d'eau. Bien que sa capacité d'absorption puisse atteindre 40 à 60 % de son propre poids, la germination commence lorsqu'il en absorbe 25 %. Par la suite, à partir de la phase reproductrice, l'eau peut encore constituer un facteur limite (Mouille, 1971).

8 -2-EXIGENCES AGROLOGIQUES :

8 -2-1-Nature du sol :

Les meilleures terres à blé sont les terres de limon argilo-calcaires et argilo siliceuses en raison de leur structure généralement bonne, de leur profondeur, de leur bon pouvoir absorbant, de leur réaction voisine de la neutralité.

Les terres très riches en humus (tels les tchernozem ukrainiens), noires, bien aérées, nitrifiant régulièrement, sont les meilleures terres à blé du monde (Mouille, 1971).

8 -2-2-Besoins en éléments fertilisants :

Bien que les chiffres varient selon les auteurs, en raison de l'influence des conditions de milieu (de l'alimentation en eau en particulier) sur la composition des grains et des pailles, on peut estimer les besoins par quintal de récolte fraîche totale (grain + paille) à : (Mouille, 1971).

2,1 à 2,7 kg d'azote

2,2 à 4,8 kg de K₂O

1,0 à 1,6 kg de P₂O₅

0,5 à 1,0 kg de CaO (Moulle, 1971).

9 -Importance de l'eau dans la vie des plantes :

L'eau est un facteur important pour la plante, non seulement comme constituant des cellules et des tissus mais, elle assure :

- Dissolution des éléments minéraux du sol.
- La croissance et développement des plants.
- La photosynthèse (donneur d'électron).
- La turgescence cellulaire qui donne la rigidité aux tissus végétaux.
- Le maintien de la structure biochimique de la cellule et ses constituants.
- Le transport des éléments minéraux et des substances organiques.
- La régulation thermique pour dissiper la chaleur absorbée sous forme de radiations solaires (Chafai, 2012).

10-Définition de stress hydrique :

Le stress hydrique peut se définir comme le rapport entre la quantité d'eau nécessaire à la croissance de la plante et la quantité d'eau disponible dans son environnement, sachant que la réserve d'eau utile pour la plante est la quantité d'eau du sol accessible par son système racinaire. La demande en eau de la plante est quant à elle déterminée par le niveau de transpiration ou évapotranspiration, ce qui inclut les pertes d'eau tant au niveau des feuilles qu'au niveau du sol (Laberche, 2004).

-Le déficit hydrique est une contrainte permanente de la production agricole. Il est à l'origine des pertes de production agricole dans des nombreuses régions. Les risques du manque d'eau sont et deviendront de plus en plus fréquents et persistants, à l'avenir, par suite des changements climatiques causés par l'effet de serre (Witcombe et al., 2009).



Figure N°10 : Effet de stress hydrique sur le blé [7]

10-1-Effet de stress hydrique :

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

10 -1-1-Effet du stress hydrique sur la photosynthèse :

La diminution de la photosynthèse, liée à la diminution de la teneur relative en eau et du potentiel hydrique foliaire, est due essentiellement, à la réduction de la pénétration du CO₂, limitée par une fermeture des stomates (Plaut et Federman, 1991). En effet, l'effet dépressif d'une contrainte hydrique sur la photosynthèse des végétaux résulte non seulement d'une baisse

de la conductance stomatique, mais également d'une altération de l'appareil photosynthétique et/ou d'une diminution de la surface foliaire (Kaiser, 1987).

10-2-2-Effet du stress hydrique sur la croissance et le développement des plantes :

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

10-2-3-Effet du stress hydrique sur la germination :

L'effet du stress hydrique va dépendre de son intensité, de sa durée, du stade de développement de la plante ainsi que du génotype et de son interaction avec l'environnement (Yokota et al., 2006 ; Radhouabe, 2014). Ce phénomène est l'un des facteurs environnementaux qui affecte le plus la germination des espèces cultivées et réduit leur survie au cours des stades précoces de développement. En absence d'humidité suffisante, la graine même si elle est correctement placée dans le sol, n'évolue pas, retardant ainsi la levée. En cas de persistance de la sécheresse, la situation peut se traduire par une absence de germination (Feliachi et al., 2001). Au cours de cette phase, c'est le métabolisme des carbohydrates qui se trouve fortement affecté (Ingram et al., 1996), à travers la perturbation du fonctionnement enzymatique impliqué dans ce processus. De nombreux gènes contrôlant le métabolisme des sucres simples sont régulés par les variations de l'hydratation cellulaire. L'hydrolyse de l'amidon et la libération des sucres réducteurs énergétiques constituent une étape incontournable dans le déroulement de la germination. De plus, la disponibilité des carbohydrates pendant cette phase assure un rôle de protection contre le déficit hydrique (Beck et Ziegler, 1989).

11-Mécanisme d'adaptation des plantes au stress hydrique :

Pour lutter contre le manque d'eau, les plantes développent plusieurs stratégies adaptatives qui varient en fonction de l'espèce et des conditions du milieu. La résistance d'une plante à une

contrainte hydrique peut être définie, du point de vue physiologique, par sa capacité à survivre et à s'accroître et, du point de vue agronomique, par l'obtention d'un rendement plus élevé que celui des plantes sensibles (Hsissou, 1994). La résistance à la sécheresse est liée à la capacité d'une variété à développer un nombre élevé de mécanismes d'adaptation et non pas à la présence d'un mécanisme donné (Hayek et al., 2000). Passioura, (2004) mentionne quelle est la résultante de nombreuses modifications phénologiques, morphologiques, physiologiques et biochimiques, reflétant différents types d'adaptation (esquive, évitement, et tolérance).

- L'esquive : qui est la situation où la plante, grâce à un rythme de développement spécifique, réussit à s'harmoniser à l'environnement de production, en échappant partiellement ou complètement au stress.
- L'évitement : prend forme grâce au maintien, par divers mécanismes, d'un état interne satisfaisant. Cet état permet à la plante de continuer ses activités métaboliques sans être fortement perturbée par le milieu extérieur qui peut être très stressant.
- La tolérance du stress : qui s'installe dans les tissus de la plante est la capacité de maintenir une activité métabolique. Cette activité assure l'intégrité fonctionnelle aux structures cellulaires et autorise la reprise des activités de la plante dès que les conditions de croissance redeviennent plus normales (kabongo tshiabukole, 2018).

11-1-Adaptation phénologique :

La stratégie appliquée en amélioration variétale, pour réduire les effets des stress, consiste à raccourcir la durée du cycle de la variété. La phénologie rythme le développement de la plante et ajuste le cycle végétatif de manière à l'assortir aux conditions optimales de croissance de l'environnement de production. 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. La précocité constitue donc un important mécanisme d'évitement de la sécheresse de fin de cycle (Ben Naceur et al., 1999).

11-2-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 assimilés. Ces modifications affectent la partie aérienne ou souterraine : réduction de la surface foliaire et du nombre de talles, enroulement des feuilles et/ou meilleur développement du système racinaire (Slama et al., 2005).

Un système racinaire capable d'extraire l'eau du sol serait un caractère essentiel pour l'adaptation à la sécheresse. Cette caractéristique revêt une importance particulière pour les cultures qui subissent régulièrement des déficits hydriques durant le cycle de croissance (El Fakhri et al., 2010). L'exploitation d'un plus grand volume de sol permet à la plante de satisfaire ses besoins en eau, de maintenir ses échanges gazeux et sa croissance en conditions de sécheresse (Annerose, 1990).

11-3- Adaptation physiologique :

11-3-1- La régulation stomatique :

Lorsque l'évapotranspiration potentielle, déterminée par les caractéristiques de l'atmosphère, devient supérieure à ses possibilités d'alimentation en eau, la plante réagit en fermant ses stomates pour éviter de se dessécher (INRA, 2000).

La fermeture des stomates est déclenchée par une diminution du potentiel hydrique du mésophile. Une hormone l'acide abscissique (ABA) semble jouer un rôle important de la fermeture des stomates (Hopkin, 2003). L'accumulation d'ABA dans un organe, chez les plantes en conditions hydriques limitantes, est due d'abord à une augmentation de sa synthèse, mais peut être aussi le résultat d'une diminution de sa dégradation ou d'une augmentation de son importation à partir d'un autre compartiment (Cornic, 2008).

11-3-2-La teneur relative en eau de la feuille :

La teneur relative en eau correspond à une signification physiologique directe de l'état hydrique du végétal (Collinson et al., 1997). C'est un paramètre physiologique indicateur de la résistance des espèces vis-à-vis d'un stress hydrique (Berka et Aïd, 2009). Le maintien d'un potentiel hydrique élevé est lié à l'aptitude à extraire l'eau du sol et à la capacité à limiter les pertes d'eau par transpiration (Turner, 1986). Les génotypes qui maintiennent leur TRE élevée lors du stress hydrique seront probablement les plus tolérants et seront les plus productifs (Sassi et al., 2012). Benmahammed et al., en 2008, notent que la corrélation positive entre la teneur relative en eau et la biomasse accumulée indique, qu'en général, l'accumulation de la biomasse sous stress est dépendante du contenu foliaire en eau.

11-3-3-Le maintien de l'intégrité membranaire :

D'autres mécanismes encore peuvent intervenir dans le maintien de la turgescence cellulaire, comme l'élasticité membranaire, la réduction de la taille des cellules et la résistance protoplasmique (Tyree et Jarvis, 1982). Cette dernière dépend de la capacité des cellules à résister à un dommage mécanique et à la dénaturation des protéines au niveau membranaire ou cytoplasmique (Gaff, 1980).

11-3-4-La température de la canopée :

La température de surface du couvert végétal est une caractéristique physique de la plante influencée par la contrainte hydrique. Plusieurs méthodes ont été utilisées pour estimer et mesurer la température d'un couvert végétal, cependant l'utilisation de la télédétection infrarouge thermique est celle qui semble offrir des voies prometteuses. Elle présente l'avantage de la rapidité et de la facilité d'acquisition, nécessaire pour un diagnostic hydrique. Ceci a conduit au développement de plusieurs indicateurs de stress hydrique basés sur la relation qui existe entre la température, les propriétés optiques des végétaux et leur état hydrique. Selon Dakheel et al., (1993), la capacité des plantes à maintenir une température foliaire basse est une indication de leur grande capacité à extraire l'eau du sol et à se rafraîchir par transpiration. Ces

variétés maintiennent une activité photosynthétique élevée autorisant un rendement plus élevé, sous stress terminal.

11-4-Adaptation biochimique :

11-4-1- La teneur en chlorophylle :

La diminution de la photosynthèse, qui fait suite à la réduction de la teneur relative en eau et du potentiel hydrique foliaire, est causée par la réduction de la pénétration du CO₂. La diminution de la photosynthèse nette peut être attribuée à la diminution de la concentration interne du CO₂ sans que la capacité photosynthétique des tissus de la feuille ne soit endommagée (El-jaafari et Paul, 1993). Bousba et al., (2009), indiquent qu'une diminution de la teneur en chlorophylle est remarquée chez le blé dur sous stress hydrique. Tahri et al., (1997), montrent que l'augmentation de la teneur en proline foliaire sous l'effet du stress suivie par un abaissement dans les teneurs en pigments chlorophylliens totaux (Chlorophylles a et b). Ainsi la variété qui accumule plus de proline est aussi celle qui connaît la plus forte diminution de ses teneurs en pigments chlorophylliens et vice versa (Tahri et al., 1997).

11-4-2- Ajustement osmotique :

L'ajustement osmotique peut aussi jouer un rôle important en aidant des feuilles partiellement flétries à redevenir turgescentes lorsque l'apport d'eau reprend. En aidant la feuille à maintenir sa turgescence, l'ajustement osmotique permet aux plantes de garder leurs stomates ouverts et de prélever du CO₂ pour effectuer leur photosynthèse dans des conditions de stress hydriques modérés (Hopkins, 2003). Il peut intervenir à tous les stades du développement (Monneveux et This, 1997). Celui-ci est réalisé grâce à une accumulation de composés osmorégulateurs (El Midaoui et al., 2007). Les solutés responsables de la régulation osmotique sont essentiellement des acides organiques, des acides aminés (proline, glycine-bétaine), des sucres solubles et certains constituants inorganiques (Richards et al., 1997). La fonction principale des solutés compatibles est d'empêcher la perte d'eau pour maintenir la turgescence cellulaire et à maintenir le gradient de reprise en eau dans la cellule. Ces accumulations de métabolite dans les cellules conduisent à une augmentation du potentiel osmotique et ont finalement abouti à une plus grande

capacité d'absorption d'eau par les racines et l'économie d'eau dans les cellules (Seyed et al., 2012).

L'ajustement osmotique apparait aujourd'hui comme un mécanisme majeur d'adaptation à la sécheresse (Monneveux et This, 1997).

11-4-3-Accumulation de la proline :

Parmi les acides aminés pouvant être accumulés, la proline représente des manifestations les plus remarquables des stress hydriques et osmotiques. Singh et al., (1973) proposent d'utiliser la proline comme critère de sélection pour la tolérance au stress chez l'orge. La proline est l'un des solutés compatibles le plus fréquemment accumulé en réponse à des contraintes environnementales variées et joue un rôle important dans la tolérance des plantes (Ben Rejeb et al., 2012). L'accumulation de proline est l'une des stratégies adaptatives fréquemment observées chez les plantes pour limiter les effets du stress hydrique. Elle est liée à l'osmorégulation cytoplasmique (Acevedo et al, 1989).

11-4-4-L'accumulation de sucres solubles :

La diminution du potentiel hydrique du sol en conditions de sécheresse provoque une perte importante de la turgescence au niveau de la plante (Hench, 1987). Le potentiel osmotique peut être maintenu pour un stress hydrique de faible ou moyenne intensité, par ajustement osmotique (Dubos, 2001). Les sucres peuvent servir de composés solubles compatibles pour cet ajustement osmotique (Dubos, 2001). Ils permettent également une préservation de l'intégrité membranaire dans les organes desséchés ainsi qu'une protection des protéines (Darbyshire, 1974).

Chapitre2 : Matériel et méthodes :

1- Objectif de l'étude :

L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet de stress hydrique et la variabilité de la réponse chez deux variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) et blé tendre (*Triticum aestivum* L.).

2. Matériel Végétal :

Notre étude a été portée sur 2 variétés de blé, une variété de blé dur (*Triticum durum* Desf.) Vitron et une variété de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) Maouna fourni par l'office (OAC) de Belkhir, la semence utilisée pour l'essai est une récolte de la campagne 2020-2021. Les figures 12 et 13 exposent les variétés de blé expérimentées.

La variété Mawna et une variété précoce, port dressé, a fort tallage et de hauteur moyenne. Elle est en plein expansion dans les wilayas de Guelma, Skikda, Blida et même dans la zone sud du pays et elle est caractérisée par :

- Un rendement en grain stable et élevé, surtout en irrigué
- Une bonne productivité
- Une bonne adaptation aux différents milieux de cultures, même dans la zone sud.
- Rendement en farine moyen, teneur en protéines moyenne blé tenace (douici-khalfi et al., 2019).



Figure11 : graine de variété de blé tendre utilisée dans l'étude (Mawna) (photo personnelle).

La variété Vitron du blé dur (*Triticum durum* Desf.) est une variété originaire d'Espagne, paille haute a moyenne, cycle végétatif demi-précoce, tallage moyen, mieux adaptée aux régions aride et semi-arides, sensible aux maladies, bonne productivité et un rendement élève (Merabet et Bouthiba, 2004 ; Rezgui et al.,2005).



Figure12 : Graine de la variété de blé dur utilisée dans l'étude (Vitron) (photo personnelle).

3. Mise en place d'essais

Deux expérimentations contrôlées ont été menées : la première est le test de germination et la deuxième est la croissance sous serre dans l'exploitation d'université de 8 mai 1945 Guelma.

4. Plan expérimental :

4.1. Germination des graines et mis en culture :

Les grains des deux variété de blé dur et tendre ont été stérilisées à l'aide d'une solution d'hypochlorite de sodium a 5% pendant 5 minute puis rincées cinq fois à l'eau distillée, un premier lot de graines a été mis à germer a une température ambiante de 25 °C sur du papier absorbant et 1 gramme de coton dans des boites de pétri, à raison de 10 grain par boite en réalisant trois répétitions par génotype (V et M) et par traitement de 10 ml d' eau distillé ont été ajouté à chaque boite de pétri chaque jour pour une durée de huit jour((Hajlaoui et al., 2007 ; Amouri et al., 2015) (**figure13**).



Figure13 : Test de germination

4. 2. Etude de stress hydrique sous serre :

L'expérimentation est conduite sous serre durant la période de (28 février Mars jusqu'au 6 avril).

4.2.1. Détermination et application de niveaux de stress :

4.2.1.1. Préparation des pots :

Materiel et méthodes

Des pots en plastique de 15,7 cm de diamètre et de 12,9 cm de hauteur ont été remplis par une quantité de 450g de tourbe (**figure**) cette valeur de poids et retenue pour déterminer la capacité de rétention de ce substrat. Cette caractéristique hydrique est nécessaire car elle permet le calcul de la quantité d'eau distillée utilisée pour irriguer les pots.

Pour calculer ces niveaux d'irrigation (100,75, 50, et 25%) par rapport à la capacité de rétention des pots, nous avons pesé des pots contenant 450g de substrat sec utilisé dans l'expérimentation (**figure14 ;15**), P1 (P1 = poids de substrat sec), ensuite nous avons irrigué ces derniers jusqu'à saturation après 24h de repos, les pots ont été pesés de nouveau P2 (P2 = poids à saturation). La différence entre p2 et p1 et la quantité d'eau retenue par le sol et qui représente la capacité de rétention de pots (Baba sidi-kaci, 2010). On estime la capacité de rétention (C.R) par l'équation suivante :

$$C R = (P2 - P1) / P1 \cdot 100$$

Les semences germées ont été ensuite repiquées dans des pots à raison de 10 plantules par pot. Les pots ont été placés sous serre, ils sont irrigués régulièrement deux fois par semaine jusqu'à la fin de l'expérimentation.



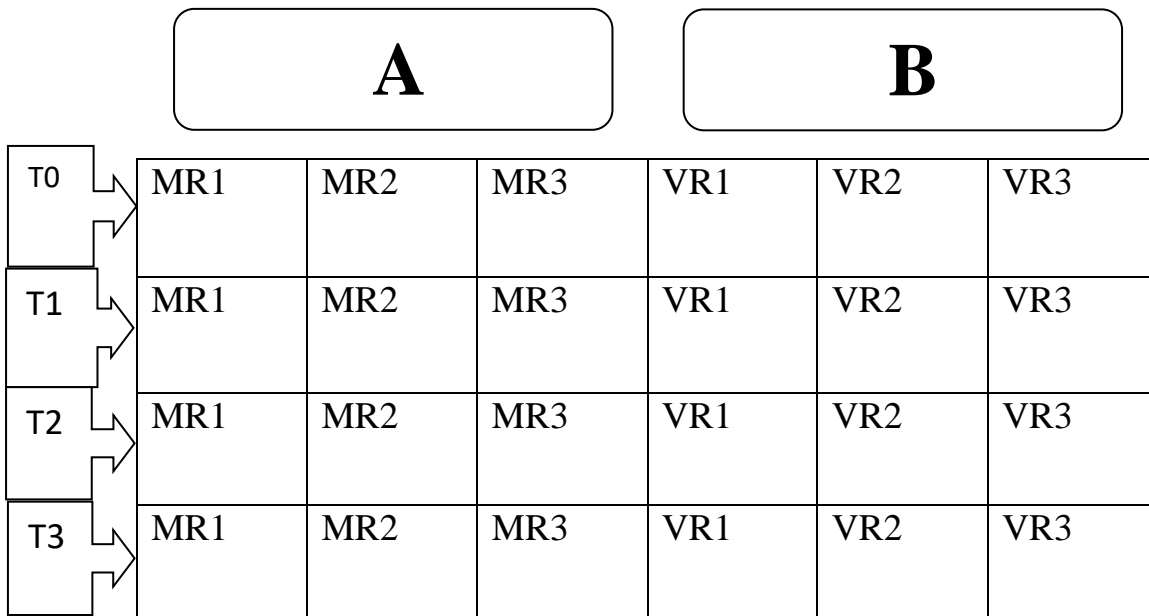
Figure14 : préparation des pots

Photo personnelle

4.2.1.2. Application de stress

Le semis a été réalisé le (01/ 03/ 2022), après 10 jours de semis nous avons appliqué le stress hydrique aux plantes. Il se répartit en deux bloc (A et B) chaque bloc traité par quatre niveaux de stress (100, 75, 50, 25 % de CR) avec trois répétitions pour chaque niveaux (**figures**).

Materiel et méthodes



M : mawna, V : vitron, T0 : témoin 100% (250 ml), T1 : traitement par 75% (187,5ml), T2 : traitement par 50% (125ml), T3 : traitement par 25% (62,5ml), R1 : répétition 1

R2 : répétition 2, R 3 : répétition 3, A : bloc A, B : bloc B

Materiel et méthodes



Figure15: Plantes de blé dur (*Triticum durum* desf.).
Variété : Vitron



Figure16: plantes de blé tendre (*Triticum aestivum* L.)
(*Triticum aestivum* L.)

5. Paramètre Etudiés :

5.1. Paramètres morphologiques :

5.1.1. Partie aérienne et souterraine (racine principale) :

On mesure la longueur de la tige (LT) et la longueur de la racine (LR) par utilisation d'une règle puis elles ont pesée immédiatement pour obtenir leur poids frais (PF tige) (PF racine), enfin les échantillons mise à l'étuve régler à 105° C pendant 24h et pesés pour avoir leur poids sec (PS tige) et (PS racine)

LR , LT, PFr , PSr , Pft , Pst

5.1.2. La surface foliaire SF « cm² » :

La mesure de la surface foliaire a été effectuée par la méthode suivante :

- prendre la feuille de blé dur et tendre sur papier calque et découper les contours de la feuille, ce dernier est pesé (Pf).
- couper un carré de 1cm (S (1cm²)) de coté de ce même papier qui est également pesé (P (1cm²)).
- déduire la surface foliaire SF par la formule suivante :

$$SF (cm^2) = Pf. S (1cm^2) / P (1cm^2)$$

5.2. Paramètres physiologiques :

5.2.1. La teneur relative en eau (TRE %) (RWC) :

Materiel et méthodes

La mesure de TRE a été réalisée au stade épiaison sur un échantillon de trois feuilles échantillonnées pour déterminer l'état hydrique des plantes. La teneur relative en eau (TRE) est mesurée selon la méthode de Barrs *et al.* (1968). Le limbe foliaire excisé est pesé directement pour avoir le poids frais (Pf). Il est ensuite placé dans un tube à essai contenant de l'eau distillée pendant 24 heures. La pesée de la feuille après la réhydratation donne un poids à pleine turgescence (PT). Enfin, le poids sec (Ps) est déterminé après passage des échantillons dans l'étuve à 80°C pendant 48 heures. La teneur relative en eau est calculée par la formule suivante (la formule de Clarke et McCaig, 1982) :

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

Où :

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)

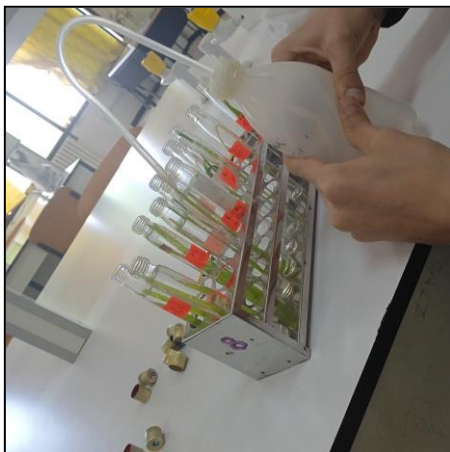


Figure17 : étape de mesure la teneur en eau

Photo personnelle



Figure18 : balance

Photo personnelle

Materiel et méthodes

5.2.2. Taux de déperdition d'eau (TDE « g.103- /cm2/mn ») (RWL) :

C'est une méthode qui permet l'identification des génotypes de blé adaptés à des conditions défavorables. Elle permet d'évaluer le taux de déperdition d'eau des feuilles excisées de la manière suivante (Monneveux, 1991).

$$\text{TDE (g.103 -/ cm2/ mn)} = [(P_i - P_{2h}) / PS].[1/SF.120mn]$$

Avec :

P_i : poids initial de la feuille ;

P_{2h} : poids de la feuille (trempée dans l'eau distillée 2h)

PS : poids sec de la feuille (48heure à 80C°)

SF : la surface foliaire de la feuille.

5.2.3. Dosage des Pigments Chlorophylliens :

Les teneurs moyennes en chlorophylle ont et b sont déterminées par la méthode de Rao et le blanc (1965). L'extraction de la chlorophylle est réalisée par broyage de 0.5g de matière fraîche de la feuille de chaque échantillon qui est additionnée de carbonate de calcium et d'acétone (20ml à 80%). La solution obtenue est filtrée à l'abri de la lumière pour éviter l'oxydation de la chlorophylle. On procède ensuite aux mesures spectrophotométriques (JENWAY 6300) à deux longueurs d'onde ($\lambda_1 = 645$ et $\lambda_2 = 663\text{nm}$) (Bouchelaghem, 2012)

Le calcul de la qualité de la chlorophylle est obtenu par la formule suivante :

* **Chl a : 12, 7 (DO 663) - 2, 69 (DO 645).**

* **Chl b : 22, 9 (DO 645) - 4, 86 (DO663).**

***Chl a+b : 8,02 (DO645) +20, 20 (DO663).**

Materiel et méthodes



Figure19 : dosage de chlorophylle

Photo personnelle.



Figure 20 : spectrophotomètre

Photo personnelle.

Chapitre3 : Résultats et discussion

1-La longueur des racines :

En moyenne, une diminution de la longueur des racines est enregistrée dans différents niveaux de stress chez les deux variétés (figure22). La valeur la plus élevée (16,4 cm), est enregistrée à 50% de la capacité au champ pour le blé dur, alors que la valeur la plus faible (8,83cm) est observée à 25% de la capacité au champ pour le blé tendre.

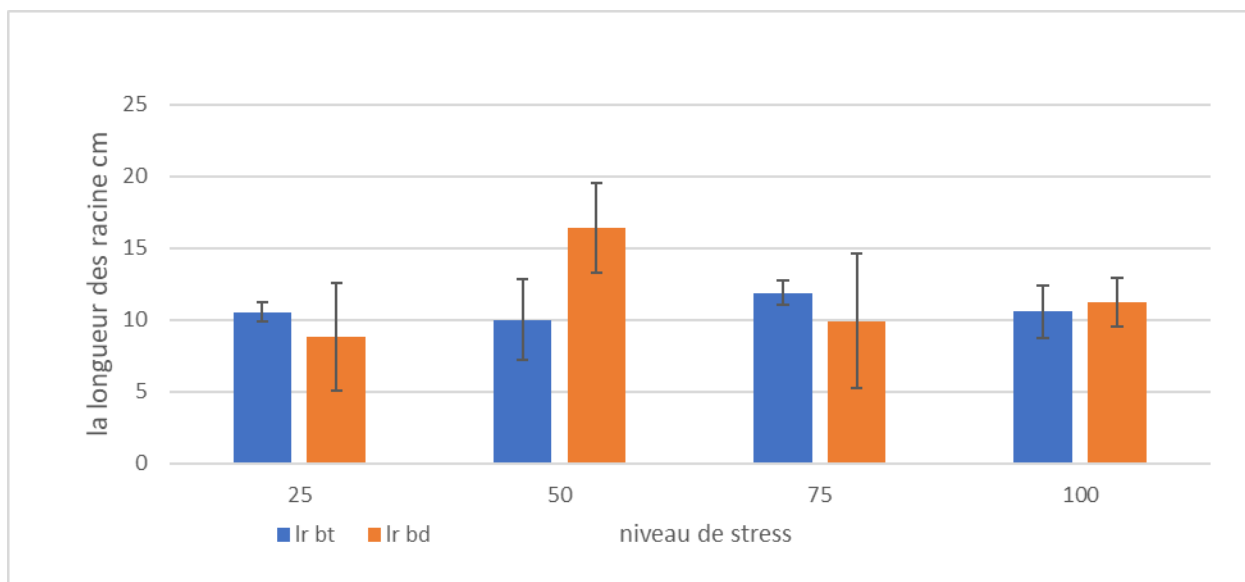


Figure 21: Longueur des racines de la variété de blé dur (Vitron) et de blé tendre (Mawna).

Analyse statistique :

One-way ANOVA : Longueur des racines de variété Vitron versus Traitement :

Source	DF	SS	MS	F	P
Trai	3	100,7	33,6	2,73	0,114
Error	8	98,3	12,3		
Total	11	199,0			

L'analyse de la variance au seuil de sécurité 5% montre que les niveaux de stress (25% ; 50% ; 75% 100%) ont un effet non significatif sur la longueur des racines ($p > 0,05$) pour la variété Vitron.

Résultats et discussions

One-way ANOVA : Longueur des racines de variété Mawna versus Traitement :

Source	DF	SS	MS	F	P
Trai	3	4,99	1,66	0,54	0,670
Error	8	24,75	3,09		
Total	11	29,74			

L'analyse de la variance au seuil de sécurité 5% montre que les niveaux de stress (25% ; 50% ; 75% 100%) appliquées seules ont un effet non significatif sur la longueur des racines ($p > 0,05$).

General Linear Model: LR versus Trai; var:

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tria	3	40,865	40,865	13,622	1,77	0,193
Var	1	3,760	3,760	3,760	0,49	0,494
Tria *var	3	64,875	64,875	21,625	2,81	0,073
Error	16	123,047	123,047	7,690		
Total	23	232,546				

Selon l'AV2 la différence est non significative entre les variétés et pour l'interaction traitement-variété.

2-La longueur des tiges :

Pour le blé tendre Les résultats obtenus (Figure23) nous indiquent que la longueur de la tige diminue lorsque le niveau de stress diminue. Par contre pour le blé dur les résultats obtenus (figure23) nous indiquent que la valeur la plus élevée 20,87cm pour 50% de la capacité au champ, pour 75% de la capacité au champ la valeur et la plus petite (12,13cm) ; pour les niveaux de stress resté (100 ; 25) les valeur trouvé (17,6 ; 15,03) successivement.

Résultats et discussions

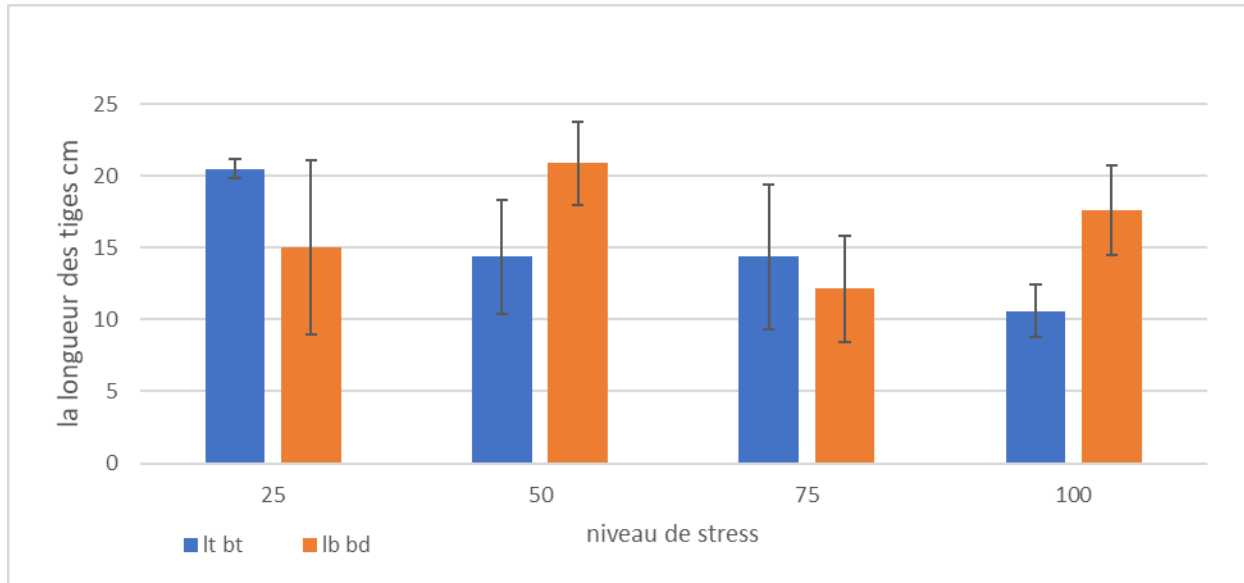


Figure22 : Longueur des tiges de la variété de blé dur (Vitron) et de blé tendre (Mawna).

Analyse statistique :

One-way ANOVA : La longueur des tiges de variété Vitron versus Traitement :

Source	DF	SS	MS	F	P
Trai	3	100,733	6	2,73	0,114
Error	8	98,3	12,3		
Total	11	199,0			

L'analyse de la variance au seuil de sécurité 5% montre que les niveaux de stress (25% ; 50% ; 75% 100%) ont un effet non significatif sur la longueur des tiges ($p > 0,05$).

General Linear Model : longueur des tiges versus Tria v2 ; var v2 :

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tria	3	91,51	91,51	30,50	1,72	0,203
Var	1	0,84	0,84	0,84	0,05	0,830
Tria var	3	114,30	114,30	38,10	2,15	0,134
Error	16	283,41	283,41	17,71		
Total	23	490,07				

Résultats et discussions

Les résultats des analyses statistiques (AV2) ne présentent pas une différence significative entre les deux variétés et l'absence de l'effet variété-traitement.

3-Poids frais des racines :

Une différence observable pour le poids frais des racines des plantes de la variété Mawna. Le résultat des plantes témoins est de 0,21g ; puis 0,16g pour les plantes traitées 75% du capacité au champ, 0,17g pour les plantes traitées avec 50% du capacité au champ, le poids diminue au maximum dans le dernier traitement voir 0,2 pour 25% du capacité au champ (figure24).

Pour la variété Vitron les résultats sont ainsi obtenus comme suit : Le deuxième et le quatrième degré de stress (75% ; 25%) affichent une valeur de 0,11g, pour le reste (100% ; 50%) enregistrent les valeurs suivantes (0,15g et 0,27g).

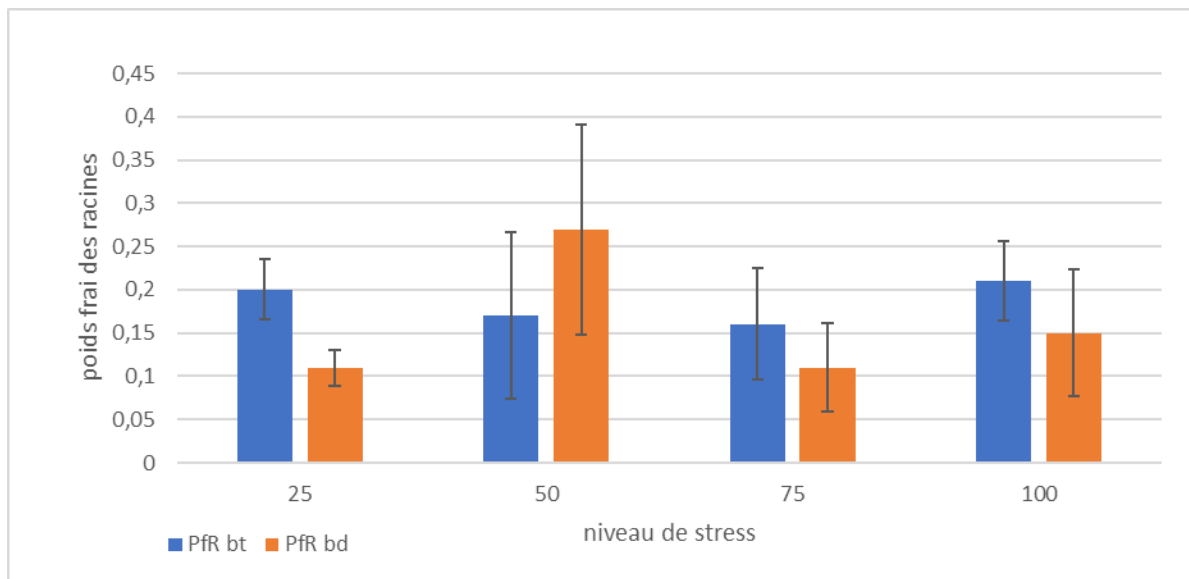


Figure23 : Poids frais des racines de la variété de blé dur (Vitron) et de la variété de blé tendre (Mawna).

Résultats et discussions

One-way ANOVA : Le pois frée des racines de variété Mawna versus Traitement :

Source	DF	SS	MS	F	P
Trai	3	0,00225	0,00075	0,11	0,950
Error	8	0,05262	0,00658		
Total	11	0,05486			

One-way ANOVA : Le pois frée des racines de variété Vitron versus Traitement :

Source	DF	SS	MS	F	P
Trai	3	0,05283	0,01761	4,23	0,046
Error	8	0,03333	0,00417		
Total	11	0,08617			

L'analyse de la variance au seuil de sécurité 5% montre que les niveaux de stress (25% ; 50% ; 75% 100%) ont un effet non significatif sur la longueur des tiges ($p > 0,05$).

General Linear Model : pois frée des racines versus Tria v2 ; var v2 :

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tria v2	3	0,024203	0,024203	0,008068	1,49	0,255
Var v2	1	0,002688	0,002688	0,002688	0,50	0,491
Tria v2*var v2	3	0,033543	0,033543	0,011181	2,06	0,145
Error	16	0,086685	0,086685	0,005418		
Total	23	0,147120				

Selon l'AV2 la différence est non significative entre les variétés et pour l'interaction traitement-variété.

Résultats et discussions

3-Poids frais des tiges :

Une variabilité au niveau de poids frais des plantes de la variété Vitron, qui commence pour le témoin par une moyenne de 0,64g. Les autres niveaux de stress donnent les résultats suivants : La moyenne de 0,59g pour le faible niveau de stress, 1,01g pour 50 % de stress ; 0,3g pour de 75 % (Figure 25).

La même remarque s'observe tout au long de l'expérimentation pour la variété de blé tendre Mawna. Les poids commencent par une moyenne de 0,91g pour les témoins ; 0,59g pour le niveau 75% de la capacité au champ ; 0,58g pour 50% de capacité au champ et enfin 0,95g pour 25% de capacité au champ.

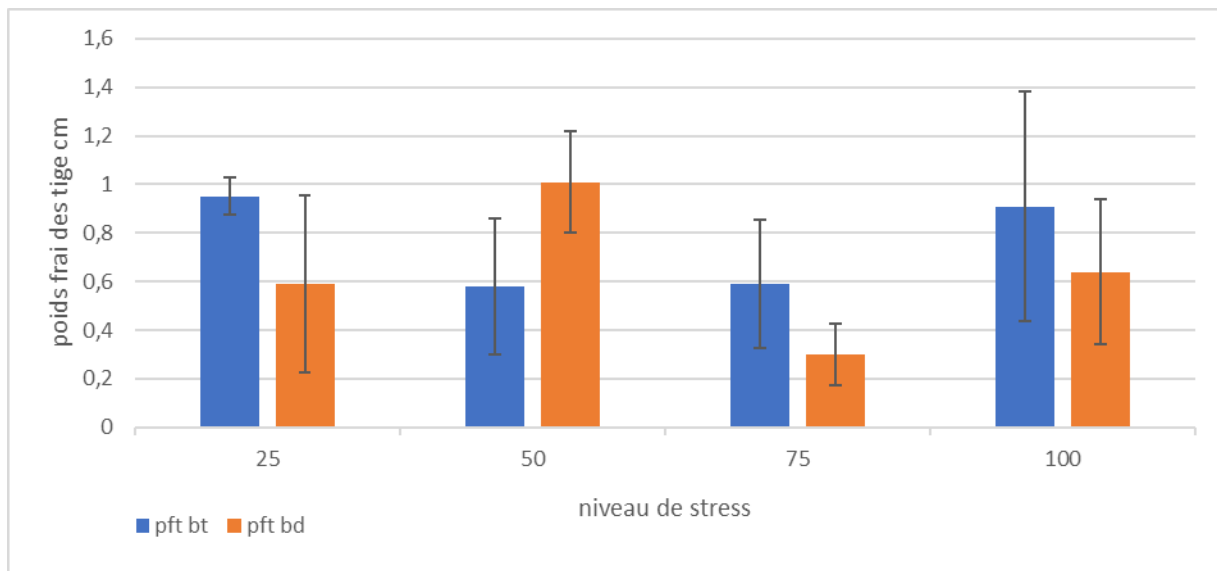


Figure24 : Poids frais des tiges de la variété de blé dur (Vitron) et de blé tendre (Mawna).

One-way ANOVA : Le poids frais des tiges de variété Vitron versus Traitement :

Source	DF	SS	MS	F	P
Trai	3	0,3526	0,1175	1,25	0,355
Error	8	0,7527	0,0941		
Total	11	1,1053			

Résultats et discussions

L'analyse de la variance au seuil de sécurité 5% montre que les niveaux de stress (25% ; 50% ; 75% 100%) appliquées seules ont un effet non significatif sur le poids sec des tiges ($p > 0,05$).

One-way ANOVA : Le poids sec des tiges de variété Mawna versus Traitement :

Source	DF	SS	MS	F	P
Tria	3	0,3541	0,1180	1,26	0,352
Error	8	0,7508	0,0938		

L'analyse de la variance au seuil de sécurité 5% montre que les niveaux de stress (25% ; 50% ; 75% 100%) appliquées seules ont un effet non significatif sur le poids sec des tiges ($p > 0,05$).

General Linear Model: PFTV2 versus Trai v2; var v2:

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tria v2	3	0,4270	0,4270	0,1423	1,29	0,313
Var v2	1	0,2739	0,2739	0,2739	2,47	0,135
Tria v2*var v2	3	0,1809	0,1809	0,0603	0,54	0,659
Error	16	1,7722	1,7722	0,1108		
Total	23	2,6540				

Le traitement statistique ANOVA à deux critères de classification indique que :

- La différence est non significative entre les deux variétés.
- Pour l'interaction variétés- traitements, la différence est non significative ($p > 0,05$).

4-Poids sec de la racine :

La figure 26 montre :

➤ Variété Vitron

Une variabilité au niveau de poids sec de la racine, qui commence pour le témoin par une moyenne de 0,06g. Pour les autres niveaux de stress nous avons enregistré les résultats suivants : La moyenne est de 0,04g pour le faible niveau de stress, 0,09g pour 50 % de stress et 0,04 pour de 75 %.

Résultats et discussions

➤ Variété Mawna :

Pour la variété de blé tendre les résultats obtenus sont comme suite : 0,058g pour le témoin, 0,06g pour 75% de la capacité au champ, 0,05g pour 50% de la capacité au champ et enfin pour le faible niveau de stress 0,08 g.

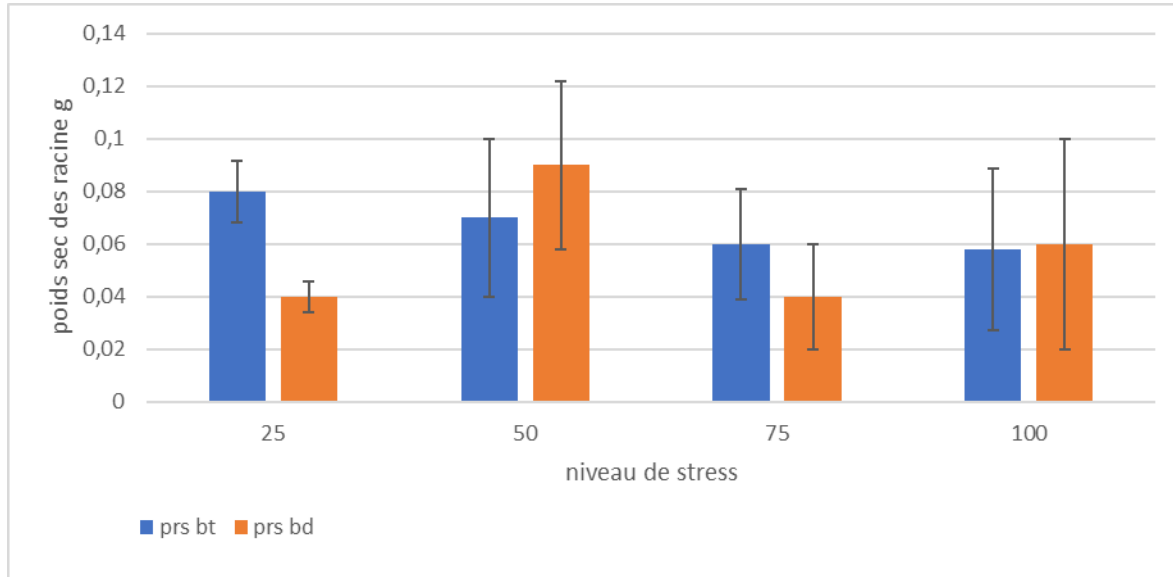


Figure25 : Poids sec des racines de la variété de blé dur (Vitron) et de blé tendre (Mawna).

One-way ANOVA : pois sec des racines de variété Vitron versus Traitement :

Source	DF	SS	MS	F	P
Tria	3	0,003756	0,001252	2,07	0,183

L'analyse statistique a montré que les niveaux de stress (25% ; 50% ; 75% 100%) ont un effet non significatif sur le poids sec des racines ($p > 0,05$).

One-way ANOVA : Poids sec des racines de la variété Mawna versus Traitement :

Source	DF	SS	MS	F	P
Trai	3	0,02603	0,00868	1,71	0,241
Error	8	0,04053	0,00507		
Total	11	0,06657			

Résultats et discussions

L'analyse de la variance au seuil de sécurité 5% montre que les niveaux de stress (25% ; 50% ; 75% 100%) ont un effet non significatif sur le poids sec des racines ($p > 0,05$).

5-Poids sec de la tige :

➤ Variété Vitron :

Une variabilité au niveau de poids sec de la tige, qui commence pour le témoin par une moyenne de 0,16g. Pour les autres niveaux de stress nous avons noté les résultats suivants : La moyenne de 0,16g, pour le faible niveau de stress, 0,22g pour 50 % de stress et 0,08 pour de 75 %.

➤ Variété Mawna :

Pour la variété de blé tendre les résultats obtenus sont : 0,23g pour le témoin, 0,14g pour 75% de la capacité au champ, 0,4g pour 50% du la capacité au champ et en fin pour le faible niveau de stress 0,7g (figure27)

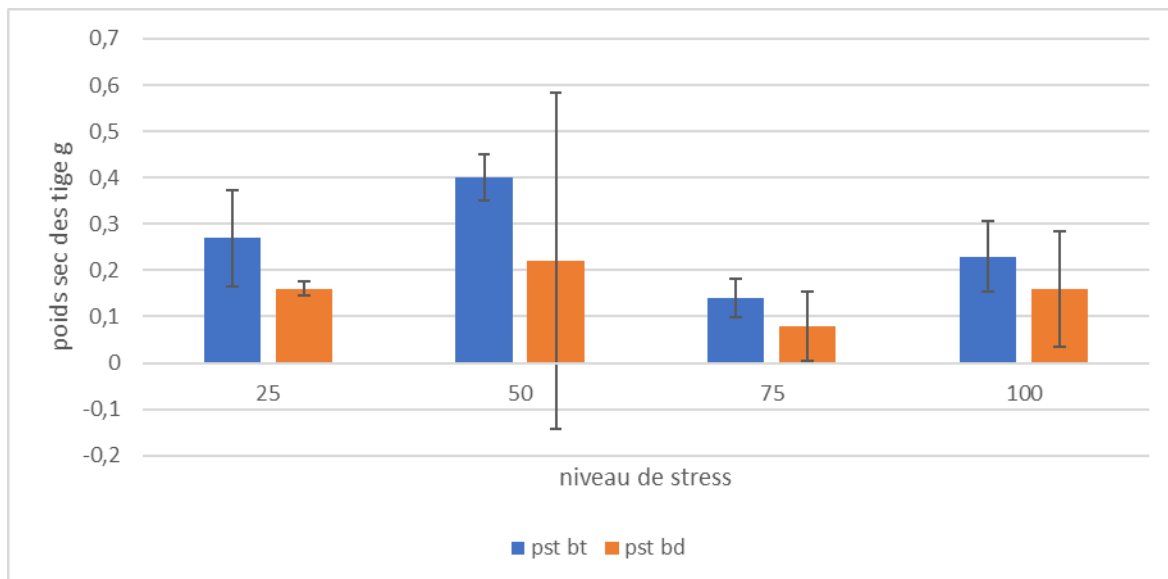


Figure26 : Poids sec des tiges des deux variétés (Vitron) et (Mawna).

Résultats et discussions

Analyses statistiques :

One-way ANOVA : Poids sec des tiges de la variété Mawna versus Traitement :

Source	DF	SS	MS	F	P
Trai	3	0,000791	0,000264	0,34	0,796
Error	8	0,006157	0,000770		
Total	11	0,006948			

L'analyse de la variance au seuil de sécurité 5% montre que les niveaux de stress (25% ; 50% ; 75% 100%) appliquées seules ont un effet non significatif sur le poids des tiges ($p > 0,05$).

One-way ANOVA : Poids sec des tiges de la variété Vitron versus Traitement :

Source	DF	SS	MS	F	P
Trai	3	0,02603	0,00868	1,71	0,241
Error	8	0,04053	0,00507		
Total	11	0,06657			

L'analyse de la variance au seuil de sécurité 5% montre que les niveaux de stress (25% ; 50% ; 75% 100%) appliquées seules ont un effet non significatif sur le poids sec des tiges ($p > 0,05$).

6-Surface foliaire :

Pour le blé dur (Virton), les résultats montrent une différence observable pour la surface foliaire des plantes de cette variété, dans les différents traitements. Le résultat des plantes témoins est de 12,5 cm² ; puis 10,83 cm² pour les plantes traitées 75% de la capacité au champ, 12,5 cm² pour les plantes traitées avec 50% de la capacité au champ et enfin la surface diminue au maximum dans le dernier traitement voir 9,1cm² pour le traitement 25% de la capacité au champ.

Les résultats de blé tendre (Mawna) sont ainsi obtenus comme suit : Le témoin affiche une surface foliaire de 9,17cm², cette surface et la même dans le traitement 25% du capacité au champ, pour les capacités au champ (50% et 75) la surface foliaire augmentes (11,67 ; 10,42 cm²) successivement (figure28).

Résultats et discussions

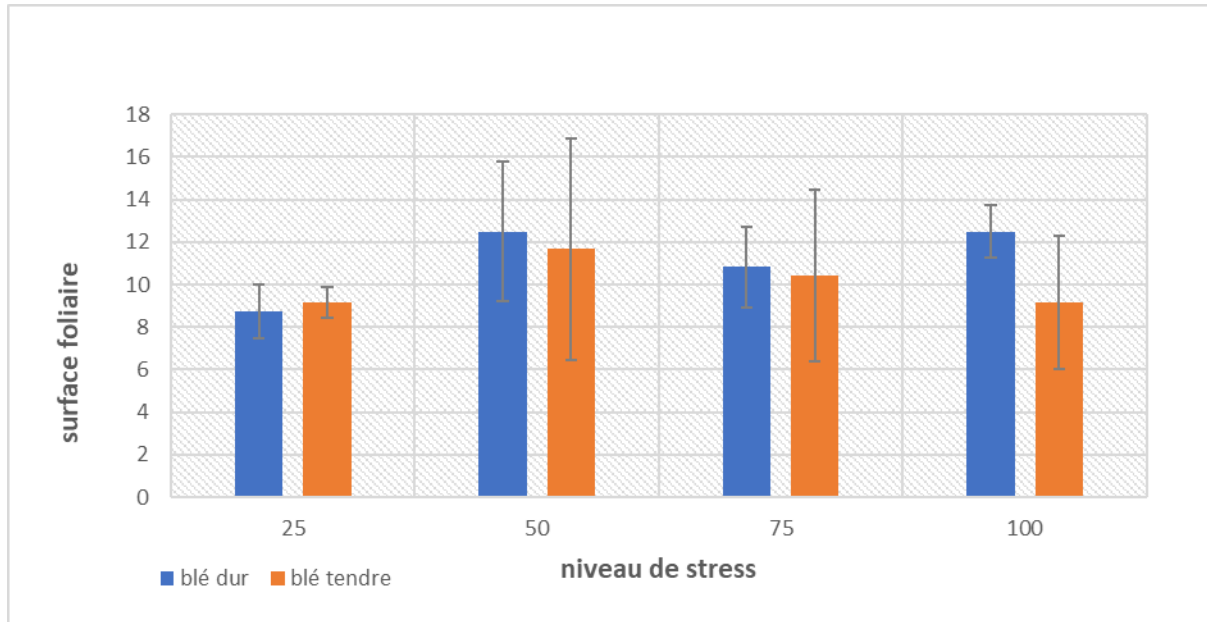


Figure27 : Surface foliaire des deux variétés exprimées en cm².

Analyses statistiques :

One-way ANOVA : La surface foliaire de la variété Vitron versus Traitement :

Source	DF	SS	MS	F	P
Trai	3	28,52	9,51	2,15	0,172
Error	8	35,42	4,43		
Total	11	63,93			

L'analyse de la variance au seuil de sécurité 5% montre que les niveaux de stress (25% ; 50% ; 75% 100%) appliquées seules ont un effet non significatif sur la surface foliaire ($p > 0,05$) de la variété Virton.

One-way ANOVA : La surface foliaire de la variété Mawna versus Traitement :

Source	DF	SS	MS	F	P
Trai	3	12,9	4,3	0,32	0,811
Error	8	107,3	13,4		
Total	11	120,2			

Résultats et discussions

L'analyse de la variance au seuil de sécurité 5% montre que les niveaux de stress (25% ; 50% ; 75% 100%) appliquées seules ont un effet non significatif sur la surface foliaire ($p>0,05$).

General Linear Model : La surface foliaire versus Traitement ; variété :

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tria	3	23,438	23,438	7,813	0,88	0,474
Var	1	6,510	6,510	6,510	0,73	0,406
Tria*var	3	17,969	17,969	5,990	0,67	0,582
Error	16	142,708	142,708	8,919		
Total	23	190,62				

Le traitement statistique ANOVA à deux critères de classification indique que :

- La différence est non significative entre les deux variétés.
- Pour l'interaction variétés- traitements, la différence est non significative ($p>0,05$).

7-La Teneur Relative en Eau (RVL) :

La figure29 montre une comparaison entre l'évolution de la teneur en eau des deux variétés (Vitron et Mawna).

Chez la variété Vitron les teneurs en eau les plus élevés sont notés chez le témoin et le traitement 25% de capacité au champ avec une valeur maximale de (93,26 ; 95,83) successivement, par contre les teneurs diminuent au niveau des traitements (75% ; 50%) de capacité au champ (71,39% ; 74,33%) successivement.

Les valeurs sont presque égales pour les quatre niveaux de stress chez la variété Mawna. Pour le témoin 75% et 25% les valeurs sont (70% ; 65,68% ; 67,24%) et la valeur la plus élevée chez le stress de 50% de la capacité au champ (76,42%).

Résultats et discussions

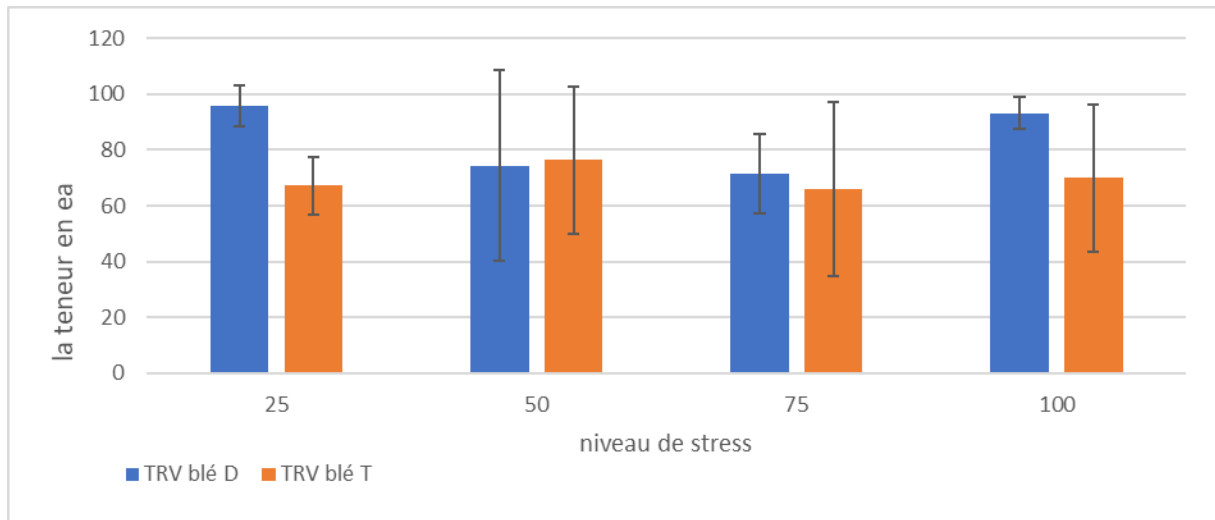


Figure28: Teneur relative en eau des variétés Vitron et Mawna

Analyse statistique :

One-way ANOVA : La teneur relative en eau de la variété Vitron versus Traitement :

Source	DF	SS	MS	F	P
Trai	3	0,0000003	0,0000001	0,91	0,479
Error	8	0,0000010	0,0000001		
Total	11	0,0000013			

L'analyse de la variance au seuil de sécurité 5% montre que les niveaux de stress (25% ; 50% ; 75% 100%) appliquées seules ont un effet non significatif sur la teneur relative en eau ($p > 0,05$).

One-way ANOVA : La teneur relative en eau de la variété Mawna versus Traitement :

Source	DF	SS	MS	F	P
Trai	3	2156	719	0,79	0,531
Error	8	7256	907		
Total	11	9412			

L'analyse de la variance au seuil de sécurité 5% montre que les niveaux de stress (25% ; 50% ; 75% 100%) appliquées seules ont un effet non significatif sur la teneur relative en eau ($p > 0,05$).

Résultats et discussions

General Linear Model : La Teneur Relative en Eau versus Traitement ; variétés :

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tria v2	3	2245,2	2245,2	748,4	1,07	0,391
Var v2	1	55,2	55,2	55,2	0,08	0,783
Tria v2*var v2	3	672,4	672,4	224,1	0,32	0,811
Error	16	11219,6	11219,6	701,2		
Total	23	14192,5				

Le traitement statistique ANOVA à deux critères de classification indique que :

- La différence est non significative entre les deux variétés.
- Pour l'interaction variétés- traitements, la différence est non significative ($p > 0,05$).

8-Teneur en chlorophylle a (Chl a), Chlorophylle b (Chl b) et la chlorophylle a+b :

Les figures 30; 31 et 32 indiquent chez la variété Vitron les résultats suivants : pour le témoin le teneur de chl a, chl b et chl a+b affiche (19,84) , (16,36) et (42,22) $\mu\text{g.g-1MF}$, pour 75% le teneur affiche (14,25) , (6,75) , (29,59) $\mu\text{g.g-1MF}$, pour 50% le teneur affiche (33,98) (12,37) (68,32) $\mu\text{g.g-1MF}$, pour 25% le teneur affiche (20,12) (9,43) (33,51) $\mu\text{g.g-1MF}$.

Chez la variété Mawna , Les figures indique les résultats suivants : pour le témoin le teneur de chl a, chlo b et chlo a+b affiche (21,8) , (12,06) et (46,14) $\mu\text{g.g-1MF}$, pour 75% le teneur affiche (22,14) , (11,44) , (55,58) $\mu\text{g.g-1MF}$, pour 50% le teneur affiche (25,96) (15,46) (55,58) $\mu\text{g.g-1MF}$, pour 25% le teneur affiche (11,27) (9,24) (33,51) $\mu\text{g.g-1MF}$.

Résultats et discussions

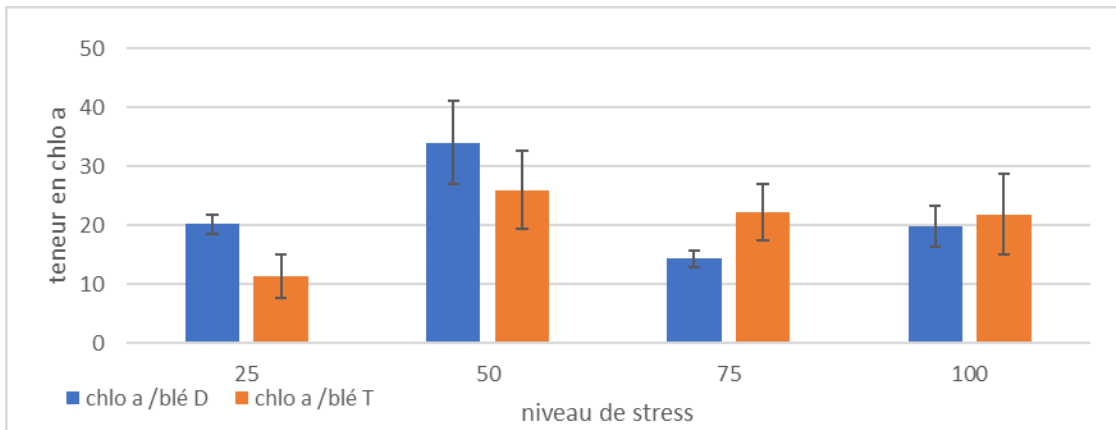


Figure29 : Teneur en chlorophylle a (Chl a) de la variété de Blé dur (Vitron) et blé tendre (Mawna).

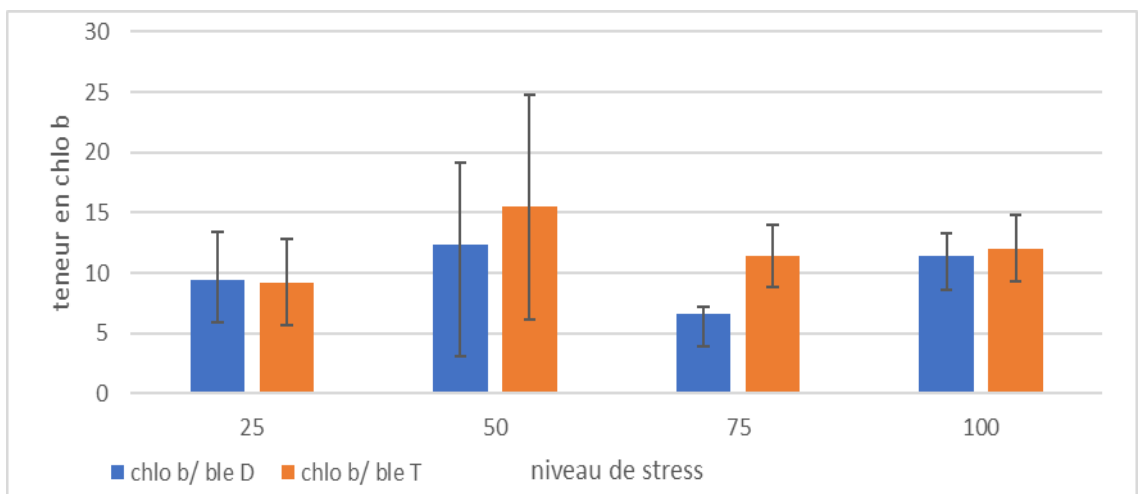


Figure30 : Teneur en chlorophylle b (Chl b) de la variété de blé dur (Vitron) et blé tendre (Mawna).

Résultats et discussions

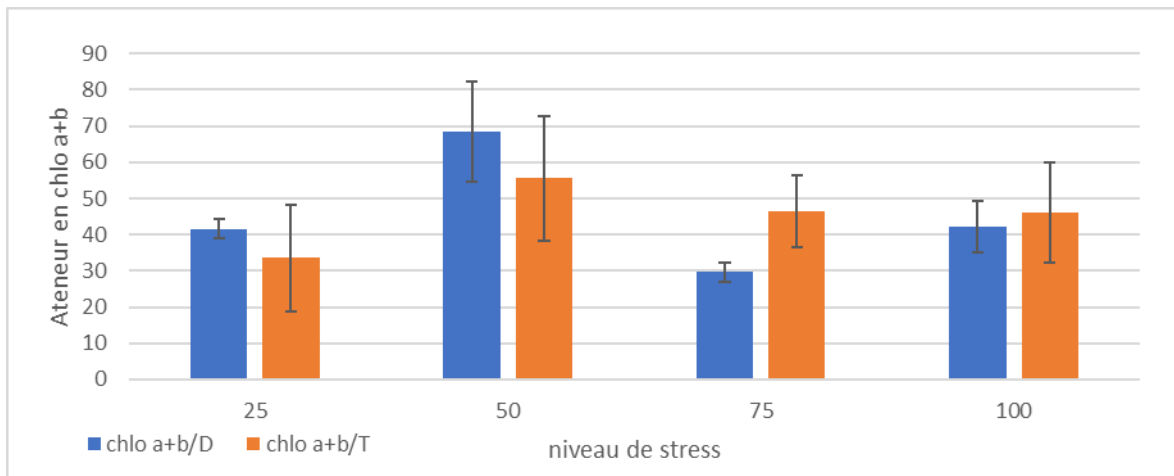


Figure31 : Teneur en chlorophylle a+b (Chla+b) de variétés de blé dur (vitron) et blé tendre (Mawna).

Analyses statistiques:

- One-way ANOVA : Taux de Chlorophylle(a) de variété Vitron versus Traitement :

Source	DF	SS	MS	F	P
Trai	3	635,6	211,9	12,57	0,002
Error	8	134,9	16,9		
Total	11	770,4			

L'analyse de la variance au seuil de sécurité 5% montre que les niveaux de stress (25% ; 50% ; 75% 100%) ont un effet significatif sur le taux de chlorophylle (a) de la variété Vitron ($p < 0,05$) et que le traitement 2 (50%) a enregistré la meilleure valeur.

Grouping Information Using Tukey Method:

Trai	N	Mean	Grouping
2	3	33,983	A
3	3	20,117	B
0	3	19,843	B
1	3	14,250	B

Résultats et discussions

- One-way ANOVA : Taux de Chlorophylle (a) de la variété Mawna versus Traitement :

Source	DF	SS	MS	F	P
Trai	3	357,7	119,2	3,71	0,061
Error	8	256,8	32,1		
Total	11	614,6			

L'analyse de la variance au seuil de sécurité 5% indique que traitements (25% ; 50% ; 75% 100%) ont un effet non significatif sur le taux de Chlorophylle (a) de la variété Mawna ($p > 0,05$)

- General Linear Model: Chl a versus Trai; var:

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tria	3	698,79	698,79	232,93	9,51	0,001
var	1	18,48	18,48	18,48	0,75	0,398
Tria *var	3	294,52	294,52	98,17	4,01	0,026
Error	16	391,70	391,70	24,48		
Total	23	1403,49				

- Observation inhabituelle pour la teneur de la chlorophylle (a) :

Le traitement statistique ANOVA à deux critères de classification indique que :

- ❖ Entre les deux variétés $p > 0,05$ donc il existe une différence non significative.
- ❖ Pour l'interaction variété et traitement $p < 0,05$ donc l'effet est significatif.

- One-way ANOVA : Taux de Chlorophylle (b) de la variété Vitron versus Traitement :

Source	DF	SS	MS	F	P
Trai	3	58,5	19,5	1,17	0,380
Error	8	133,3	16,7		
Total	11	191,8			

Selon L'analyse de la variance au seuil de sécurité 5%, les résultats montrent que les niveaux de stress (25% ; 50% ; 75% 100%) ont un effet non significatif sur le taux de Chlorophylle (b) de la variété Vitron ($p > 0,05$).

- One-way ANOVA : Taux de Chlorophylle (b) de la variété Mawna versus Traitement :

Source	DF	SS	MS	F	P
Trai	3	59,8	19,9	0,70	0,576
Error	8	226,2	28,3		
Total	11	286,0			

Résultats et discussions

Pour le taux de Chlorophylle (b) de la variété Vitron ($p > 0,05$), donc l'effet est non significatif pour tous les niveaux de stress (25% ; 50% ; 75% 100%).

• General Linear Model: chlo b versus Trai; var:

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tria	3	94,50	94,50	31,50	1,40	0,279
var	1	26,90	26,90	26,90	1,20	0,290
Tria *var	3	23,76	23,76	7,92	0,35	0,788
Error	16	359,50	359,50	22,47		
Total	23	504,66				

Observation inhabituelle pour la teneur de chlorophylle :

Selon le traitement statistique ANOVA à deux critères de classification, on constate que :

- ❖ Entre les deux variétés $p > 0,05$ donc il existe une différence non significative.
- ❖ Pour l'interaction variété et traitement l'effet est non significatif ($p > 0,05$).

• One-way ANOVA : taux de Chlorophylle (a+b) de variété Vitron versus Traitement :

Source	DF	SS	MS	F	P
Trai	3	2398,9	799,6	12,42	0,002
Error	8	515,1	64,4		
Total	11	2914,1			

L'analyse de la variance au seuil de sécurité 5% montre que les niveaux de stress (25% ; 50% ; 75% 100%) appliquées seules ont un effet significatif sur le taux de Chlorophylle (a+b) de variété Vitron ($p > 0,05$) et le traitement 2 a donné la grande valeur par rapport aux autres traitements.

Trai	N	Mean	Grouping
2	3	68,323	A
0	3	42,220	B
3	3	41,630	B
1	3	29,593	B

Résultats et discussions

L'analyse de la variance au seuil de sécurité 5% montre que les niveaux de stress (25% ; 50% ; 75% 100%) appliquées seules ont un effet non significatif sur le taux de Chlorophylle (b) de variété Mawna ($p>0,05$).

• General Linear Model: chloa+b V2 versus Trai v; var:

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tria	3	2348,9	2348,9	783,0	5,92	0,006
var	1	0,0	0,0	0,0	0,00	0,995
Tria *var	3	789,8	789,8	263,3	1,99	0,156
Error	16	2116,9	2116,9	132,3		
Total	23	5255,6				

Observation inhabituelle pour la teneur de chlorophylle (a+b) :

Le traitement statistique ANOVA à deux critères de classification indique que :

- ❖ Entre les deux variété $p>0,05$ donc il existe une différence non significative.
- ❖ Pour l'interaction variété et traitement $p>0,05$ donc l'effet est non significatif.

9-Taux de turgescence cellulaire :

Des plantes exposées au stress hydrique présentent des diminutions dans la mesure où les niveaux des stress diminuent chez la variété e blé dur.

Pour le blé tendre les résultats sont affichés comme suite :

Pour le témoin 0,0013, pour le stress de 75% de capacité au champ 0,0011, pour 50% d capacité au champ 0,0024 et en fin pour 25% de capacité au champ 0,0014 (figure33).

Résultats et discussions

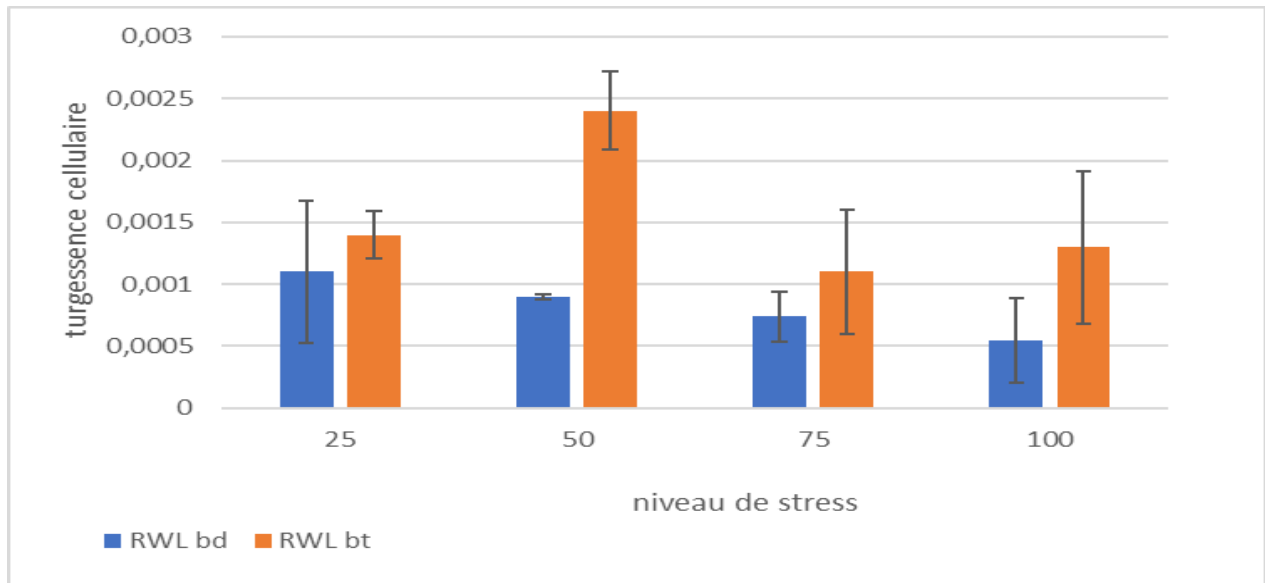


Figure32 : Taux de turgescence cellulaire de blé dur (Vitron) et blé tendre (Mawna).

Analyses statistique:

- One-way ANOVA : le Taux de turgescence cellulaire de la variété Mawna versus Traitement :

Source	DF	SS	MS	F	P
Trai	3	0,0000005	0,0000002	0,13	0,938
Error	8	0,0000102	0,0000013		
Total	11	0,0000107			

L'analyse de la variance au seuil de sécurité 5% montre que tous les niveaux de stress (25% ; 50% ; 75% 100%) ont un effet non significatif sur le Taux de turgescence cellulaire ($p > 0,05$).

- One-way ANOVA : Taux de turgescence cellulaire de la variété Vitron versus Traitement :

Source	DF	SS	MS	F	P
Trai	3	0,0000003	0,0000001	0,91	0,479
Error	8	0,0000010	0,0000001		
Total	11	0,0000013			

Résultats et discussions

L'analyse de la variance au seuil de sécurité 5% montre que les niveaux de stress (25% ; 50% ; 75% 100%) appliquées seules ont un effet non significatif sur le Taux de turgescence cellulaire ($p>0,05$).

• **General Linear Model: TDEV2 versus Trai v2; var v2:**

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Tria v2	3	0,0000006	0,0000006	0,0000002	0,27	0,848
var v2	1	0,0000005	0,0000005	0,0000005	0,67	0,426
Tria v2*var v2	3	0,0000003	0,0000003	0,0000001	0,13	0,940
Error	16	0,0000112	0,0000112	0,0000007		
Total	23	0,0000125				

AV2 de la Turgescence cellulaire :

Le traitement statistique ANOVA à deux critères de classification montre que :

- ❖ Entre les deux variétés $p>0,05$ donc il existe une différence non significative.
- ❖ Pour l'interaction variété et traitement $p>0,05$ donc l'effet est non significatif.

Résultats et discussions

Discussion :

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), dans notre travail nous avons noté qu'il n'y a pas de changement significatif de la surface foliaire entre les traitements chez Vitron et Mawna.

La teneur relative en eau est affectée par le stress hydrique. 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). Pour notre travail, nous avons remarqué qu'il n'y a pas de changement significatif pour les deux variétés.

Pour la longueur des racines, les résultats obtenus ont montré des différences non significatives entre les traitements et entre les deux variétés. Bendrimia et Bensafia en 2018 ont noté une diminution de la longueur de des racines chez Vitron et Waha en cas de stress faible et une augmentation en cas de stress sévère.

L'intensité du stress hydrique imposé a provoqué une réduction de la longueur des racines des deux variétés Carioca et Vitron 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). Le développement du système racinaire joue un rôle essentiel dans l'alimentation hydrique et minérale de la plante, ces racines sont affectées par un déficit hydrique, le volume racinaire global est fortement affecté par le déficit hydrique (Benlaribi et al., 1990 cité in Brahim, 2017).

L'arrêt de l'apport en eau entraîne une réduction de la biomasse aérienne des plantes sous stress hydrique (Parry et al., 2005 ; Lebon et al., 2006). Cette diminution est une réponse à la déshydratation et contribue à la conservation des ressources en eau par contre pour notre travail on trouve une liaison non significative.

Résultats et discussions

Les résultats de Lamara et *al.* (2021) montrent que les sensibilités au stress augmentent d'autant plus que le stress devient plus sévère. Les régressions ont atteint, respectivement, pour le poids des matières fraîches racinaire. Mais pour notre étude le poids fraîches des racines non compatible ou bien non significative avec le degré de stress.

En période de déficit hydrique les pigments chlorophylliens sont les plus touchés. Plusieurs travaux ont montré que le stress hydrique impose une diminution de la teneur en pigments chlorophylliens (à et b) chez le blé, cela peut être due à la fermeture des stomates qui limite l'assimilation photosynthétique ou peut être le résultat de la dégradation de la chlorophylle (Fahmi et *al.*, 2011). Par contre nos résultats de la teneur en chlorophylle ont augmenté seulement pour le traitement 50% de capacité au champ pour les deux variétés.

La diminution du potentiel hydrique du sol en condition de sécheresse provoque une perte importante de la turgescence au niveau de la plante (HENCHI, Année cité in Mouellef, 2010). Dans notre étude chez la variété Vitron lorsque le stress augmente la turgescence augmente aussi, par contre chez la variété Mawna l'augmentation est plus remarquable à 50% de capacité au champ.

Conclusion

Conclusion

Le stress hydrique affecte le développement et le bon fonctionnement des plantes. Par ailleurs, et pour bien se développer, la plante doit disposer des mécanismes d'adaptation qui lui permettent de supporter la sécheresse.

Notre étude a porté sur deux espèces céréalières, blé dur (*Triticum durum* Desf.) et blé tendre (*Triticum aestivum* L.) cultivées sous la serre de l'université 8 mai 1945 à Guelma.

Ce travail est basé sur le suivi et l'analyse comparative de quelques paramètres physiologiques et morphologiques (caractères de production et d'adaptation) des deux variétés : blé dur (Vitron) et blé tendre (Mawna), sous quatre niveaux d'irrigation de stress hydrique (0, 100, 75, 50, et 25% de la capacité au champ) et un témoin irrigué.

Avant de réaliser notre étude, un test de germination a été réalisé au laboratoire afin de déterminer le pourcentage de germination des deux variétés.

D'après les résultats obtenus on a pu observer que les niveaux de stress appliqués ont un effet non significatif pour les deux variétés sur la surface foliaire.

La longueur des racines est un paramètre de résistance face au stress hydrique, nos résultats ont montré des différences non significatives entre les traitements et entre les deux variétés.

Pour la longueur des tiges, nous avons constaté que les deux variétés étudiées ont répondu de la même manière dans les différents régimes hydriques.

Le poids frais des racines, poids frais des tiges, poids sec des tiges et poids sec des racines, ne présentent aucune différence entre les deux variétés.

La teneur relative en eau des feuilles constitue l'un des principaux paramètres de résistance à la sécheresse, dans notre travail les études statistiques ont montré les mêmes

Conclusion

réponses chez le témoin et les plantes stressées pour les deux variétés. Ce même résultat a été observé aussi pour la turgescence cellulaire

Pour la teneur en chlorophylle, nous avons observé que les niveaux de stress appliqués ont un effet significativement différent pour le taux de Chlorophylle (a) chez la variété Vitron et un effet non significatif pour la variété Mawna

Pour le taux de chlorophylle (b) il ya un effet non significative pour les deux variétés.

+Finalement pour le taux de chlorophylle (ab) nous avons noté un effet significatif pour la variété Vitron et non significatif pour la variété Mawna

Donc on peut conclure que les deux variétés ont presque la même stratégie de tolérance et on recommande de poursuivre notre travail par l'étude d'autres paramètres de résistance (teneur en proline, en sucres totaux etc.

Référence bibliographique

Référence bibliographique

- **Boulal H., El Mourid M., Rezgui S., Zeghouane O. 2007** : Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Edition : ITGC, INRA Algérie et ICARDA : 176 p.

- **Passioura, J.B. (2004)** Grain Yield, Harvest Index, and Water Use of Wheat. Journal of the Australian Institute of Agricultural Science, 43, 117-120.

- **Patel, N.R., Mehta, A.N. and Shekh, A.M. (2001)** Canopy Temperature and Water Stress Quantification in Rainfed Pigeonpea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.). Agricultural and Forest Meteorology, 109, 223-232

- **Tardieu, F. and Simonneau, T. (1998)** Variability among Species of Stomatal Control under Fluctuating Soil Water Status and Evaporative Demand: Modelling Isohydric and Anisohydric Behaviours. Journal of Experimental Botany, 49, 419-432.

- **Wilcoxson. R.D, saari , E. E.1996**: Bunt and Smut diseases of wheat concepts and methods of diseases management. CIMMYT, Mexico.

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

Acevedo, E., Silva, P., & Silva, H. (2002). Wheat growth and physiology, In: Curtis, B. C., Rajaram, S., and Macpherson, G. H., Bread wheat. Improvement and Production, Eds. Food and Agriculture Organization, Rome, 30: 34 - 70.

Belaid, D. (1987). Etude de la fertilisation azotée et phosphatée d'une variété de blé dur (Hedba3) en conditions de déficit hydrique, Mémoire de magister. INA - El Harrach, Alger, 108p.

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.

Référence bibliographique

Doré, T., Le Bail, M., Martin, P., Ney, B., & Roger-Estrade, J. (2006). L'agronomie aujourd'hui. Quae, Versailles Cedex. 114-118p.

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

Bouchelaghem S., 2012. Contribution 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. Constantine.

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

Tahri, E., Belabed, A., & Sadki, K. (1997). Effet d'un stress osmotique sur l'accumulation de proline, de chlorophylle et des ARNm codant pour la glutamine synthétase chez trois variétés de blé dur (Triticum durum Desf.). Bulletin de l'Institut Scientifique. Rebat, 21: 81-89 .

Monneveux, P., & This, D. (1997). La génétique face au problème de la tolérance des plantes cultivées à la sécheresse : espoirs et difficultés. Sécheresse, 8 : 29-37

El Midaoui, M., Benbella, M., Aït Houssa, A., Ibriz, M., & Talouizte, A. (2007). Contribution à l'étude de quelques mécanismes d'adaptation à la salinité chez le tournesol cultivate (Helianthus annuus L.), Revue HTE, N°136 : 29-34.

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.

Debiton C, 2010. Identification des critères du grain de blé (TriticumaestivumL.) favorables à la production de bioéthanol par l'étude d'un ensemble de cultivars et par l'analyse protéomique de lignées isogéniqueswaxy. Thèse.Doct. Univ, Blaise Pascal.arid environment, 5(2), 17-25.

Amrouche, I., & Mesbah-El, K.A. (2017). Effet du stress abiotique sur l'accumulation des

Référence bibliographique

protéines totales chez deux variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.). Mémoire de Master en Biologie et Génomique Végétale. Université des Frères Mentouri Constantine. 25p.

_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.

_El Jaafari, S., & Paul, R. (1993). Accumulation foliaire de proline et résistance à la sécheresse chez le blé (*Triticum aestivum* L). Arch Int Physiol Biochem Biophys 101 : B8

_Gallais, A., & Bannerot, H. (1992). Amélioration des espèces végétales cultivées : objectifs et critères de sélection. INRA éditions. 759 p.

_Hamadache, A. (2013). Eléments de phytotechnie générale : Grandes Culture- Tom I : Le blé. 1ère édition. Mohamed Amrani. 49-69.

_Hayek, T., Ben Salem, M., & Zid, E. (2000). Mécanisme ou stratégie de résistance à la sécheresse: Cas du blé, de l'orge et du triticale. CIHEAM-IAMZ, Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens, 40: 287-290.

_Herbek, J., & Lee, C. (2009). Growth and development. In: A comprehensive guide to wheat management in Kentucky. The Univ. of Kentucky. <http://www.uky.edu/Ag/GrainCrops/ID125Section2.html> (accessed 29 Nov. 2012).

_Hopkins, W. G. (2003). Physiologie végétale. 2ème édition. De Boeck, Bruscelles: 61-476p.

_Hsissou, D. (1994). Sélection In vitro et caractérisation de mutants de blé dur tolérants à la sécheresse. Thèse de doctorat. Univ. Catholique de Louvain.

_INRA. (2000). La résistance des plantes à la sécheresse. Centre de Montpellier.

_Karou, M., Haffid, R., Smith, D. N., & Samir, K. (1998). Roots and growth water use and water use efficiency of spring durum wheat under early-season drought. Agronomy, 18: 181-186.

_Gate, P. H. (1995). Ecophysiologie du blé ; Technique et documentation : Lavoisier, Paris, 429

Référence bibliographique

_Laberche J-C, 2004. La nutrition de la plante In Biologie Végétale. Dunod. 2e (éd). Paris: 154-163p.

_Richards, R. A., Reitzke, G. J., Van Herwaarden, A. F., Duggan, B. L., & Condon, A. (1997) Improving yield in rainfed environments through physiological plant breeding. Dryland Agriculture, 36: 254-66.

_Robert, D., Gate, P., & Couvreur, F. (1993). Les stades du blé. Editions ITCF. 28 p.

_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.

_Seyed, Y. S. L., Rouhollah, M., Mosharraf, M. H., & Ismail, M. M. R. (2012). Water Stress in Plants: Causes, Effects and Responses, Water Stress, Prof. Ismail Md. Mofizur Rahman(Ed.),ISBN:978-953-307-963-9, InTech,<http://www.intechopen.com/books/water-stress/water-stress-inplants-causes-effects-and-responses>.

_Singh, T. N., Paleg, L. G., & Aspinall, D. (1973). Nitrogen metabolism and growth in barley plant during water stress. Aust. J. Biol. Sci., 26: 45-56.

_Slama, A., Ben Salem, M., Ben Naceur, M., & Zid, E., (2005). Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance (Inrat),16 (3) : 225-229

_Turner, N. C. (1986). Adaptation to water deficits: A changing perspective. Aust J Plant Physiol, 13: 175-190.

_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.

Référence bibliographique

Yokota, A., Takahara, K., & Akashi, K. (2006). Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants. Springer, 15–39p.

1_ <https://www.google.com/search?q=composition+d%27un+grain+de+bl%C3%A9&aq=c&oeq=chrome.0.35i39i362l15.-1j0j7&client=ms-android-xiaomi-rvo3&sourceid=chrome-mobile&ie=UTF-8> (13 -06-2022)

2_ <https://www.google.com/search?q=stade+de+d%C3%A9veloppement+de+ble+dur&aq=chrome.69i57j33i160l3j33i22i29i30.10864j0j9&client=ms-android-xiaomi-rvo3&sourceid=chrome-mobile&ie=UTF-8> (13 -06-2022)

3_ https://www.google.com/search?q=les+plantes+adventices+du+bl%C3%A9&client=ms-android-xiaomirvo3&prmd=inv&sxsrf=ALiCzsaJMqWlOYzBPIRVnwzHct8KPo4vw:1654291323817&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiyv9e1m5L4AhUf8rsIHc5PDSwQ_AUoAXoECAIQAQ#imgrc=reG9xoi0BrSfJM (13 -06-2022)

35, 28-34.

4_ https://www.google.com/search?q=charbon+du+bl%C3%A9&client=ms-android-xiaomi-rvo3&prmd=ivn&sxsrf=ALiCzsantWrZxEQZ3a18lhsP0UeCOwOa_g:1654292473635&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjk_g_vZn5L4AhUQgv0HHbRYDS4Q_AUoAXoECAIQAQ(13-06-2022)

5_ https://www.google.com/search?q=carie+de+bl%C3%A9&client=ms-android-xiaomi-rvo3&prmd=ivn&sxsrf=ALiCzsZjPVSuKNP4V3OGdxy3GOYkX_y6nQ:1654291937026&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwigg4vanZL4AhWGIP0HHTwsD1kQ_AUoAXoECAIQAQ&biw=360&bih=669&dpr=2 (13 -06-2022)

6_ <https://www.google.com/search?q=++les+rouilles+du+bl%C3%A9+&tbm=isch&ved=2ahUKEwikzZHozJL4AhUIXxoKHYQWCb0Q2-cCegQIABAC> (13 -06-2022)

7_ <https://www.google.com/search?q=effet+de+stress+hydrique+sur+le+ble&oeq=chrome.69i57j33i160l4j33i22i29i30l3j33i15i22i29i30.11925j0j9&client=ms-android-xiaomi-rvo3&sourceid=chrome-mobile&ie=UTF-8> (13 -06-2022)

Référence bibliographique

- Abeledo L.G., Savin R., Gustavo A. & Slafer., 2008.**Wheat productivity in the Mediterranean Ebro Valley: Analyzing the gap between attainable and potential yield with a simulation model. *Europ. J. Agronomy*. 28. 541-550p.
- Aidani, H. (2015).** Effet des attaques de Capucin des grains (*Rhizopertha dominica*) sur les céréales stockées. « Estimation sur la perte pondérale et le pouvoir germinatif Cas de blé dur dans la région de Tlemcen ». Mémoire de Master en Agronomie. Université des Frères Mentouri Abou Bekr Belkaid Tlemcen. 4p.
- Amouri, A.A., Fyad Lameche, F.Z., & Karkachi, N. (2015).** Variabilité de la tolérance au stress salin chez deux genotypes contrastes d'une légumineuse *Medicago truncatula* au stade germination. *Algerian journal of arid environment*, 5(2), 17-25.
- _Moule C., 1971** Céréales Tom 2. La Maison Rustique –Paris. 43_45p
- _Feillet P., 2000.**Le grain de blé composition et utilisation. Ed. INRA. Paris, 308 p.
- 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 es Sciences Naturelles, Université Paris VII, 282p.
- Annual review of plant biology*, 40(1), 95-117.
- Bailey KL, Couture L, Gossen BD, Gugel RK, Morrall RAA. 2004.** Maladies des grandes
- Beck, E., & Ziegler, P. (1989).** Biosynthesis and degradation of starch in higher plants.
- Belaid D, 1996.** Aspects de la céréaliculture Algérienne. Ed. Office des publications universitaires, Ben-Aknoun (Alger), 206 p
- Belaid D, 1996.**Aspects de la céréaliculture Algérienne. Ed. Office des publications universitaires, Ben-Aknoun (Alger), 206 p
- Ben Rejeb, K., Abdelly, C., & Savouré, A. (2012).** La proline, un acide aminé multifonctionnel impliqué dans l'adaptation des plantes aux contraintes environnementales. *Biologie Aujourd'hui*, 206 (4) : 291-299.

Référence bibliographique

- Ben Rejeb, K., Abdely, C., & Savouré, A. (2012).** La proline, un acide aminé multifonctionnel impliqué dans l'adaptation des plantes aux contraintes environnementales. *Biologie Aujourd'hui*, 206 (4) : 291-299
- Benbelkacem A, 1991.** Adaptation of cereals to extreme environments, *Field crops Research*.
- Bendrimia H. et Bensafia S. (2018).** Etude des variations morpho-physiologique et biochimique au stade de germination et croissance de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* DESF.) Mémoire de Master en Amélioration des plantes. Université B.B.A. 54pages.<http://www.jstor.org/stable/23695975>
- Bonjean A. (2001).** Histoire de la culture des céréales et en particulier celle de blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Dossier de l'environnement de l'INRA, N°21 :29-37.
- Boubekeur R., Ezzahiri B., Benbelkacem A . 1996.** étude de la virulence de quelques isolats maghrébins de *puccinia recondita* f.sp.*tritici* agent de la rouille brune du blé., *Proceedings deuxième symposium régional sur les maladies des céréales et des légumineuses alimentaires*
- Bouchabké O., Tardieu F. & Simonneau T. (2006)** Leaf growth and turgor in growing cells of maize (*Zea mays* L.) respond to evaporative demand in well-watered but not in water saturated soil. *Plant, Cell & Environment* 29, 1138–1148
- Bouchelaghem S., 2012.** contribution 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. Constantine.
- Boufenar-Zaghouane, F., & Zaghouane, O. (2006).** Guide des principales variétés de céréales à paille en Algérie (blé dur, blé tendre, orge et avoine). ITGC P, 154.
- Boulal H., Zaghouane O., EL Mourid M. et Rezgui S. (2007).** Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Ed. ITGC, INRA, ICARDA, Algérie, 176 p.
- Bouzerzour, H., Bahlouli, F., Benmahammed, A., & Djekoun, A. (2000).** Cinétique d'accumulation et de répartition de la biomasse chez des génotypes contrastés d'orge (*Hordeum vulgare* L.). *Sciences Technologie*, 13: 59-64.
- Brahimi H. (2017).** Variations phénotypiques pour la tolérance aux stress salin et hydrique chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Mémoire de Master en BVM. Université Mohamed Boudiaf - M'sila. 55pages.

Référence bibliographique

-Chafai, S. (2012). Étude de l'effet du Stress e hydrique Sur un collection de lignées de medicago truncatula, université chlef, Algérie.

-Choueiri, E. (2003). Stratégie et politique agricole, analyse des filières : la céréaliculture. Document de Travail, Ministère de l'Agiriculture. République Libanaise. FAO Projet "Assistance au Recensement Agricole.

-Clark J.M., Norvell W.A., Clark F.R. & Buckley T.W., 2002. Concentration of cadmium and other elements in the grain of near-isogenic durum lines. Can. J. Plant Sci./Revue canadienne de phytotechnie. 82 : 27-33 p.

-Cornic, G. (2008). Effet de la contrainte hydrique sur la photosynthèse foliaire: De l'utilisation

-Cosgrove D.J. (2005) Growth of the cell wall. Nature Reviews. Molecular Cell Biology 6, 850–861

-CRETOIS A., 1985 : Valeur technologique de quelques variétés de blé. Bull. Industries des céréales N°20, 26, 32.

-Croston RP., JT. Williams (1981). A world survey of wheatgeneticresources. IBRG. Bulletin/80/59, 37 pages.

cultures au Canada. Éd. La Société canadienne de Phytopathologie

-Daguenet ,G.,1990.Les dégats de certaines maladies cultivar,266:50- 52cs, p 13-17.

-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.

-Darbyshire, B. (1974). The function of the carbohydrate units of tree fungal enzymes in their resistance to dehydration. Plant Physiol., 54: 717-721.

Doucikhalfi,A.,Bachir,A.,Mehenni,A.,Zeltni,A.,Bouchata,k.,Benarbia,N.,Boukhenaf,S.,Douha,A.,Assous ,k., Madani ,M.,Benlakehal,Z.,(2019)guide des varietes des céréales nouvellement inscrites en Algérie .

-Doussinault G., Kaan F., Lecomte C. et Monneveux P. (1992). Les céréales à paille :

-Dubos, C. (2001). Réponse moléculaire de jeunes plants de pin maritime soumis à un stress hydrique en milieu hydroponique. Thèse de doctorat en biologie Forestière, Université Henri Poincaré, Nancy I: 225p

Référence bibliographique

- El fakhri, M., Mahboub, S., Benchekroun, M., & Nsarellah, N. (2010).** Effet du stress hydrique sur la répartition ionique dans les feuilles et les racines du blé dur (*Triticum Durum*). *Nature & Technologie*, 05: 66-71..
- Eyal Z., Scharen A.L., Perscott J.M., and M. Van Ginel. 1987.** The septoria diseases of wheat: Concepts and methods of diseases management. Mexico, D.F: CIMMYT, 52 pages.
- FAO., 2007.** Perspective alimentaires. Analyse des marchés mondiales. <http://www.fao.org/010/ah864f/ah864f00.htm>.
- Feliachi, K., Amroun, R., & Khaldoun, A. (2001).** Impact de la sécheresse sur la production des céréales cultivées dans le nord de l'Algérie. Céréaliculture-ITGC Algérie,
- Gaufichon, L., Prioul, J. L., & Bachelier, B. (2010).** Quelles sont les perspectives d'amélioration génétique de plantes cultivées tolérantes à la sécheresse? In. Etude de la foundation FARM and water status. *Plant Physiol.* 124:1393-1402p.
- Granier, C., Inzé, D., & Tardieu, F. (2000).** Spatial distribution cell division rate can be deduced from that of P34cdc2 kinase activity in maize leaves grown in contrasting conditions of temperature.
- Hajlaoui, H., Denden, M., & Bouslama, M. (2007).** Etude de la variabilité intraspécifique de tolérance au stress salin du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) au stade germination. *Tropicultura*, 25(3), 168-173
- Harlan J.R. (1975).** Our vanishing genetics resources. *Science*, 188: 618-621
- Henchi, B. (1987).** Effets des contraintes hydriques sur l'écologie et l'écophysiologie de *Plantago albicans*. L. Thèse de doctorat d'État, univ Tunis.
- Henry, Y., & De Buyser, J. (2001).** L'origine des blés. In : Belin. Pour la science (Ed.). De la graine à la plante. Ed. Belin, Paris, pp. 69-72
- Ingram, J., & Bartels, D. (1996).** The molecular basis of dehydration tolerance in plants. *Annual review of plant biology*, 47(1), 377-403.

Référence bibliographique

-Kabongo thiabukole j. (2018). évaluation de Sensibilité aux Stress hydriques du maïs (*Zea may L.*) cultive dans la Savane du Sud ouest de la RD congo, cas de mvuazi, université laurentienne d'ontario ,congo.

-Kaiser, W. M. (1987). Effect of water deficit on photosynthetic capacity. *Physiol. Plant*, 71, 142-149.

-Plaut, Z., & Federman, E. (1991). Acclimation of CO₂ assimilation in cotton leaves to water stress and salinity. *Plant Physiol.*, 97 : 515-522.

-Kellou R ., 2008 .Analyse du marché algérien du blé dur et les opportunités d'exportation pour les céréaliers français dans le cadre du pôle de compétitivité Quali-Méditerranée. Le cas des coopératives Sud Céréales, Groupe coopératif Occitan et Audecoop, 168p.

-Lawlor, D.W. and Cornic, G. (2002) Photosynthetic Carbon Assimilation and Associated Metabolism in Relation to Water Deficits in Higher Plants. *Plant, Cell & Environment*, 25, 275-294. <https://doi.org/10.1046/j.0016-8025.2001.00814.x>

-Lery F. (1982).L'agriculture au Maghreb ou pour une agronomie méditerranéenne. Ed. Maisonneuve et Larose, Paris, 338 p.

-Levy, A. A., & Feldman, M. (2002). The impact of polyploidy on grass genome evolution. *Plant Physiol*, 130: 1587-1593.

-Luquet, D., Vidal, A., Dautat, J., Bégué, A., Olios, A. and Clouvel, P. (2004) Using Directional TIR Measurements and 3D Simulations to Assess the Limitations and Opportunities of Water Stress Indices. *Remote Sensing of Environment*, 90, 53-62. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2003.09.008>

-Merabet B.A, et A. Bouthiba.2004.Effet de l'irrigation de complément sur quelquesvariétés de blé dur dans une région semi-aride (Plaine du Cheliff) *Annales INA ElHarrach (Alger)*. 25: 89-107.

-Monneveux P. 1991. Quelles stratégies pour l' amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique des céréales d'hiver. In : l'amélioration des plantes pour l'adaptation au milieu arides.(éd). Aupelf-Uref.J. Eurotxt.L. Paris: 165 -186 p.

-Muller B., Bourdais G., Reidy B., Bencivenni C., Massonneau A.,Condamine P., Rolland G., Conéjéro G., Rogowsky P. & TardieuF. (2007) Association of specific expansins with growth in

Référence bibliographique

maizeleaves is maintained under environmental, genetic, and developmental sources of variation. *Plant Physiology* 143, 278–290

-Prescott J.M., Burnett P A, Saari E E., Ransom J., Bowman J., De milliano w., Singh R P., Bekele G.,1987. Maladies et ravageurs du blé. Guide identification au champ. CIMMYT, Mexico.135p.

présentation générale. In : Gallais A. et Bannerot H. (Eds.), Amélioration des espèces végétales cultivées. Ed. INRA, Paris, pp. 13-21

-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 2:2157-217

-Sayoud,R. ,Ezzahiri,B.,&Bouznad ,Z.,1999,Les maladies des céréales et des légumineuses alimentaires. PNUD RAB/91/007.Algérie-64pages.

-Ezzahiri B., 2001. Les maladies du blé : identification, facteurs de développement et méthodes de lutte. Bulletin de transfert de technologie en agriculture, N° 77, 4p

-Seyed, Y. S. L., Rouhollah, M., Mosharraf, M. H., & Ismail, M. M. R. (2012). Water Stress in Plants: Causes, Effects and Responses, Water Stress, Prof. Ismail Md. Mofizur Rahman (Ed.), ISBN: 978-953-307-963-9, In Tech, <http://www.intechopen.com/books/water-stress/water-stress-inplants-causes-effects-and-responses>

-Tang A.C. & Boyer J.S. (2002) Growth-induced water potentialsand the growth of maize leaves. *Journal of Experimental Botany*53, 489–503

-Wardlaw, I. F. (2002). Interaction between drought and chronic high temperature during kernel.

-Wiese.M .v. 1987. Compendium of wheat diseases; APS PRESS , the American phytopathological society. 112p

-Wilcoxson .R.D, saari , E. E.1996: Bunt and Smut diseases of wheat concepts and methods of diseases management. CIMMYT, Mexico.

-Witcombe J. R. (2009). Breeding for abiotic stress for sustainable agriculture. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 363: 703 -716

-Yang, H.S., Dobermann, A., Lindquist, J.L., Walters, D.T., Arkebauer, T.J. andCassman, K.G.(2004) Hybrid-Maize—A Maize Simulation Model That Combines Two Crop Modeling Approaches. *Field Crops Research*, 87, 131-154.

Référence bibliographique

-Zahir, S. Farih, A. Badoc, A. Douira, A 2007: importance des septorioses dans les champs de blés marocains , Bull. Soc. Pharm. Bordeaux, 2