

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

FACULTE : Sciences

DEPARTEMENT : SNV

N° :



DOMAINE : SNV

FILIERE : Biotechnologie

*OPTION : Biotechnologie
végétale*

Mémoire présenté pour l'obtention

Du diplôme de Master Académique

Par: BENHAMED Mohamed et BENAMARA Souad

Intitulé

**CARACTERISATION MORPHO PHYSIOLOGIQUE *IN VITRO* AU STADE TALLAGE CHEZ LE BLE DUR
(*Triticum durum* Desf.) SOUS STRESS HYDRIQUE**

Soutenu devant le jury composé de:

SARRI Madani	Professeur	UMB-Msila	Président
BENDERRADJI Laid	Professeur	UMB-Msila	Encadreur
GHADBANE Mouloud	Maitre de Conférences -A-	UMB-Msila	Examineur

Année universitaire : 2019 /2020

Remerciements

الحمد لله الذي هدانا لهذا وما كنا لنهتدي لولا ان هدانا الله

Nous remercions avant tout **ALLAH**, notre créateur pour nous avoir donné de la force et le courage à accomplir ce travail.

Nous remercions vivement notre encadreur : *Mr. BENDERRADJI Laid* pour avoir accepté de diriger ce travail, pour son aide, sa compréhension et ses conseils tout au long de ce travail.

Un grand merci à *Mme MASSOUDI Noura* pour ses conseils et orientation et son suivi durant ce travail du début jusqu'à la fin.

Nous exprimons mes remerciements aux honorables membres de jury: *Mr. SARRI Madani et Mr. GHADBANE Mouloud*, pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de juger notre travail.

Nous tenons à remercier L'équipe du laboratoire de Biotechnologies Végétales

Mes remerciements s'adressent également à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin à réaliser ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce travail à mes chers parents **Athman** et **Failla** qui sacrifient toute leur vie pour moi, à mes sœur **Lina, Amel**, Mon frère **Hicham**, mes chers Amis: **ZIANE Mohamed, BENHAMED Akram, BENHAMED Khalid, NOUR AL HOUDA**

Tous mes collègues de la spécialité : Biotechnologie Végétale qui font notre équilibre, pour leur présence dans notre vie.

MOHAMED

Dédicaces

Je dédie ce mémoire

A mes chers parents : Ahmed et Massouda

Sources de mes joies, secrets de ma force

Vous serez toujours le modèle

Papa, que dieu ait pitié de lui

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

Merci pour tous vos sacrifices pour que vos enfant Grandissent et prospèrent

Merci de trimer sans relâche, malgré les péripéties de la vie

Merci d'être tout simplement mes parents

C'est à vous que je dois cette réussite

Et je suis fière de vous l'offrir

A mes frères : Karim, Oussama, Hamza et Ramzi

A mes sœurs: Aicha, Sara ,ma jumeaux Hadjira

A les enfants de me frère :Rahafe, djoury et Ahmede

La femme et les enfants de me oncle

En témoignage de l'attachement, de l'amour et de

L'affection que je porte pour vous

A tous ma famille Ben Amara

Ames enseignants

A mes chères amies Marwa, Iman, Khadidja, Ahlem, Sara

*somaia ,Siham, Yasmin ,shima et mes camarades a ma promotion de 2eme Master
Biotechnologies végétales et Méta génomique de M'sila*

Souad

Liste des Abréviations

CE : Conductivité électrique

CC: Capacité au champ

G% : Taux de germination

IC : Intégrité cellulaire

NGG : Nombre de graines germées

NGT : Nombre de graines testées

PF: Poids frais

PS: Poids sec

PT: Poids de la pleine turgescence

SF: Surface foliaire

TCT: Taux de chlorophylle totale

TRE: Teneur relative en eau

Liste des figures

Figure 01: Origine et diffusion de <i>Triticum turgidum</i>	02
Figure 02: Morphologie de blé dur.....	03
Figure 03: Fleurs et graine (caryopse) de blé.....	04
Figure 04: Anatomie du grain de blé.....	05
Figure 05: Cycle végétatif du blé.....	07
Figure 06: Matériel végétal utilisé.....	17
Figure 07: Germination des grains du blé.....	18
Figure 08: Transfert des plantules et application du stress.....	19
Figure 09: Mesure de la longueur et la largeur de la feuille.....	19
Figure 10: Mesure de la longueur de racine.....	20
Figure 11: Longueur de la feuille et de la coléoptile.....	20
Figure 12: Quelques étapes durant la mesure de la teneur relative en eau.....	21
Figure 13: Chlorophylle mètre SPAD 502.....	22
Figure 14: Cinétique du taux de germination des différentes variétés, en fonction du temps.....	23
Figure 15: Longueur des racines de variétés étudiées dans différents niveaux de stress hydrique.....	23
Figure 16: Effet du stress hydrique sur le nombre de racines.....	24
Figure 17 : Evaluation de la surface foliaire des deux génotypes de blé dur soumis aux différents niveaux de stress hydrique.....	24
Figure 18: Longueur des feuilles de variétés étudiées dans différents niveaux de stress hydrique	25
Figure 19: Longueur de la coléoptile de variétés étudiées dans différents niveaux de stress hydrique.....	25
Figure 20: Effet du stress hydrique sur la teneur relative en eau de variétés étudiés.....	26
Figure 21: Effet du stress hydrique sur le taux de chlorophylle totale en eau de variétés étudiés.....	26
Figure 22: Effet du stress hydrique sur l'intégrité cellulaire IC de variétés étudiées.....	27

Liste des tableaux

Tableau 01: Moyenne globale des paramètres étudiées.....	27
---	-----------

Sommaire

Introduction.....	01
--------------------------	-----------

Chapitre I.Revu bibliographique

I. 1. Etude de la plante	02
I. 1. 1. Historique et origine du blé.....	02
I. 1 .2. Classification botanique et description morphologique du blé dur.....	02
I. 1 .2. 1. Classification botanique.....	02
I. 1 .2. 2. Description morphologique.....	03
* Appareil végétatif.....	03
* Système racinaire.....	03
* Système aérien.....	03
* Appareil reproducteur.....	04
* Grain de blé.....	04
I. 1. 3. Physiologie et cycle de développement du blé.....	05
* Période végétative.....	05
Phase germination – levée.....	05
Phase levée – tallage.....	05
* Période reproductrice.....	06
Phase montaison – gonflement.....	06
Phase épiaison – floraison.....	06
Maturation du grain.....	06
I. 1. 4. Importance et production du blé dans le monde et en Algérie.....	07
I. 2. Le stress hydrique.....	08
I. 2. 1. Effet du stress hydrique sur les plantes.....	08
I. 2. 2. Influence sur la physiologie et la biochimie de la plante.....	09
* Influence sur la membrane plasmique.....	09
* Influence sur la photosynthèse.....	10
* Influence sur les échanges gazeux et la transpiration.....	11
I. 2. 3. Influence sur la morphologie de la plante.....	11
I. 3. Stratégies d’adaptation des plantes au stress hydrique.....	12
I. 3. 1. Stratégie d’esquive.....	12
I. 3. 2. Stratégie d’évitement.....	12

I. 3. 3. Mécanismes morphologiques.....	12
* Réduction de la conduction stomatique.....	12
* Réduction de la croissance foliaire.....	13
* Développement racinaire accru.....	13
I. 3. 4. Mécanismes physiologiques.....	13
* Etat hydrique de la plante.....	13
* Stratégie de tolérance.....	14
A) Accumulation des sucres solubles.....	15
B) Teneur en chlorophylle.....	15
I. 4. Exigences du blé.....	15
I. 4. 1. Exigences pédoclimatiques.....	16
* Température.....	16
* Sol.....	16
* Eau.....	16

Chapitre II. Matériel et Méthodes

II. 1. Objectifs de l'expérimentation et matériel végétal utilisé.....	17
II. 2. Protocol expérimental, test de germination et paramètres de croissance.....	17
II. 2. 1. Test de germination.....	17
II. 2. 2. Transfert des plantules et application du stress hydrique.....	18
II. 3. Paramètres mesurés.....	19
II. 3. 1. Paramètres morphologiques.....	19
II. 3. 1. 1. Surface foliaire (SF « cm ² ».....)	19
II. 3. 1. 2. Longueur des racines.....	20
II. 3. 1. 3. Nombre de racines.....	20
II. 3. 1. 4. Longueur des feuilles et de coléoptile (cm).....	20
II. 3. 2. Paramètres physiologiques.....	21
II. 3. 2. 1. Teneur relative en eau (TRE).....	21
II. 3. 2. 2. Taux de chlorophylle totale (TCT) (Unité de SPAD).....	22
II. 3. 2. 3. Intégrité cellulaire (IC %)......	22

Chapitre III. Résultats et Discussion

III. 1. Taux de germination.....	23
III. 2. Variation des paramètres morphologiques.....	23
III. 2. 1. Action du déficit hydrique sur la longueur des racines.....	23
III. 2. 2. Action du déficit hydrique sur le nombre des racines.....	23
III. 2. 3. Action du déficit hydrique sur la surface foliaire.....	24
III. 2. 4. Action du déficit hydrique sur la longueur des feuilles.....	24
III. 2. 5. Action du déficit hydrique sur la longueur de coléoptile.....	25
III. 3. Variation des paramètres physiologiques.....	25
III. 3. 1. Action du déficit hydrique sur la teneur relative en eau(%).....	26
III. 3. 2. Action du déficit hydrique sur le taux de chlorophylle totale TCT.....	26
III. 3. 3. Action du déficit hydrique sur l'intégrité cellulaire IC.....	27
III. 4. Discussion générale.....	28
Conclusion.....	30

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Introduction

Introduction

Les céréales occupent à l'échelle mondiale, une place primordiale dans les programmes de recherche agricoles. Elles sont les principales sources de la nutrition humaine et animale dans le monde.

Le blé dur constitue un élément essentiel dans la structure de la consommation des céréales. Il est, dans la civilisation occidentale et au Moyen-Orient, un composant central de l'alimentation humaine. Il contribue énormément aux apports caloriques et protéiques des populations de plusieurs pays. (**Slama et al., 2005**).

Dans les milieux arides et semi-arides, les stress abiotiques imposent des limites au développement de la plante en affectant leur croissance et leur rendement. La résistance à ces stress est dépendante du génotype qui développe des stratégies d'adaptation pour répondre à ces changements en ajustant le système métabolique, par des mécanismes morphologiques, physiologiques, pour éviter ou tolérer la contrainte (**Neffar, 2013**).

Les stress abiotiques sont des processus impliqués dans l'élaboration du rendement d'une culture, ils sont influencés par deux types de facteurs, à savoir, les facteurs génétiques (intrinsèque à la plante) et les facteurs environnementaux. Ces contraintes environnementales peuvent être divisées principalement en trois groupes selon leur nature: la composition en éléments minéraux du sol (stress salin), les contenus hydrique du sol et de l'air (stress hydrique), et les chocs thermiques (**Chahbar, 2008**). Les stress hydrique et thermique (gel et hautes températures) affectent le développement de la céréale tout au long de son cycle (**Makhlouf, 2006**).

La sécheresse est considérée comme le facteur le plus important limitant la production des céréales (**Slama et al., 2005**). Il est à signaler que la production des céréales dépend des conditions climatiques, des caractéristiques morphologiques, phénologiques et agronomiques du génotype et, en grande partie, des interactions génotypes- environnement (**Slama et al., 2005**).

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

Notre mémoire est présenté en trois chapitres :

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

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

Le troisième chapitre (III), fait l'objet de la présentation des résultats et leurs discussions obtenues lors dans cette étude.

Le mémoire est achevé, par une conclusion et des perspectives, suivies de la liste de références bibliographiques et des annexes.

Chapitre I

Revue bibliographique

Chapitre I. Revue bibliographique

I. 1. Etude de la plante

I. 1. 1. Historique et origine du blé

Le blé est l'une des premières espèces cultivées par l'homme (7000-10000 ans), il occupe le croissant fertile situé dans la zone couvrant la Palestine, la Syrie, l'Irak et une grande partie de l'Iran (**Croston et Williams, 1981**), des vestiges de blé, diploïde et tétraploïde, remontant au VII^{ème} millénaire avant J. C. ont été découverts sur des sites archéologiques au proche Orient (Figure 01) (**Harlan, 1975**). Le blé dur (*Triticum durum*) est une espèce tétraploïde connue depuis la plus haute antiquité, faisant avec le riz et le maïs la base alimentaire des populations du globe (**Yves et De Buyser, 2000**).



Figure 01 : Origine et diffusion du blé (Source : Bonjean, 2001).

I. 1 .2. Classification botanique et description morphologique du blé dur

I. 1 .2. 1. Classification botanique

Le blé dur est une plante herbacée, appartenant au groupe des céréales à paille. Il est une monocotylédone classée de la manière suivante (**Naville, 2005**).

Règne : Plantae

Sous-règne : Cormophyte

Embranchement : Spermaphytes

Sous-embranchement : Angiospermes

Super ordre : Commeliniflorales

Ordre : Poales

Classe : Monocotylédones

Famille : Graminée

Genre : Triticum

Espèce : *Triticum durum* Desf

I. 1 .2. 2. Description morphologique

* Appareil végétatif

Il s'agit d'une graminée annuelle de hauteur moyenne dont la structure morphologique générale est la suivante (Figure02)

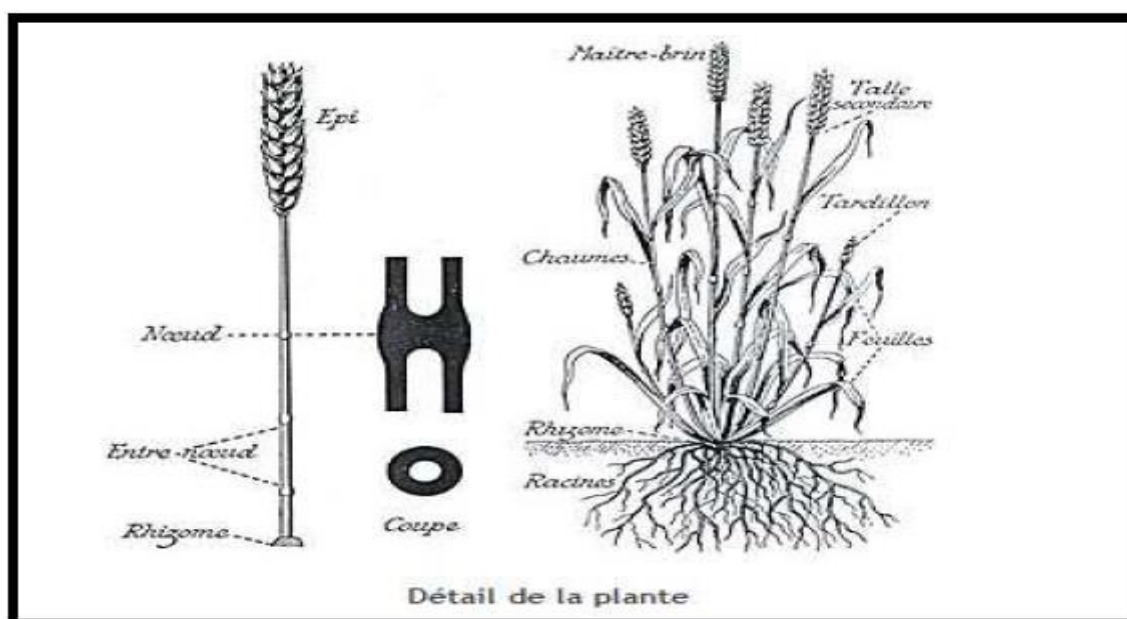


Figure 02: Morphologie de la plante du blé dur (Anonyme, 2003).

* Système racinaire

Le système racinaire est de type fasciculé. En cours de développement. Selon (Belaid, 1996), deux systèmes se forment, à savoir, le système racinaire séminal (primaire) qui fonctionne de la germination au tallage et le système racinaire coronaire (secondaire) qui apparait au stade tallage.

* Système aérien

La tige est cylindrique, séparée par des nœuds (Belaid, 1996). La tige principale appelée le maître brin et des tiges secondaires appelées talles qui naissent à la base de la

plante (Gate, 1995). Les feuilles sont à nervures parallèles et formées en deux parties (inférieure et supérieure).

*** Appareil reproducteur**

Les fleurs sont groupées en inflorescences de type épi (Figure.03). Ce dernier est constitué d'un axe appelé le rachis sur lequel sont fixés les épillets (Belaid, 1996). Le blé est une plante monoïque à fleurs parfaites (Cook et al. 1991). Elle se reproduit par voie sexué et par l'autofécondation (espèce autogame) (Soltner, 1999).

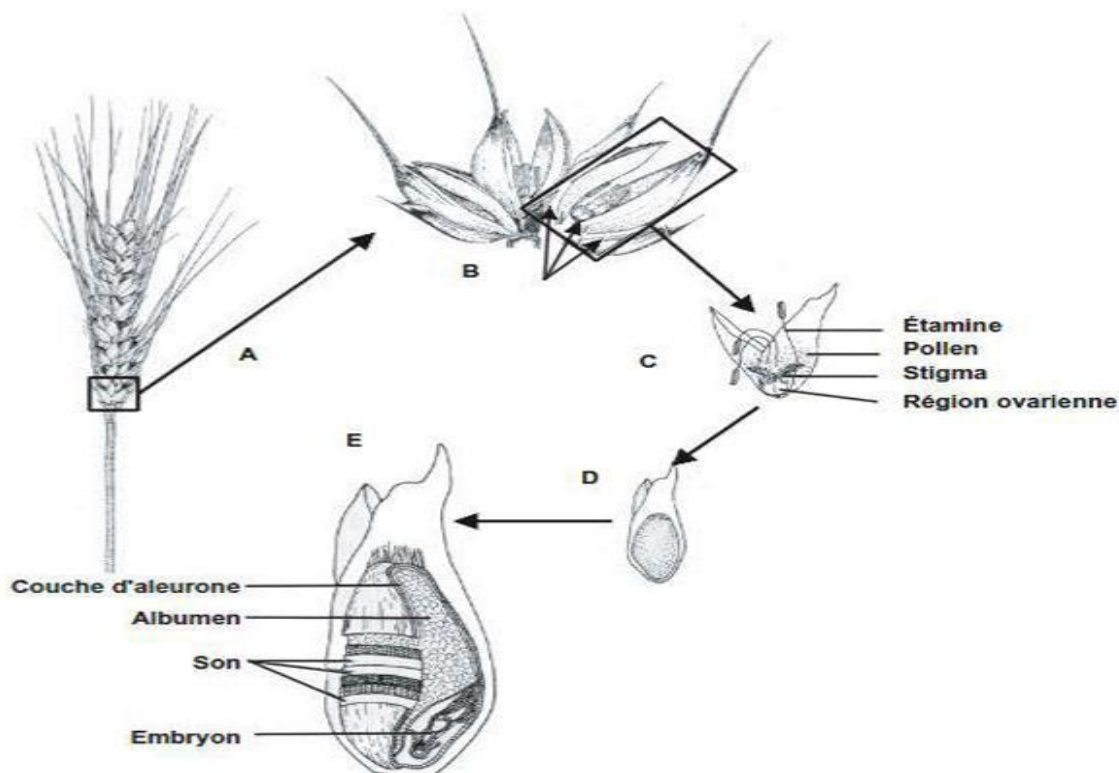


Figure 03: Fleurs et graine (caryopse) de blé (Heiser, 1990).

A. Epi composé de plusieurs épillets possédant plusieurs fleurs ; B. Epillet à trois fleurs ; C. Composantes d'une fleur ; D. Jeunecaryopse ; E. Fruit mature (caryopse)

*** Grain de blé**

Sur le plan morphologique, le grain a une forme ovoïde de coloration blanchâtre à brunâtre avec un sillon sur la face ventrale, il est de taille de 6.5 à 8.5mm de long et son diamètre de 3 à 4mm. Histologiquement, le grain de blé dur est formé de trois types de tissus le germe (3% du poids du grain), les enveloppes (17%) et l'albumen (80%) (Fredot, 2005) (Figure 04).

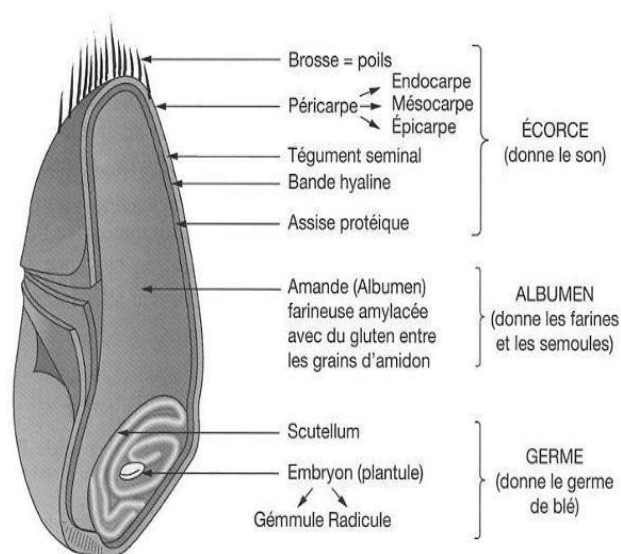


Figure 04: Anatomie du grain de blé (Fredot, 2005)

I. 1. 3. Physiologie et cycle de développement du blé

Qu'elles soient vivaces ou annuelles toutes les Poacées ont un rythme de végétation et de fructification annuel. Dans ce cycle annuel une série d'étapes séparées par des stades repères, permettent de diviser en deux périodes la vie des céréales: la période végétatif et la période reproductrice (Zeitoune, 2011). Les différentes étapes du cycle de développement du blé sont regroupés dans la (Figure 05)

* Période végétative

Elle se caractérise par un développement strictement herbacé et s'étend du semis jusqu'à fin tallage, et se divise en deux phases, à savoir,

Phase germination – levée : Les conditions requises étant réalisées (température, humidité, etc.), le grain de blé va germer. Quelques jours plus tard apparaît la première manifestation importante de la jeune plante en développement, une sorte d'acte de naissance : l'épointement de la radicule (la jeune racine déjà présente dans l'embryon) (Claire, 2013). La germination de la graine se caractérise par l'émergence du coléorhize donnant naissance à des racines séminales et de la coléoptile qui protège la sortie de la première feuille fonctionnelle. La levée se fait réellement dès la sortie des feuilles à la surface du sol (Cherfia, 2010).

Phase levée – tallage : La production de talles commence à l'issue du développement de la troisième feuille (Cherfia, 2010). Du stade 3 feuilles « épi » 1cm, ce sont des tiges

latérale appelée talle qui sont des « épis potentilles ». A un même niveau de la base de la tige il se formera une touffe herbacée et commencera alors la période dite de « montaison » (Anonyme, 2005). La fin du tallage représente la fin de la période végétative, elle marque le début de la phase reproductrice, conditionnée par la photopériode et la vernalisation qui autorisent l'élongation des entre-noeuds (Cherfia, 2010).

*** Période reproductrice**

Phase montaison – gonflement: La montaison débute à la fin du tallage, elle est caractérisée par l'allongement des entre-noeuds et la différenciation des pièces florales. A cette phase, un certain nombre de talles herbacées commence à régresser alors que, d'autres se trouvent couronnées par des épis. Pendant cette phase de croissance active, les besoins en éléments nutritifs notamment en azote sont accrus (Clement-Grancourt et Prats, 1971). La montaison s'achève à la fin de l'émission de la dernière feuille et des manifestations du gonflement que provoquent les épis dans la gaine. (Cherfia, 2010).

Phase épiaison – floraison : Elle est marquée par la méiose pollinique et l'éclatement de la gaine avec l'émergence de l'épi. C'est au cours de cette phase que s'achève la formation des organes floraux (l'anthèse) et s'effectue la fécondation. Cette phase est atteinte quand 50 % des épis sont à moitié sortis de la gaine de la dernière feuille (Gate, 1995). Elle correspond au maximum de la croissance de la plante qui aura élaboré les trois quarts de la matière sèche totale et dépend étroitement de la nutrition minérale et de la transpiration qui influencent le nombre final de grains par épi (Masle-Meynard, 1980).

Maturation du grain : La phase de maturation succède au stade pâteux (45% d'humidité). Elle correspond à la phase au cours de laquelle le grain va perdre progressivement son humidité en passant par divers stades (Nadjem, 2012). Elle débute à la fin du palier hydrique marqué par la stabilité de la teneur en eau du grain pendant 10 à 15 jours. Au-delà de cette période, le grain ne perdra que l'excès d'eau qu'il contient et passera progressivement aux stades « rayable à l'angle » (20% d'humidité) puis, « cassant sous la dent » (15-16% d'humidité) (Hennouni, 2012).

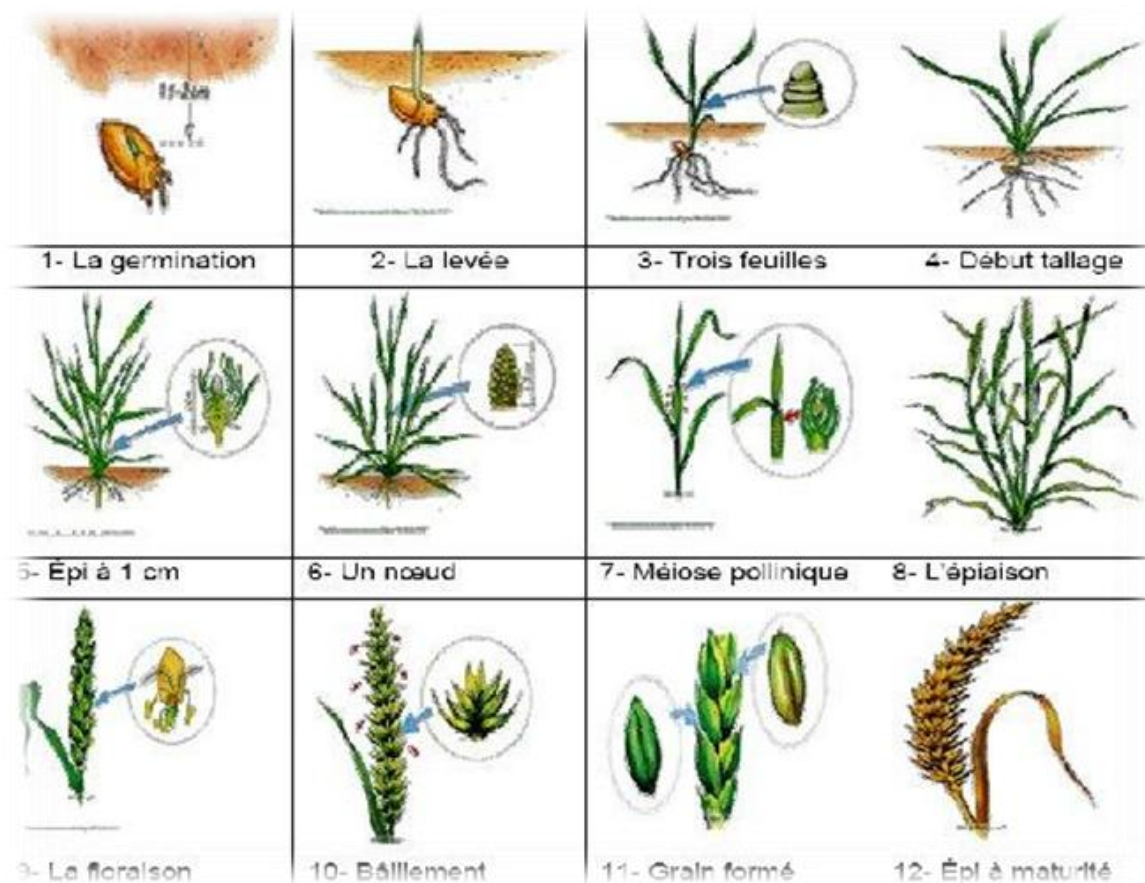


Figure 05 : Cycle végétal du blé selon (Fritas, 2012).

I. 1. 4. Importance et production du blé dans le monde et en Algérie

Le blé dur est une céréale secondaire à l'échelle mondiale. Cette production est surtout localisée dans le bassin méditerranéen d'une part (Europe du Sud, Moyen orient, Afrique du Nord), et en Amérique du Nord d'autre part (Canada central et Nord des USA), où est produit le quart du blé dur mondial (Clerget, 2011). Le blé est une céréale aux enjeux économique très importants. En volume récolté, avec estimation 2518.8Mt en 2013/2014.

En Algérie, Le blé est la première céréale cultivée dans le pays. Elle occupe annuellement plus d'un million d'hectares. La production céréalière de la campagne 2012/2013 a atteint 49.1 million qu'au niveau national, en baisse de 9.000.000 de quintaux par rapport à la saison précédente. La sécheresse a frappé en 2013 les zones céréales de l'est du pays. ce constat s'est traduit par une hausse de 25% des quantités de céréales importées par l'Algérie. Néanmoins ; cette hausse en termes de quantités n'a pas affecté le facteur d'importation qui a connu une légère baisse de 0,6% par rapport à l'année écoulée.

Les importations ont ainsi atteint 3,16 milliards de dollars en 2013, contre 3,18 milliards de dollars à la même période en 2012 reculant de 0.62%. Malgré le triplement de sa production depuis l'indépendance du pays en 1962, l'Algérie, reste un des plus gros importateurs de céréales dans le monde (**Amarn, 2014**).

I. 2. Le stress hydrique

Le stress hydrique a été défini comme une baisse ou un excès de la disponibilité de l'eau dans le milieu d'installation de telle culture, traduisant par une réduction de la croissance de la plante et/ou de sa reproduction par rapport au potentiel du génotype. La contrainte hydrique est le facteur ou l'ensemble des facteurs ayant pour conséquence le stress. D'autres auteurs limitent la définition du stress aux seules conditions correspondant à une hydratation sub optimale des tissus (**Lamaze et al., 1994**). C'est un problème sérieux dans beaucoup d'environnement arides et semi arides où les précipitations changent d'année en année et où les plantes sont soumises à des périodes plus ou moins longues de déficit hydrique (**Boyer, 1982**).

Le manque d'eau peut se manifester aussi bien dans le sol que dans l'atmosphère (**Veselovsky, 1985**). Généralement, la sécheresse du sol est lente (**Larcher, 1995**). Mais la diminution de l'humidité de l'air peut parfois être rapide (**Yokota et al., 2006**). D'un point de vue physique le stress hydrique résulte d'un abaissement du potentiel hydrique dans l'air et/ou dans le sol en dessous d'une certaine valeur, dépendant du génotype, du phénotype et des caractéristiques du milieu (type de sol, température et vent) (**Lamaze et al., 1994**).

La notion de sécheresse a toujours été assimilée à la notion de stress hydrique. La sécheresse définit l'état pénurie hydrique dont souffre un végétal (**Morizet, 1984**). Selon **De Raissac (1962)**, il y a sécheresse dès que l'eau devient facteur limitant de la croissance et du rendement. Le manque d'eau ou déficit hydrique représente le stress abiotique le plus sévère auquel la culture du blé dur fait face dans les conditions de production des zones arides et semi-aride (**Chenaffi et al., 2006**). Ce stress se traduit par une série de modifications qui touchent les caractères morphologiques, physiologiques et biochimiques, à partir du moment où les besoins en eau de la plante sont supérieurs aux quantités disponibles (**Mefi et al., 2000**).

I. 2. 1. Effet du stress hydrique sur les plantes

Les stress abiotiques, notamment le stress hydrique, limitent sérieusement la croissance des plantes ainsi que la productivité végétale (**Wang et al ., 2003**). Le déficit hydrique constitue un important facteur limitant pour la production des cultures céréalière dans les zones arides et semi-arides (qui se caractérisent par une forte irrégularité des précipitations. (**El mourid et al., 1996**) .

Le climat méditerranéen est caractérisé par des périodes de sécheresse erratiques imprévisibles, ce qui limite considérablement les productions végétales et celle des céréales en particulier (**Adda et al., 2005**). Chaque année, les surfaces perdues à cause des stress hydrique et salin varient autour de 20 millions d'ha dans le monde. En Algérie, la rareté et le caractère irrégulier des précipitations (200 à 600 mm/an) peuvent être les facteurs d'une perte partielle ou totale de production, en particulier dans le cas des céréales. 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**). Chez le blé dur, le déficit en eau affect son développement et ralenti son taux de croissance, ceci engendre un faible tallage, une réduction de la surface foliaire, ceci se traduit par réduction de biomasse finale (**Villegas et al., 2001**). La répercussion du déficit hydrique se traduit par la diminution de la matière sèche durant la période végétative et reproductrice et par conséquent diminue les rendements (**Tanner et Sinclair, 1983**).

Le déficit hydrique n'affecte pas seulement la partie aérienne, mais la partie racinaire aussi. La répercussion se traduit par ralentissement de la croissance du système racinaire (**Benlaribi et al., 1990**). Le blé dur met en place un système racinaire très développé dans le cas d'un déficit hydrique, ce qui a une conséquence sur les produits de photosynthèse qui seront détournés dans la production de grains (**Baldy, 1973**).

Selon (**Meyer et Elston ,1978**), le rendement du blé dépend essentiellement de la configuration du système racinaire et de la disponibilité en eau. Le déficit hydrique peut affecter la durée des stades de croissance, en effet la durée du cycle de semis à l'anthèse se raccourcit au fur et à mesure qu'augmente le déficit hydrique, particulièrement le stade de la floraison qui se manifeste par sa diminution (**Garcia del moral et al., 2003**).

I. 2. 2. Influence sur la physiologie et la biochimie de la plante

*** Influence sur la membrane plasmique**

Les dommages provoqués par un stress hydrique résultent de la dessiccation du protoplasme. Le départ d'eau, par exemple provoque une augmentation de la concentration des solutés, lorsque le volume du protoplasme diminue, ce qui entraîne des conséquences

sérieuses et sur le plan structurel et sur le plan métabolique. L'intégrité des membranes et des protéines est également affectée par la dessiccation, ce qui entraîne des dysfonctionnements métaboliques. On pense que le départ de l'eau des membranes rompt la structure normale de la bicouche lipidique et provoque l'apparition de canaux remplis d'eau, et bordés par les groupements polaires des têtes des phospholipides. Autrement dit les membranes deviennent très poreuses lorsqu'elles sont desséchées. Lorsque les membranes sont réhydratées, ces canaux permettent une fuite très importante de solutés entre les compartiments ou dans l'espace extracellulaire les stress, qui affectent la bicouche lipidique pourraient également provoquer le déplacement des protéines membranaires, qui, du fait de la fuite de solutés contribuent à une perte de sélectivité des membranes une destruction généralisée de la compartimentation cellulaire ainsi qu'à une perte des enzymes membranaires (**Hopkins, 2003**). (**Bousba et al., 2013**) mentionnent que la carence hydrique provoque une déstabilisation des membranes plasmiques, ce qui a par conséquent une perte d'électrolytes et la fuite d'ions.

*** Influence sur la photosynthèse**

Le stress hydrique affecte plusieurs fonctions de la plante, telles que la conductance stomatique, la photosynthèse et la surface foliaire (**Benjelloun et al., 2013**). Le stress hydrique qui fait chuter le potentiel hydrique foliaire du blé de 8,4 à 20 bars réduit la photosynthèse de cinq fois par rapport au témoin et provoque un arrêt de transfert des assimilés des feuilles vers les autres organes de la plante. (**Bennaceur et al., 1999**), la réduction de surface foliaire c'est une conséquence du déficit hydrique (**Benderradji et al., 2016**). L'activité physiologique de la feuille, et plus particulièrement la photosynthèse est fortement affectée lors un déficit hydrique, et liée à la diminution du potentiel hydrique foliaire est supposée dépendre à la fois de la fermeture des stomates, avec pour conséquence une diminution de la conductance à la diffusion du CO₂, d'une limitation biochimique du chloroplaste pour fixer le CO₂ (**Maury et al., 2011**).

L'effet dépressif sur la photosynthèse résulte d'une baisse de la conductance stomatique, d'une altération de l'appareil photosynthétique et/ou d'une diminution de la surface foliaire et une diminution de la concentration interne en CO₂ de la feuille et une réduction de la photosynthèse (**Bennaceur et al., 1999**). Lors d'un stress salin ou hydrique, l'inhibition de la photosynthèse, et plus précisément la fuite d'électrons due la diminution de la fixation du CO₂, entraîne une forte accumulation de ROS, et les peroxydases (POD) ; sont des enzymes qui jouent un rôle important dans le métabolisme et la physiologie de la

plante. Elles sont présentes dans tous les tissus des végétaux et sont impliquées dans les réponses des plantes aux infections et aux stress abiotiques (**Benkaddour, 2014**). En effet (**Zarrad et al., 2009**) montrent que le stress hydrique conduit à un stress oxydatif par production des espèces oxygènes réactives particulièrement le radical superoxyde et le peroxyde d'hydrogène.

(**Abousouan-Seropian et Planchon 1985**), montrent que le déficit hydrique chez le blé affecte les phénomènes stomatiques et les non stomatiques de la photosynthèse à la conductance stomatique.

*** Influence sur les échanges gazeux et la transpiration**

De nombreux facteurs endogènes et environnementaux influencent l'état d'ouverture des stomates. L'intégrité de différents signaux par les cellules de garde permet de réguler le degré d'ouverture stomatique afin d'optimiser l'assimilation de CO₂ en fonction des conditions environnementales et de l'état physiologique de la plante. Dans le cas d'un stress hydrique, par exemple, ce système de régulation permet de limiter la perte d'eau qui pourrait être fatale à la plante en inhibant l'ouverture des stomates par la lumière au début de journée. Ceci diminue l'assimilation du CO₂, et ralentit, donc, le métabolisme et le développement, mais permet à la plante de survivre. Le stress hydrique influence l'état de turgescence des cellules de garde essentiellement par l'intermédiaire d'une phytohormone : l'acide abscissique (**Belin, 2006**).

I. 2. 3. Influence sur la morphologie de la plante

Une diminution importante de la longueur et du nombre de racines, est due probablement à un arrêt de la division et de l'élongation cellulaire au niveau de la racine (**Benderradji et al. 2016**). Le développement du système racinaire joue un rôle essentiel dans l'alimentation hydrique et minérale de la plante, ces racines sont affectée par un déficit hydrique le volume racinaire global est fortement affecté par le déficit hydrique (**Benlaribi et al., 1990**). L'une des plus importantes conséquences de la sensibilité à l'élongation des cellules d'un stress hydrique est la réduction marquée de la surface foliaire qui diminuera la croissance de la plante surtout durant les premiers stades de développement. L'influence de déficit hydrique est souvent rapportée en termes de hauteur des plantes, des nombres de talles, d'indice de surface foliaire de matières sèche des parties aériennes et racinaires et rendement en grains (**Kouassi, 1984**). Plusieurs caractéristiques morphologiques de la plante sont affectées par la contrainte hydrique. Au niveau foliaire,

le stress hydrique provoque la réduction de la surface transpirante due à une réduction de la division et de l'expansion cellulaire (Zgallai, 2007).

I. 3. Stratégies 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 (Esquive, Evitement et tolérance). La tolérance 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. La tolérance globale d'une plante vis-à-vis du déficit hydrique est la résultante de nombreuses modifications phonologiques, anatomiques, morphologiques, physiologiques et biochimiques. Ces dernières interagissent pour permettre le maintien de la croissance, du développement et de la production (Passioura, 2004).

I. 3. 1. Stratégie d'esquive

Cette stratégie consiste à éviter de subir le déficit hydrique en effectuant le cycle de développement pendant des périodes pluvieuses. On réduit alors le risque de perte de rendement en échange d'une réduction du rendement maximum atteignable (Jean-pierre et al., 2006). Le décalage du cycle cultural depuis des périodes à forte demande climatique vers des périodes à plus faible risque est la stratégie des cultures d'hiver, qui réalisent leur cycle sur une période à faible risque de déficit hydrique et compensent une croissance à une saison où le rayonnement incident est réduit par une durée plus longue du cycle (Folkert et al., 2001).

I. 3. 2. Stratégie d'évitement

Cette stratégie consiste à empêcher que la plante soumise à des conditions hydriques défavorables ne subisse un stress hydrique trop important. Ces adaptations réduisent le risque de perte de rendement, mais ont le plus souvent un coût en terme de rendement maximum (Jean-Pierre et al., 2006). Les mécanismes d'évitement sont de type morphologique et physiologique.

I. 3. 3. Mécanismes morphologiques

*** Réduction de la conduction stomatique**

La réduction de la perte en eau par la fermeture stomatique est un moyen d'adaptation des plantes au stress hydrique. Si la fermeture des stomates permet à la plante de réduire la sortie d'eau, elle limite aussi l'entrée de CO₂ (Benhamou, 2009). Cette diminution de la transpiration peut engendrer une réduction de la photosynthèse

(Hopkinsw, 2003). La régulation de la conductance stomatique reste le mécanisme majeur intervenant à court terme pour limiter les pertes d'eau: le potentiel hydrique foliaire sera maintenu d'autant plus longtemps que la fermeture des stomates est précoce (Maury et al., 2011).

*** Réduction de la croissance foliaire**

Une réduction de la croissance foliaire est bénéfique aux plantes soumises à un stress hydrique, la surface des feuilles est diminuée et la transpiration réduite par l'enroulement des feuilles. Habituellement, l'effet exercé par un potentiel hydrique faible est attribué à une perte de turgescence des cellules des zones en croissance (Nabors, 2008). Du fait que le grandissement cellulaire intervenait suite à une entrée d'eau qui, après la relaxation du stress de la paroi cellulaire, provoquait la pleine turgescence des cellules, donc un apport réduit de l'eau se traduit par la réduction de la croissance (Hopkinsw, 2003). Chez le blé, l'enroulement des feuilles chez certaines variétés peut être considéré comme un indicateur de perte de turgescence en même temps qu'un caractère d'évitement de la déshydratation, il entraîne une diminution de 40 à 60 % de la transpiration (Amokrane et al., 2002).

*** Développement racinaire accru**

L'efficacité de l'extraction de l'eau du sol par les racines figure parmi les types d'adaptation permettant à la plante d'éviter ou, plus exactement, de retarder la déshydratation de ses tissus (Turner et al., 2001). L'augmentation de l'absorption peut être due à l'extension de l'absorption en profondeur et en surface, à la vitesse de croissance et de ramification des racines. L'absorption d'eau est maximisée par un ajustement autrement dit, un investissement élevé au niveau des racines. (Laurent et Sané, 2007).

I. 3. 4. Mécanismes physiologiques

Au niveau cellulaire, la réduction du module d'élasticité permet aux cellules de conserver un potentiel élevé malgré un dessèchement important. L'ajustement osmotique par accumulation de soluté dans la vacuole et la réduction de la taille des cellules permettent, pour une même teneur en eau, une diminution du potentiel foliaire et donc un maintien d'un gradient de potentiel hydrique important du sol vers la feuille (Laurent et Sané, 2007). Ce mécanisme tient à la fois de l'évitement et de la tolérance (Jean-Pierre et al., 2006).

*** Etat hydrique de la plante**

La caractérisation du statut hydrique d'une plante pourrait passer par la seule évaluation de la teneur relative en eau. (Clarke et Mc Craig, 1982) attirent l'attention sur l'utilisation de la teneur relative en eau comme indicateur de l'état hydrique de la plante sous stress. (Scofield et al., 1988) notent que la teneur en eau diminue lorsque le stress augmente, mais elle diminue plus vite chez les variétés sensibles que chez les variétés résistantes. La teneur en eau en plus de sa relation avec le volume cellulaire reflète plus précisément la balance entre l'eau disponible dans la feuille et le taux de transpiration, le potentiel osmotique et de turgescence. (ElHakimi et al., 1995) montrent que cette caractéristique présente un coefficient d'héritabilité élevé et qu'elle se fixe rapidement chez les lignées en ségrégation d'un croisement donné. Ainsi, les variétés tolérantes au stress hydrique, sont celles qui sont capables de perdre le moins d'eau par unité de temps et unité de surface, sous stress.

*** Stratégie de tolérance**

Cette stratégie consiste à maintenir les fonctions de la plante, croissance, transpiration et la photosynthèse, malgré le déficit hydrique (Jean-Pierre et al., 2006). La tolérance à la déshydratation implique des mécanismes intracellulaires qui visent à préserver l'intégrité structurale et fonctionnelle des tissus lorsque le potentiel hydrique diminue (Laurent et Sané, 2007). L'ajustement osmotique est un exemple d'une telle adaptation, il permet le maintien d'une turgescence positive pour des teneurs en eau relativement faible (Hopkinsw, 2003).

L'ajustement osmotique, consiste en la synthèse des molécules solubles, ce qui se traduit par une plus grande capacité d'attraction et de rétention des molécules d'eau. Ces molécules, appelées osmoticum, s'accumulent le plus souvent dans le cytoplasme (Nabors, 2008). Cette forte accumulation de solutés ioniques ou organiques dans les cellules provoque une diminution du potentiel osmotique.

Les principales substances accumulées en réponse aux stress osmotiques peuvent être des acides aminés (proline, alanine), des sucres (saccharose, tréhalose, fructanes), des ions quaternaires (bétaines, proline- bétaine), des ions inorganiques (K⁺) ou encore des acides organiques (malate, glutamate, citrate), des hormones (acide abscéique) (Hopkinsw, 2003). La nature des osmolytes impliqués dans l'ajustement osmotique est généralement spécifique de l'espèce étudiée. Les solutés organiques ne perturbent

généralement pas ou peu le métabolisme des cellules et sont qualifiés à ce titre d'osmotiquement compatibles (**Radhouane, 2011**).

A) Accumulation des sucres solubles

Les sucres sont considérés par plusieurs auteurs comme des bons osmo-régulateurs qui peuvent jouer un rôle important dans l'ajustement osmotique et l'adaptation des plantes à la sécheresse (**Slama, 2002**). Les sucres sont qualifiés d'osmolytes compatibles. Les osmolytes compatibles s'accumulent principalement dans le cytosol. Un osmolyte compatible est une molécule qui reste exclue de la surface d'une protéine et de sa sphère d'hydratation proche, qui tend à stabiliser sa structure spatiale, elles protègent les membranes contre la déshydratation. Généralement on pense que l'accumulation des sucres solubles peut avoir comme origine l'hydrolyse des réserves en particulier l'amidon mais aussi une modification du métabolisme carboné. Beaucoup d'auteurs ont mis en évidence le rôle protecteur des sucres sur les membranes, en particulier mitochondriales. Leur présence permettrait le maintien des réactions de phosphorylation et de production d'énergie. Outre ce rôle protecteur des membranes, les hydrates de carbone protègent les processus par lesquels les enzymes sont synthétisés ce qui impliquerait une meilleure tolérance de la plante à la dessiccation et une meilleure résistance à la sécheresse. Concernant les sucres solubles, (**Folkert et al., 2001**), remarquent que les variations de teneur chez le blé dur sont beaucoup plus faibles que dans le cas de la proline.

B) Teneur en chlorophylle

Sous un stress hydrique, une diminution de la teneur en chlorophylle est remarquée chez le blé dur (**Bousba et al., 2013**). Pour limiter les pertes en eau par évaporation et aussi l'augmentation de la résistance à l'entrée du CO₂ atmosphérique nécessaire à la photosynthèse, l'économie de l'eau se traduit par une turgescence relative moins affectée par le stress conduisant à une dilution de la chlorophylle (**Mouellef, 2010**). Le rapport chlorophylle (a/b) est un bon indicateur du seuil de tolérance au stress hydrique (**Guettouche, 1990**).

(**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). Les résultats de (**Tahri et al., 1997**) révèlent une certaine proportionnalité, mais inverse, entre les teneurs en proline accumulées et les teneurs en pigments chlorophylliens perdues. Ainsi la variété qui accumule plus de proline

est aussi celle qui connaît la plus forte diminution de ses teneurs pigments chlorophylliens et vice versa (**Mouellef, 2010**).

I. 4. Exigences du blé

I. 4. 1. Exigences pédoclimatiques

* **Température** : La température est l'un des facteurs importants pour la nitrification et l'activité végétative du blé.

* **Lumière** : La lumière est le facteur qui agit directement sur le bon fonctionnement de la photosynthèse et le comportement de blé. Un bon tallage est garanti, si le blé est placé dans les conditions optimale d'éclaircements.

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

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

* **Eau** : Le blé exige une humidité permanente durant tout le cycle de développement, l'eau est demandée en quantité variable. Les besoins en eau sont estimés à environ 800mm (**Soltner, 2003**).

Chapitre II

Matériel et Méthodes

Chapitre II. Matériel et Méthodes

II. 1. Objectifs de l'expérimentation et matériel végétal utilisé

L'objectif de cette expérimentation c'est d'étudier la variabilité morpho-physiologique vis-à-vis le stress hydrique chez une variété de blé dur (*Triticum durum* Desf.) en cours de sélection codée (V05) comparativement à la variété (Waha) qui sert comme un témoin (Figure 7).



Figure 06 : Matériel végétal utilisé (Cliché : BENHAMED et BENAMARA, 2020)

II. 2. Protocol expérimental, test de germination et paramètres de croissance

Le Protocol expérimental adopté pour cette étude est constitué de deux parties, dont la première s'est réservée à l'essai de germination, alors que la seconde a été consacrée à l'étude de certains nombres de paramètres de croissance.

II. 2. 1. Test de germination

L'essai de germination a été conduit *in vitro* dans laboratoire de Biotechnologies Végétales de l'UMB-M'sila. Les graines des deux génotypes ont été stérilisées à l'eau de javel 6% pendant 15 minutes puis rincées plusieurs fois par l'eau distillé. Elles sont mise à germer sur papier filtre humecté à l'eau distillé dans des boites de pétri pendant 3 jours à l'obscurité totale et à la température ambiante du laboratoire (Figure 8).

Le taux de germination a été calculé selon la formule suivante :

$$G (\%) = 100 (NGG / NTG)$$

Où G (%) est le taux de germination, NGG est le nombre des graines germées et NTG est le nombre total des graines.

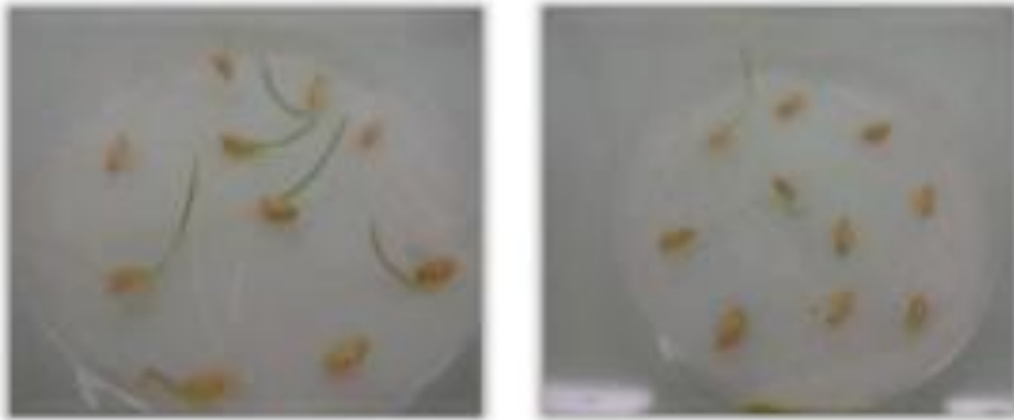


Figure 07 : Germination des graines (Cliché : BENHAMED et BENAMARA, 2020)

II. 2. 2. Transfert des plantules et application du stress hydrique

Les plantules issues des graines mise en germination précédemment sont transférées dans des gobelets en plastique contenant 100 g de terreau par gobelet. Le transfert a été effectué manuellement à raison de 5 plantules réparties d'une façon homogène sur la surface de chaque gobelet à une profondeur de 3cm. Les gobelets sont répartis à leurs tour en 4 lots constituant respectivement le goblet des plantes témoins et les gobelets des plantes stressées selon trois niveaux de stress hydrique en appliquant la capacité au champ (modéré, moyen et sévère à pourcentage 75% CC=N1, 50% CC=N2 et 25% CC=N3 respectivement) comparativement au témoin à 100% de CC=T.

Pour calculer ces niveaux d'irrigation par apport à la capacité au champ des gobelets, nous avons pesé des gobelets tenant 100g de substrat sec utilisé dans l'expérimentation, P1 (P1 = poids de sol sec). Ensuite nous avons irrigué ces derniers jusqu'à saturation, tout en couvrant les gobelets à l'aide d'un plastique noir pour éviter l'évaporation de l'eau par la surface. Après 24h de repos, les gobelets sont pesés de nouveau P2 (P2 = poids à saturation). La différence entre P2 et P1 est la quantité d'eau retenue par le sol et qui représente la capacité au champ des pots. On estime la capacité au champ (C.C) par l'équation suivante :

$$CC = (P2 - P1) / P1.100$$

Les plantules ont reçu la même quantité d'eau jusqu'à l'apparition de la troisième feuille d'où l'application du stress hydrique est mise en route (Application du stress hydrique au stade tallage). Les gobelets sui sont été placés dans le laboratoire sous une phase lumineuse continue, sont irrigués régulièrement par capacité au champ, 2 fois par semaine

jusqu'à l'obtention de la quatrième feuille et plus, d'où n a procédé au calcul de différents paramètres morpho-physiologiques (Figure 9)



Figure 08 : Transfert des plantules et application du stress (T = témoin, N1, N2, N3 = niveaux de stress, V5 la variété testée) (Cliché : BENHAMED et BENAMARA, 2020).

II. 3. Paramètres mesurés

II. 3. 1. Paramètres morphologiques

II. 3. 1. 1. Surface foliaire (SF « cm²»)

La surface foliaire est déterminée à travers la moyenne d'un échantillon de 3feuilles par la formule suivante : $SF (cm^2) = 0.606 (L \times l)$ (Mefti et al, 2008), d'où:

L= Longueur de la feuilles; l = Largeur de la feuilles; 0.606 = coefficient de régression reliant la surface des feuilles photocopiées sur papier grammage sur celle déduite par le produit L x I (Figure 10)

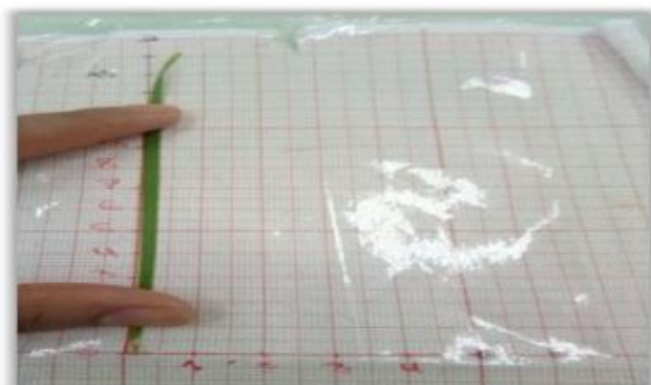


Figure 09: Mesure de la longueur et la largeur de la feuille (Cliché : BENHAMED et BENAMARA, 2020).

II. 3. 1. 2. Longueur des racines

A l'aide d'une règle ou papier millimétré, les mesures de la longueur des racines ont été prises en tenant compte de la moyenne de trois racines de chaque plantule et par la suite ces trois moyens font l'objet d'une seule répétition (Figure 11).

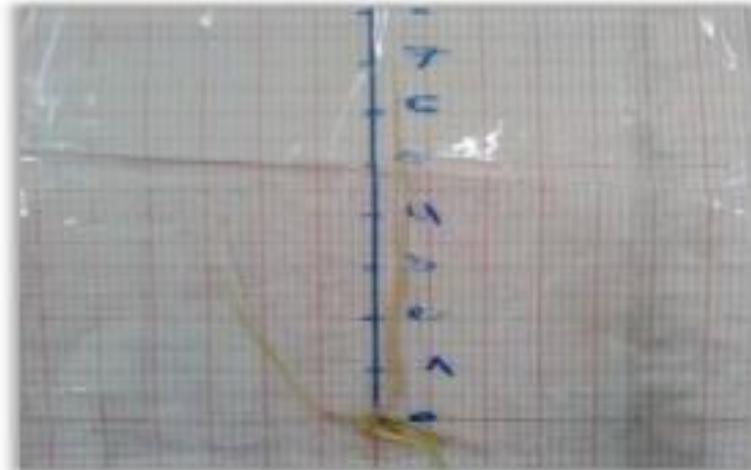


Figure 10 : Mesure de La longueur de racine (Cliché : BENHAMED et BENAMARA, 2020).

II. 3. 1. 3. Nombre de racines

Le nombre de racine est effectué selon la procédure de comptage des racines émises par plantule, en tenant compte de la considération des racines atteignant 2 cm et plus de longueur.

II. 3. 1. 4. Longueur des feuilles et de coléoptile (cm)

La longueur des feuilles est effectuée selon la même procédure appliquée quand à la longueur des racines. Ainsi, la longueur de coléoptile est mesurée à partir de la graine jusqu'à la sortie de la première vraie feuille (Figure 12).



Figure 11: Longueur de la feuille et de la coléoptile (cm) (racine (Cliché : BENHAMED et BENAMARA, 2020).

II. 3. 2. Paramètres physiologiques

II. 3. 2. 1. Teneur relative en eau (TRE)

La teneur relative en eau de la feuille a été déterminée par La méthode décrite par **Barrs, (1968)**. Selon cette méthode les feuilles sont coupées à la base du limbe, elles sont pesées immédiatement pour obtenir leur poids frais (PF). Ces feuilles sont mises par la suite dans des tubes à essai remplis d'eau distillés à l'obscurité dans un endroit frais. Après 24h les feuilles sont retirées dans un papier buvard pour absorber l'eau de la surface, pesées de nouveau pour obtenir le poids de la pleine turgescence (PT). Les échantillons sont enfin mis à l'étuve régler à 80°C pendant 48h et pesés pour avoir leur poids sec (PS) (Figure 13). La teneur relative en eau (TRE) est calculée par la formule suivante (**Clark et Mac –Caig, 1982**)

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

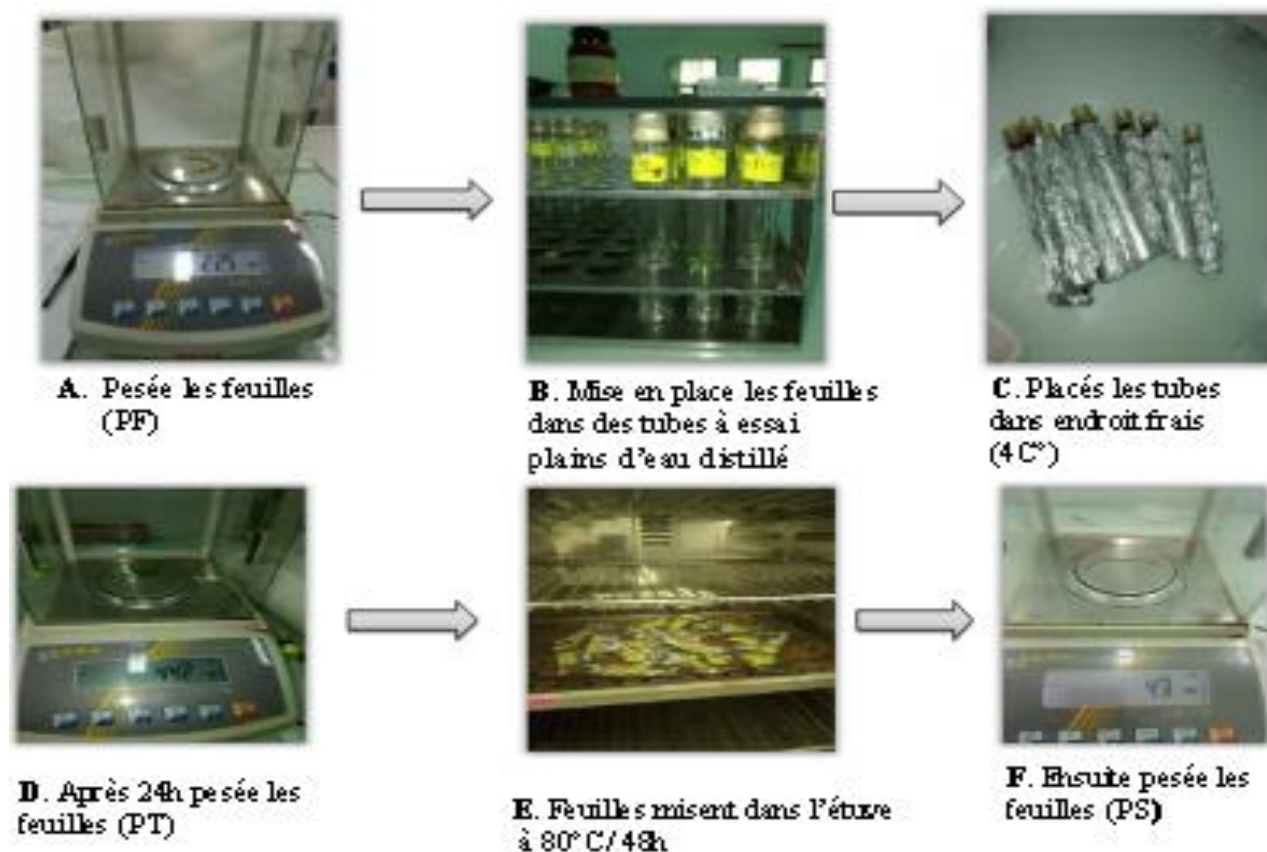


Figure 12 : Quelques étapes durant la mesure de la teneur relative en eau (Cliché : BENHAMED et BENAMARA, 2020).

II. 3. 2. 2. Taux de chlorophylle totale (TCT) (Unité de SPAD)

L'indice de chlorophylle a été déterminé sur les feuilles avec la chlorophylle mètre SPAD 502. Les lectures sont données en unités appelées SPAD (Soil plant analysais développement). L'appareil SPAD a l'aspect d'une pince que l'on garde dans la main; il est plein et léger. Il marque jusqu'à 30 mesures, peuvent être annoncées une à une.

Généralement les valeurs perçues se situent entre 40 et 52 (unité SPAD). Il suffit de fermer la pince vide sur elle-même pour équilibrer l'appareil. Par la suite, trois prises de mesure sont effectuées au niveau de la feuille sur trois différentes positions (sommet, milieu, et base). La moyenne des trios valeurs s'affiche sur l'écran à la fin (Unité SPAD). Sachant que le temps de chaque mesure est de l'ordre de 2 secondes (Figure 14).



Figure 13 : Chlorophylle mètre SPAD 502.

II. 3. 2. 3. Intégrité cellulaire (IC %)

Le test de l'intégrité cellulaire (IC%) a été réalisé selon la méthode décrite par **Sullivan (1972)**. Selon cette méthode, 3feuilles sont prélevées au hasard par traitement et par répétition. Elles sont lavées à l'eau déminéralisée, découpées en segments de 1cm de long. Les échantillons sont mis dans des tubes auxquels sont ajoutés 10ml d'eau distillée. La méthode consiste à mesurer la conductivité électrique (CE) de l'échantillon en utilisant un conductimètre de marque Conductivité-Mètre HI9932. La première valeur de la conductivité électrique (CE1) a été relevée sur les échantillons placés à la température ambiante du laboratoire (T=25°C) pendant 24h. La seconde valeur de la conductivité électrique (CE2) est notée 24h après le passage des échantillons à l'autoclave à une température de 120°C, pendant 20mn. Le pourcentage de cellules endommagées (CI%) est estimée sous l'effet de l'augmentation de la température en utilisant la formule suivante : $IC (\%) = (CE1/CE2) \times 100$

Chapitre III

Résultats et discussion

Chapitre III. Résultats et discussion

III. 1. Taux de germination

Le taux de germination est en faveur de la variété au cours de sélection (V05) comparativement au témoin (Waha). A partir de moyennes enregistrées, on constate que la variété V05 est en premier position suivie par la variété Waha (Figure 14).

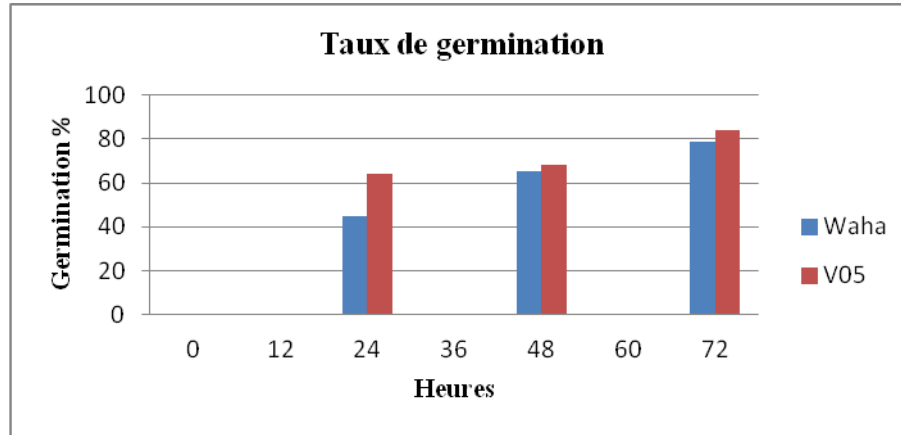


Figure 14: Cinétique du Taux de germination de la variété (V05) Comparativement à la variété (Waha).

III. 2. Variation des paramètres morphologiques

III. 2. 1. Effet du déficit hydrique sur la longueur des racines

La longueur des racines diminue progressivement par rapport au témoin en fonction des différents niveaux de stress hydrique (Figure 15).

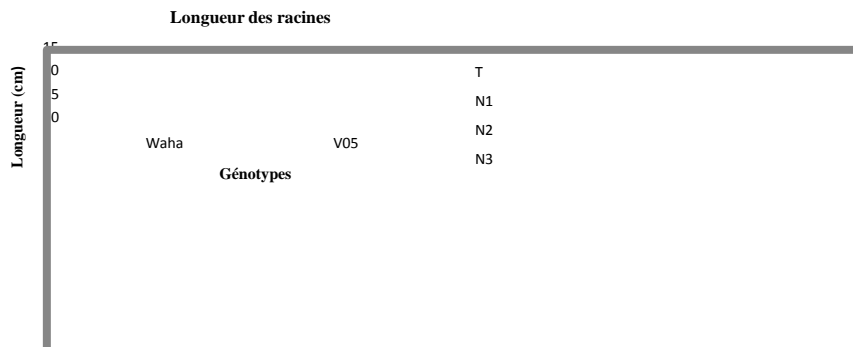


Figure 15: Longueur des racines des variétés étudiées dans différents niveaux de stress hydrique.

III. 2. 2. Effet du déficit hydrique sur le nombre des racines

Nous avons constaté qu'en générale le nombre de racines n'est pas affectée par les différents niveaux de stress hydrique (Figure 16).

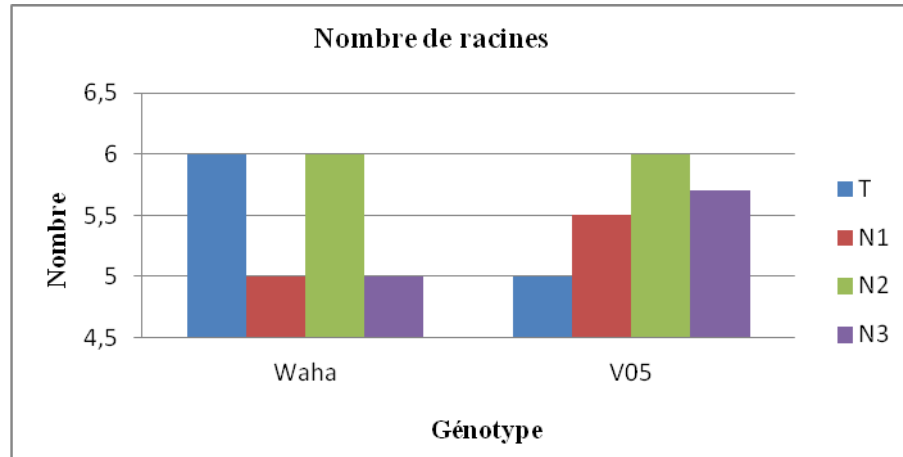


Figure 16: Effet du stress hydrique sur le nombre de racines.

III. 2. 3. Effet du déficit hydrique sur la surface foliaire

L'effet des différents niveaux du stress hydrique sur la surface foliaire des deux génotypes de blé dur testés est bien prononcé. Les résultats montrent une diminution importante de la surface foliaire des différents génotypes étudiés en fonction du niveau du stress hydrique appliqué (Figure 17)

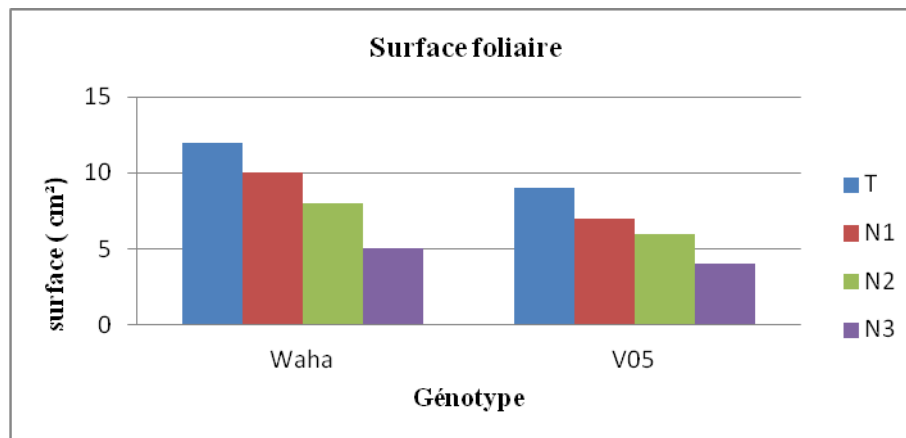


Figure 17: L'évaluation de la surface foliaire des deux génotypes de blé dur soumis aux différents niveaux du stress hydrique.

III. 2. 4. Effet du déficit hydrique sur la longueur des feuilles

Globalement, on constate une diminution progressive de la longueur des feuilles chez les deux variétés (Waha et V05) par rapport au témoin (Figure 18).

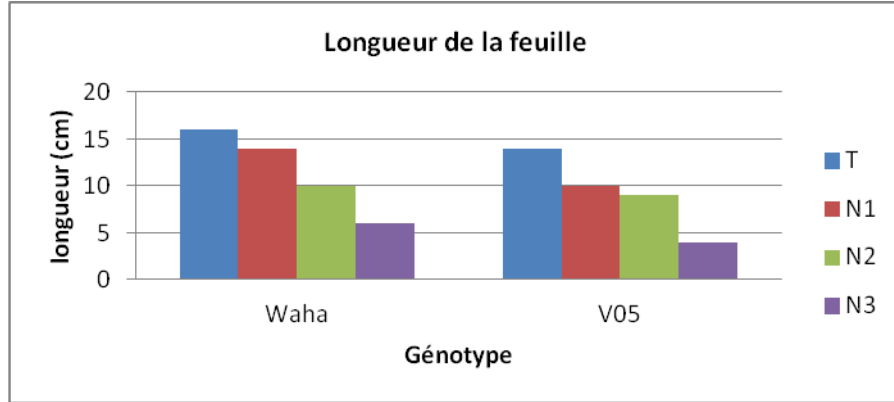


Figure 18: Longueur des feuilles de variétés étudiées dans différents niveaux de stress hydrique.

III. 2. 5. Effet du déficit hydrique sur la longueur de coléoptile

Les différents niveaux du stress hydrique n'affectent pas la longueur de la coléoptile. Chez la variété Waha, cette longueur qui prend une valeur qui tourne autour de de 3 cm et une valeur de 4cm chez la variété V05, que se soit pour le témoin où dans différents niveaux de stress, respectivement (Figure 19).

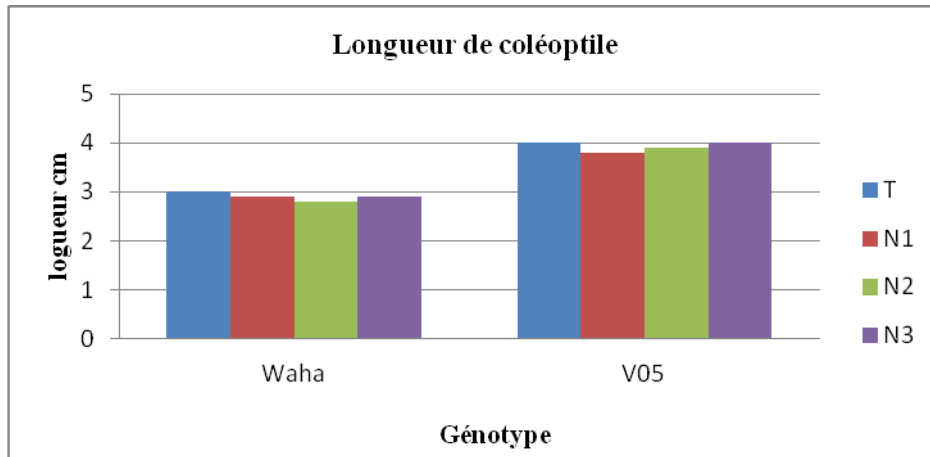


Figure 19: Longueur de la coléoptile des variétés étudiées (Waha et V05) dans différents niveaux de stress hydrique.

III. 3. Variation des paramètres physiologiques

III. 3. 1. Effet du déficit hydrique sur la teneur relative en eau(%)

Une comparaison entre l'évolution de la teneur en eau des variétés étudiées a montré que celle-ci diminue progressive par rapport au témoin en fonction de différents niveaux de stress hydrique. L'évolution de la teneur en eau (TRE) des deux variétés a montré que le stress hydrique entraîne une chute du pourcentage d'eau dans les feuilles. Ce résultat est également signalé que l'effet dépressif de la déficience en eau sur l'état hydrique de la plante peut être irréversible, si la période de stress est prolongée. Généralement, on note que la variété V05 est supérieure que la variété Waha (Figure20).

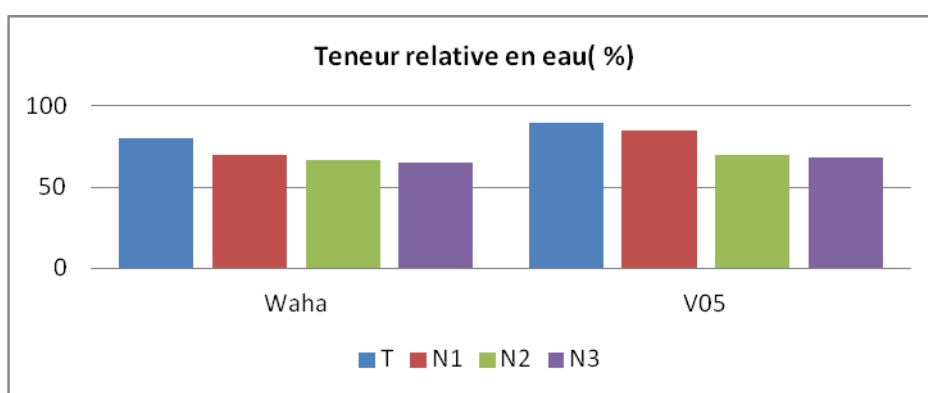


Figure 20: Effet du stress hydrique sur la teneur relative en eau de variétés étudiées.

III. 3. 2. Effet du déficit hydrique sur le taux de chlorophylle totale TCT

Le taux de la chlorophylle totale diminue corrélativement au fil de degré de stress hydrique chez les deux génotypes étudiés (Figure 21).

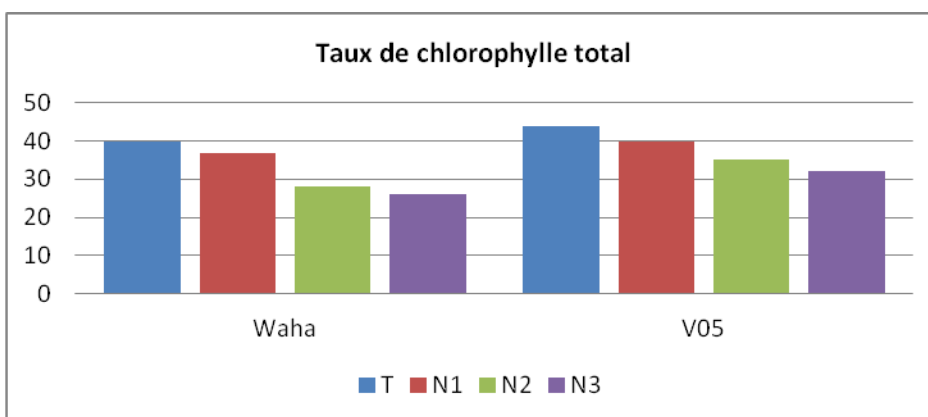


Figure 21: Effet du stress hydrique sur le taux de chlorophylle totale TCT en eau de variétés étudiés.

III. 3. 3. Effet du déficit hydrique sur l'intégrité cellulaire IC

Les valeurs obtenues représentent le pourcentage des cellules endommagées sous l'effet du stress. Elles sont relativement élevées et variables d'un génotype à un autre (Tableau 01, Figure 22).

Tableau 01 : Moyenne globale des paramètres étudiés.

Variété	SH	LR	NR	LF	LC	SF	TRE	IC	TCT
Waha	T	12	6	16	3	12	80	95	40
	N1	8	5	14	2.9	10	70	90	37
	N2	6	6	10	2.8	8	67	85	28
	N3	3	5	6	2.9	5	65	80	26
V05	T	11	5	14	4	9	90	90	44
	N1	7	5.5	10	3.8	7	85	83	40
	N2	5	6	9	3.9	6	70	79	35
	N3	2	5.7	4	4	4	68	75	32

SH : Stress hydrique, **LR** : Longueur des racines, **NR** : Nombre des racines, **LF** : Longueur de la feuille, **LC** : Longueur de la coléoptile, **SF** : Surface foliaire, **TRE** : teneur relative en eau, **IC** : Intégrité cellulaire, **TCT** : Taux de chlorophylle total ; T : Témoin, N1, N2 & N3 : Niveaux de stress

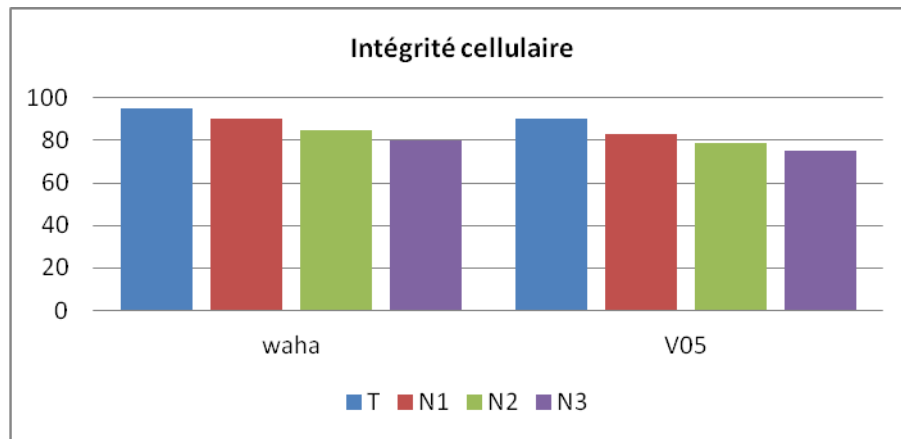


Figure 23: Effet du stress hydrique sur l'intégrité cellulaire IC de variétés étudiées.

III. 4. Discussion générale

Au stade tallage, le stress hydrique appliqué selon différents niveaux de capacité au champ, affecte tous les paramètres morpho-physiologiques de la plante chez les deux variétés étudiées, d'où la réponse se voit globalement de la même façon en suggérant ainsi l'effet génotypique très prononcé du fait que ces deux variétés sont de la même espèce (*Triticum durum* Desf.), et que la variété (V05), en cours de sélection se comporte indifféremment vis-à-vis les variations environnementales (**Temagoult., 2009**).

Selon **Debaeke et al., (1996)**, le stress hydrique précoce affecte en parallèle la croissance des racines et des parties aériennes, le développement des feuilles et des organes reproducteurs. Le stress hydrique imposé a provoqué une réduction de la longueur des racines et du nombre de racines, d'autant plus importante que le stress est sévère. Cette réduction peut être conséquente à un arrêt de la division et de l'élongation cellulaire au niveau des racines. Ceci entraînant une sorte de lignification du système racinaire, permettant aux plantes l'entrée dans une vie ralentie, probablement dans l'attente de conditions plus favorables (**Vartanian, 1973 In : Hamla, 2016**). La longueur de la coléoptile est aussi une caractéristique variétale fortement influencée par les effets du milieu. Le stress hydrique pendant le stade jeune plantule peut inhiber le développement de la coléoptile. Selon **Moud et Maghsoudi, (2008)** un faible taux de croissance de la coléoptile est associé à une faible aptitude à l'osmorégulation.

Selon **Zhu, (2001)** la réduction de croissance des parties aériennes est une capacité adaptative nécessaire à la survie des plantes exposées à un stress abiotique. La surface foliaire est un déterminisme important de la transpiration. Une des premières réactions des plantes au déficit hydrique est de réduire la surface foliaire. Cette diminution est une des réponses des végétaux à la déshydratation, elle contribue à la conservation des ressources en eau, ce qui permet la survie de la plante (**Lebon et al., 2004**). La surface foliaire détermine progressivement à la fois les quantités d'eau utilisées par la plante sous forme de transpiration et les quantités de carbone fixées par voie photosynthétique. Elle conditionne la résistance à la sécheresse, vu qu'une surface foliaire élevée perdra plus d'eau qu'une faible surface foliaire (**Belkharchouche et al., 2009**). Selon **Blum (1996)**, la réduction de la surface foliaire est considérée comme une réponse ou adaptation au manque d'eau. Cette réduction est un moyen judicieux pour le contrôle des pertes d'eau. Cette stratégie permet à la plante des économies en

eau qui seront utilisées pour la survie au cours du stress et s'adapter à un environnement peu favorable. Or, la réduction de la surface foliaire tend à minimiser les pertes en eau en réduisant la transpiration (**Slama et al., 2005**).

La teneur relative en eau (TRE) a été utilisée en tant que critère indirect pour examiner le statut de l'eau dans les feuilles. Elle est une approche alternative intéressante parce que ce trait est examiné facilement et rapidement (**Oukarroum, 2007**). Le manque d'eau est un élément déterminant pour la croissance des plantes, particulièrement en région arides et semi arides. Il induit chez les plantes stressées une diminution du contenu relatif en eau (**Albouchi et al., 2000**). La teneur en eau des feuilles chez le blé dur diminue proportionnellement avec la réduction d'eau contenue dans le sol (**Bajji et al., 2001**).

La chlorophylle des feuilles peut être influencée par plusieurs facteurs (âge et position des feuilles), facteurs environnementaux (lumière, température et disponibilité en eau) (**Hikosaka et al., 2006**). La chute des teneurs en chlorophylle chez les deux espèces de blé est la conséquence de la réduction de l'ouverture des stomates vis-à-vis la contrainte hydrique. Le taux de la chlorophylle totale diminue corrélativement au temps d'évolution de stress, chez tous les génotypes étudiés.

Le maintien de l'intégrité des membranes cellulaires en cas de stress hydrique est un des caractères universellement reconnus dans l'explication de la tolérance des plantes à la sécheresse. Selon **Cornaire et al., (1995)** et **Lefebvre et al., (2009)**, parmi les mécanismes qui peuvent intervenir dans le maintien de la turgescence cellulaire figure la résistance protoplasmique qui dépende de la capacité des cellules à résister à un dommage mécanique et à la dénaturation des protéines au niveau membranaire ou cytoplasmique.

Reynolds et al., (1994) trouvent une forte corrélation entre le pourcentage de dégâts cellulaires causés par le choc thermique et la réduction de la productivité des génotypes testés.

Conclusion et Perspectives

Conclusions et Perspectives

*** Conclusions**

Le blé dur constitue une partie importante des ressources alimentaires chez l'homme. Le stress hydrique est le principal facteur abiotique, qui limite la production du blé dur (*Triticum durum* Desf.). Pour éviter le manque d'eau, les plantes développent plusieurs mécanismes adaptatifs qui varient en fonction de l'espèce.

Dans cette étude qui porte sur l'adaptation des deux variétés de blé dur, semés sous différents niveaux de stress hydrique (100, 75, 50, et 25% de Capacité au champ), appliqués au stade tallage.

L'étude a montré que le blé est une plante sensible aux contraintes abiotiques qui limitent la productivité céréalière. La réponse au stress hydrique chez les deux variétés de blé dur testées (Waha et V05) révèle l'existence d'une grande variabilité presque identique pour la plupart des paramètres morphologiques et physiologiques mesurés, à savoir, la longueur et le nombre des racines, la longueur des feuilles et des coléoptiles, La surface foliaire, La teneur relative en eau et le taux de chlorophylles totale, l'intégrité cellulaire. L'effet du stress hydrique est bien marqué entre les génotypes témoins et leurs stressés.

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

Une forte diminution de la surface de la feuille, la longueur des racines, la longueur des feuilles, de la teneur relative en eau, et du taux de chlorophylles totale, l'intégrité cellulaire, le nombre des racines et la longueur des coléoptiles n'est pas affectée par les différents niveaux de stress hydrique (100, 75, 50, et 25% de CC).

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

*** Perspectives**

En perspectives, il est souhaitable dans un futur travail, d'élargir l'étude sur plusieurs stades et cycle de développement de la plante, et aussi la mise au point des voies et outils de la génomique dans l'amélioration de la tolérance pour le développement de variétés résistantes.

Références bibliographiques

1. **Aboussouan-seropain C et Planchon C. (1985).** Réponse de la photosynthèse de deux variétés de blé à un déficit hydrique foliaire. *Agronomie*, 5(7): 639-644.
2. **Adda A., Sahnoune M., Kaid-harch M., Merah O. (2005).** Impact of water deficit intensity on *durum wheat* seminal roots. *C. R. Biologies*, 328: 918-927.
3. **Albouchi A., Sebei H., Mezni M. Y., EL Aouni M. H. (2000).** Influence de la durée d'une alimentation hydrique déficiente sur la production de biomasse, la surface transpirante et la densité somatique d'*Acacia cyanophylla*. *Annales de l'INRGREF.4* : 138-161p.
4. **Amokrane A., Bouzerzour H., Benmahammed A., Djekoun A. (2002).** Caractérisation des variétés locales, Syriennes et européennes de blé dur évaluées Constantine, numéro spécial. 33-38p.
5. **Anonyme. (2003).** Le blé. [En ligne].URL [http:// technoboulangage.com/le-ble](http://technoboulangage.com/le-ble). (Date de consultation: 7 mars 2003)
6. **Anonyme.(2005).** Profil de la culture du blé au Canada. Centre pour la lutte antiparasitaire. Programme de réduction des risques liés aux pesticides. Agriculture et Agroalimentaire Canada.36p.
7. **Bajji M., Lutts S., Kinet J-M. (2001).** Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.), cultivars performing differently in arid conditions. *Plant Sci*, 160: 669-681.
8. **Baldy C. (1973).** Progrès récents concernant l'étude du système racinaire du blé. *Ann. Agron.* 24 (2). 152-162p.
9. **Barrs H. D., Weatherley P. E. (1968).** A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. *A. J. B. S*, 15 :413-428.
10. **Belaid D. (1996).** Aspects de la céréaliculture Algérienne. Ed. Office des publications universitaires, Ben-Aknoun (Alger), 206 p.
11. **Belkharchouche H., Fella S., Bouzerzour H., Benmahammed A., Chellal N. (2009).** Vigueur de croissance, translocation et rendement En grains du blé dur (*Triticum durum* Desf) Sous conditions semi arides. *Courrier du Savoir*, N°09: 17-24.
12. **Belin Ch. (2006).** Structure et fonction de la protéine Kinase OSI1 dans la cellule de garde d'*Arabidopsis Thaliana*. Université de paris-sud U-R-F scientifique d'Orsay. Paris, thèse de doctorat : 122P.

13. **Bendarradji L., Hadji N., Kellou K., Benniou R., Brini F. (2016).** Effet du NaCl et PEG 6000 sur le comportement morpho-physiologique et biochimique des variétés de blé dur et tendre *Revue Agriculteur*, N°1 : 278-286.
14. **Benjelloun M., Rais CH., Wahid N., Elghadraoui L., Alaoui Mhamdi M. (2013).** Evaluation de la tolérance de *Myrtus communis* L. au stress hydrique au stade germinatif. *Bulletin de l'institut scientifique, Rabat, section science de la vie*, N°35 : 19-26.
15. **Benhamou N. (2009).** La résistance chez les plantes. Principes de la stratégie défensive et applications agronomiques. Ed. TEC et DOC. Paris. 213-218p.
16. **Benkaddour M., (2014).** Modification physiologique chez des plantes de blé (*Triticum durum* desf) exposées à un stress salin. Université badji Mokhtar, Annaba. Thèse de doctorat : 23-80-81p.
17. **Benlaribi M., Monneveux P et GrignacP. (1990).** Etude des caractères d'enracinement et de leur rôle dans l'adaptation au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum durum* desf). *Agronomie*, N°10: 305-322.
18. **Ben Naceur M., Gharbi M S et Paul R. (1999).** L'amélioration variétale et les autres actions contribuant à la sécurité alimentaire en Tunisie en matière de céréales. *Sécheresse*; 10: 27-33. *Revue Agriculture*, N°1: 278-286.
19. **Blum A. (1996).** Crop responses to drought and the interpretation of adaptation plant growth regulation, 20: 135 – 148p.
20. **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.
21. **Bousba R., Djekoun A., Duraa S et Ykhlef N. (2013).** Caractérisation moléculaire et association marqueur SSR phénotype pour la tolérance au stress hydrique chez le blé dur (*Triticum durum* Desf), *European Scinetific Journal*, vol 9, N°12:186-201.
22. **Boyer JS. (1982).** Plant productivity and environnement. *Sci, New series*. 218: 443 – 448.
23. **Chahbar S. (2008).** Études des paramètres morphologiques et physiologiques de résistance à la sécheresse chez la fève (*Vicia faba* L). Laboratoire de physiologie végétale, Oran. Mémoire de magister : 15-16p.

24. **Chenaffi H., Aïdaoui A., Bouzerzour H., Saci A. (2006).** Yield response of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivar Waha to deficit irrigation under semi-arid growth conditions. *A. J. P. S*, 5 : 854-860. 37 p.
25. **Cherfia R. (2010).** Etude de la variabilité morpho-physiologique et moléculaire d'une collection de blé dur Algérien (*Triticum durum* Desf.). Mémoire de Magistère en Biotechnologies végétales. Université Mentouri, Constantine. 118 pages.
26. **Claire C., Jean F., Hervé L. (2013).** Le Blé, une plante modèle pour étudier la biologie végétale au lycée .L'Ifé-ENS de Lyon.47pages. .
27. **Clarke JM et Mc Craig TN. (1982).** Evaluation of techniques for screening for droughtresistance in wheat. *CropSci.*, 22:503-506p.
28. **Clement G et Prats J. (1971).** Les céréales Collections d'enseignement agricole 2eme Ed, Ballier France. 351p.
29. **Clerget Y. (2011).** Biodiversité des céréales Origine et évolution. In La biodiversité descéréales et leur utilisation par l'homme.Société d'Histoire Naturelle du Pays deMontbéliard. Extrait de la vidéoconférence du Service éducatif du Muséum Cuvier de laVille de Montbéliard « biodiversité des céréales et leur utilisation par l'homme »publié dans le bulletin 2011 de la Société d'Histoire Naturelle du Pays de Montbéliard. 1-16p
30. **Cook J., JohnsonV. A., Allan R. E. (1991).** Le blé. In: Greef. M.W.(Eds). Méthodes traductionnelles de sélection des plantes: un aperçue historique destiné à servir de référence pour l'évaluation du rôle de la biotechnologie moderne. Organisation de coopération et de développemt économiques, Belgique, 27-38p.
31. **Cornaire B., Phamthi A.T., Zuily-Fodil Y., Daniel C., & Vieira Da Silva J. B. (1995).** Contribution to study on oil palm drought tolerance: Protoplasmic resistance. *INRA, Inter drought*, 16-77p.
32. **Croston R. P., Williams J. T. (1981).** A world survey of wheat genetic resources. *IBRGR. Bulletin / 80/59*,
33. **Daaloul A., Bchini H., Sayar R. (2014).** Variabilité génétique de quelques paramètres du système racinaire du blé dur (*Triticum durum* Desf) sous deux régimes hydrique. *Bioversity International, FAO*, 129: 25 – 31.

- 34. Debaeke P., Cabelguenne M., Casals, M., Puech J. (1996).** Élaboration du rendement du blé d'hiver en conditions de déficit hydrique. II. Mise au point et test d'un modèle de simulation de la culture de blé d'hiver en conditions d'alimentation hydrique et azotée variées : Epiephase-Blé. *Agronomie*, 16 (1) : 25-46p.
- 35. De Raissac M. (1962).** Mécanisme d'adaptation à la sécheresse et maintien de la productivité des plantes cultivées. *A. T*, 46: 29-39p.
- 36. El Hakimi A., Monneveux P., Galiba G. (1995).** Soluble sugars, proline, and relative water content as traits for improving drought tolerance in *Triticum durum*. *J. Gen. Breed.*, 49: 234-244p.
- 37. El mourid M., Karroum et El gharous M. (1996).** La recherche en aridoculture respectueuse de l'environnement. *Al Awamia*, 92: 69-81p.
- 38. Fredot E .,(2005).** Connaissance des aliments. 1ère édition. Lavoisier. Paris, 397p.
- 39. Folkert A ., Hoekstra E., Golvina C et Buitink M. (2001).** Mechanisms of plant desiccation tolerance. *Trends in plant science*. Vol 6. **9**: 431-438 p.
- 40. Fritas S. (2012).** Etude bioécologique du complexe des insectes liés aux cultures céréalières dans la région de Batna (Algérie). thèse de Magister en Ecologie et biologie des populations. Université Abou Bakr Belkaid, Tlemcen, 115pages.
- 41. Garcia D., El moral L.F., Rharrabti Y., Villegas D et Royo C. (2003).** Evaluation of Grain Yield and its Components in Durum Wheat under Mediterranean Conditions: An Ontogenic Approach. *Agron*, 95: 266-274.
- 42. Gate P. (1995)** .Ecophysiologie du blé de la plante à la culture -Ed. DOC-la voisior I.T.C.F- France-pp 417.
- 43. Guettouche R. (1990).** Contribution à l'identification des caractères morpho physiologiques d'adaptation à la sécheresse chez le blé dur – Thèse DAA mise en valeur du milieu naturel – ENSA Montpellier, 312p.
- 44. Hamla C. (2016).** Caractérisation des gènes de tolérance à la sécheresse chez le blé dur : étude du rôle des déhydrines et des aquaporines. Thèse de doctorat, Université des Frères Mentouri, Constantine, 181 p.
- 45. Harlan J.R. (1975)** .Our vanishing genetics resources. *Science*, 188: 618-621.

46. **Heiser C. B. (1990).** Seeds to civilization: the story of man's food. Freeman, SanFrancisco.67-79p.
47. **Hennouni N. (2012).** Evaluation du métabolisme respiratoire et enzymatique des racines de blé dur (*Triticum durum Desf*) issues de plantes infectées par les maladies cryptogamiques et de plantes traitées avec un fongicide (ARTEA EC 330). Thèse de doctorat en Toxicologie Cellulaire. Université Badji Mokhtar, Annaba. 142 pages.
48. **Hikosaka K., Ishikawa K., Borjigidai A ., Muller, O. & Onoda Y. (2006).** Temperature acclimation of photosynthesis: mechanisms involved in the changes in temperature dependence of photosynthetic rate. *J. Exp. Bot*, 57: 291-302 .
49. **Hopkins. (2003).** Physiologie végétale. Editions de Boeck. Université rue des minimes, Bruxelles : 451-464 p.
50. **Jean-Pierre A., Philippe D., Bernard I., Gilles L., Bernard S ., François T et Alban T .(2006) .** Sécheresse et agriculture. Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA.France. 72 p.
51. **Kouassi A. (1984).** Essais de culture *in vitro* de jeunes plants de *gmélina arboréa* roxb. (verbénacées) élevés au laboratoire. Mentions légales - Contacts - Siège : 16, rue Claude Bernard F - 75231 PARIS Cedex 05 : 234-245 p.
52. **Lamaze T., Tousch D., Sarda X., Grignon C., Depigny-This D., Monneveux, P., Belhassen E. (1994).** Résistance de plantes a la sécheresse: mécanismes physiologiques. Le sélectionneur Français, 45: 75-85.
53. **Larcher W. (1995).** Plant under stress. In, *Physiological Plant Ecology*. 3^{ème} éd. Springer, 321-448.
54. **Laurent H et Sané P. (2007) .**Transfert d'eau et d'énergie. In : *Bioclimatologie*. Concept et application. Ed. Quae. Paris. 246p.
55. **Lebon E., Pellegrino A., Tardieu F., Lecoeur J. (2004).** Shoot development in grapevine is affected by the modular branching pattern of the stem and intra and intershoot trophic competition. *Annals of Botany*, 93: 263 -274.
56. **Lefebvre V., Poormohammad Kiani S., & Durant-Tardif M. (2009).** A focus on natural variation for abiotic constraints response in a model species *Arabidopsis thaliana*. *International Journal of molecular sciences*, 10: 3547-3582.

- 57. Maachi L. (2005).** Etude de comportement d'une céréale à grains sous centre pivot dans la région de Ouargla : Evaluation de l'efficience de l'irrigation et de la fertilisation azotée, Thèse., Ing, agro, Sah. ITAS, Ouargla, 91p.
- 58. Masle-Meynard J. (1980).** L'élaboration du nombre d'épis chez le blé d'hiver. Influence de différentes caractéristiques de la structure du peuplement sur l'utilisation de l'azote et de la lumière. Thèse de Docteur- Ingénieur. INA-PG, Paris, 274 P in études de la variabilité morpho-physiologique et moléculaire d'une collection de blé dur Algérien (*Triticum durum* Desf).
- 59. Maury P, Langlade N., Grieu P, Rengel D., Sarrafi A., Debaeke P., Vincourt P. (2011).** Ecophysiologie et génétique de la tolérance à la sécheresse chez le tournesol. *Innovations Agronomiques*. 14 : 123-138.16p.
- 60. Mefti A., Abdelguerfi A., Chebouti A. (2000).** Etude de la tolérance à la sécheresse chez quelques populations de *Medicago truncatula* (L.). *Field Crops Research*, 66: 165-174.
- 61. Mefti M., H. Bouzerzour, A., Abdelguerfi, H. Nouar. (2008).** Morphological and growth characteristics of perennial grass cultivars grown under semi-arid conditions of the Algerian high plateaus. *Journal of Agronomy* 7:138-147
- 62. -Makhlouf A. (2006).** Adaptation des variétés de blé dur (*Triticum durum*) au climat semi-aride. *Sécheresse*, vol 17 N°4: 507-513.
- 63. -Meyer W.S., Alston A. M. (1978).** Resistance to water flow in the seminal roots of wheat. *Journ. Exp. Bot.* Vol. 29 (113).
- 64. Morizet J. (1984).** Essai d'amélioration de la résistance à la sécheresse du tournesol (*Helianthus annuus*) par croisement interspécifiques avec une espèce sauvage (*Helianthus argophulus*). *Agro* vol 4, N°6.
- 65. Moud A. M., Maghsoudi K. (2008).** Application of coleoptile growth response method to differentiate osmoregulation capability of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Research Journal of Agronomy*, 2(2): 36-43.
- 66. Mouellef A. (2010).** Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (*Triticum durum* Desf.) au stress hydrique. Mémoire de magistère. Université Mentouri, Constantine, 118p.

- 67. Nabors M. (2008).** Réponse des plantes aux hormones et aux stimuli environnementaux. In : biologie végétal. Structure, fonctionnement, écologie et biotechnologie. Ed. Pearson Education. France. 247p.
- 68. Nadjem K. (2012).** Contribution a l'étude des effets du semis direct sur l'efficience d'utilisation de l'eau et le comportement variétal de la culture de blé en région semi-aride. Thèse de Magister en Production Végétale et Agriculture de Conservation. Université Ferhat Abbas Sétif, 131 pages
- 69. Neffar F. (2013).** Analyse de l'expression des gènes impliqués dans la réponse au stress abiotiques dans différents génotypes de blé dur (*Triticum durum*) et l'orge (*Hordeum vulgare*) soumis à la sécheresse Ecologie et biologie végétale, Thèse doctorat université Ferhat Abbas, Sétif. 86p.
- 70. Naville M. (2005).** La biodiversité des espèces cultivées : Analyse dans le cas du blé, Paris: Université Paris XI, Paris, 20p.
- 71. Oukarroum A. (2007).** Vitalité des plantes d'orge ("*Hordeum vulgare*" L.) en conditions de stress hydrique et thermique analysée par la fluorescence chlorophyllienne. Thèse de doctorat, Université Genève, 196 p.
- 72. Passioura J. (2004).** Increasing crop productivity when water is scarce: From breeding to field management In: Proceedings of the 4th International Crop Science Congress "New directions for a diverse planet" Brisbane, Australia. 12pages.
- 73. Radhouane L. (2011).** Comportement physiologique de deux espèces de tabac au stress salin. Revue des régions aride. Institut des régions arides-Médénine-Tunisie. **5:** 3-14p.
- 74. Reynolds M. P., Balota M., Delgato M. I. B., Amani I., & Fischer R. A. (1994).** Physiological and morphological traits associated with spring wheat yield under hot, irrigated conditions. Aust. J. Plant. *Physiology*, 21: 717-730.
- 75. Scofield T., Evans J., Cook M. G., Wardlaw I.F. (1988).** Factors influencing the rate and duration of grain filling in wheat. Aust. J. Plant physiol, 4: 785-797p.
- 76. Slama A. (2002).** Étude comparative de la contribution des différentes parties du plant du blé dur dans la contribution du rendement en grains en irrigué et en conditions de déficit hydrique. Thèse de doctorat en biologie. Tunis (Inrat). Univ. Elmanar, 225-229p.

- 77. Slama A., Ben Salem M., Ben Naceur M., Zid E.D. (2005).** Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. Institut national de la recherche agronomique de Tunisie (Inrat). Univ. Elmanar. Tunisie.
<http://www.john-libbeyeurotext.fr/fr/revues/agrobiotech/sec/e-docs/00/04/11/2E/telecharger.md>
- 78. Soltaner D. (1988).** Les bases de la production végétale .Ed .collec-sci et tech. Agri, Paris, 566P.
- 79. Soltner D. (1999).** Les grandes productions végétales.19ème édition, Ed. Collection sciences et techniques agricoles, France, 464 p.
- 80. Soltaner D. (2000).** Phytotechnie générale : les bases de la production végétales. Tome1 : le sol et son amélioration. Ed. Collection sciences et techniques agricoles, 467P.
- 81. 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*). *Bulletin de l'institut Scientifique*, Rabat, N°2 : 81-87.
- 82. Tanner C.B. et Sinclair T.R.(1983).** Efficient water use in crop production, In: Taylor, H. M, Jordan W. R, Sinclair, T. R. (Eds). Limitations to efficient water Use in Crop Production. American Society of Agronomy Madison WI. : 29-43.
- 83. Temagout M. (2009).** Analyse de la variabilité de la réponse au stress hydrique chez des lignées recombinantes de Tournesol (*Helianthus annuus* L.). Mémoire de Magistère, Université Mentouri, Constantine, 106 p.
- 84. Turner MG., Gardner RH ., O'Neill RV. (2001).** Landscape Ecology in Theory and Practice. New York: Springer-Verlag. 401 pp.
- 85. Vartanian N., Lemée G. (1984).** La notion d'adaptation à la sécheresse. Bulletin de la Société Botanique de France. Actualités Botaniques, 131 (1) : 7-15.
- 86. Veselovsky H. (1985).** Sunflower growing. J. Selyskoe Hozayaystvo I lesovodstvo. T.O. XLVIII (In Russian).
- 87. Villegas D., Aparicio N., Blanco R et Royo C. (2001).** Biomass accumulation and Main Stem Elongation of Durum Wheat Grown under Mediterranean Conditions. *Annals of Botany*, 88: 617-627.

- 88. Wang WX., Brak T., Vinocur B., Shoseyov O ., Altman A.(2003).** Abiotic resistance and chaperones: possible physiological role of SP1, a stable and stabilising protein from *Populus*. In: Vasil IK (ed), *Plant biotechnology 2000 and beyond*. Kluwer, Dordrecht, 439-443.
- 89. Yokota A., Takahara K., Akashi K. (2006).** *Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants*. Springer, 15-39.
- 90. Yves H., Et De Buyser J. (2000) .** L'origine des blés. *Pour la science*, 26: 60-62.
- 91. Zeitoun R. (2011).** Procédés de fractionnement de la matière végétale Application à la production des polysaccharides du son et de la paille de blé. Thèse en vue de l'obtention du doctorat de l'université de Toulouse en science des agro-ressources. Université de Toulouse. 291 pages.
- 92. Zerrad W., Maataoui B S., Hilali S, El Antri S., Laza S et Hmyene A. (2009) .**The effect of hydric stress upon the synthesis of four isoenzymes of two varieties of *durum wheat*. *Scientific study end Reseach*, vol 3 :253-259.
- 93. Zgallai H. (2007).**Etude des caractères morphologiques des plantes de tomate soumises à un déficit hydrique en milieu hydroponique, *Sècheresse*, vol 18, N°1 :57-64.
- 94. Zhu J. K. (2001).** Plant salt tolerance *Trends in Plant Sci.* 6: 66-71.

Caractérisation morpho physiologique *in vitro* au stade tallage chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous stress hydrique

Résumé

Le déficit hydrique constitue le principal stress abiotique limitant considérablement la productivité du blé dur (*Triticum durum* Desf.) en Algérie. L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet de stress hydrique et la variabilité de la réponse chez deux génotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf.) (V05 et Waha). D'après l'étude des différents paramètres morphologiques et physiologiques, sous trois niveaux de stress (75, 50, 25 % de la capacité au champ). Les résultats obtenus montrent que le stress hydrique a entraîné une réduction des paramètres morphologiques. De même une diminution du paramètres physiologiques. En conclusion, l'étude a montré que le stress hydrique provoque les mêmes mécanismes de la réponse chez les génotypes étudiées mais à des degrés différents.

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

الملخص (التوصيف المرفوفيزيولوجي في المختبر في مرحلة الاشطاء عند القمح الصلب (*Triticum durum* Desf) تحت الإجهاد المائي

نقص الماء من اهم العوامل البيولوجية التي لها تأثير على انتاجية القمح الصلب في الجزائر الهدف من هذا العمل هوا دراسة تأثير الاجهاد المائي وتنوع الاستجابة عندا صنفين من القمح الصلب (الواحا و V5). بعد دراسة مختلف المعايير المورفولوجية والفيزيولوجية تحت تأثير ثلاث مستويات من الاجهاد (75%.50%.25% من السعة الحقلية). تبين النتائج المتحصل عليها ان الاجهاد المائي تسبب في انخفاض المعايير المورفولوجية و المعايير الفيزيولوجية . كما اظهرت الدراسة انه يوجد الاجهاد المائي تستجيب اصناف القمح المدروسة بنفس الاليات ولكن بدرجات مختلفة.

Abstract (*In vitro* morphophysiological characterization at tillering stage in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) under drought stress)

Water deficit is one of the major abiotic stresses limiting the productivity of hard wheat (*Triticum durum* Desf.) in Algeria. The objective of this work is to study the effect of water stress and the variability of the response in two genotypes of hard wheat (*Triticum durum* Desf.) (V5 and Waha). Based on the study of the various morphological and physiological parameters, under three stress levels (75, 50, 25 % of the field capacity). The results obtained show that the water stress induced a reduction of the morphological parameters; similarly a decrease in physiological parameters. This study showed that some aspects of drought cause the same mechanisms of response in the genotypes studied but to different degrees.

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