

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ibn Khaldoun–Tiaret
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des sciences biologiques

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Génétique Moléculaire et Amélioration des plantes

Présenté par :

KERIA Amina

FERKATOU Habiba

MATI Imene

Thème

Etude de l'effet du déficit hydrique sur la croissance des racines séminales chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.)

Soutenu publiquement le 04 juillet 2019

Jury :

Président : SOUALMI. N
Encadreur : ADDA. A
Co-Promotrice : M^{elle} FELOUAH.O
Examineur : SOUALEM. S

Grade

Maître Assistant "A"
Professeur Université de Tiaret
DOCTORANTE
Maître Assistant "B"

Année universitaire :2018 / 2019

Résumé

Le déficit hydrique constitue le principal stress abiotique limitant considérablement la productivité du blé dur (*Triticum durum* Desf.) en Algérie.

Pour La compréhension de l'effet de stress hydrique sur des variétés local et introduit on a étudié les différents paramètres physiologiques, morphologiques et anatomiques visant l'élongation racinaires chez 05 variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) Waha, Mexicali75 Langlois Oued Zenati et Acsad1361 dans la présence des différents régimes hydrique (100, 60,30% de capacité au champ) et sa relation avec le développement de la partie aérienne.

Les résultats obtenus confirment que le déficit hydrique, a un effet sur plusieurs facteurs, manifestant des modifications structurales de différents organes et notamment les racines. L'étude a montré que toutes les variétés réagissent de la même manière au stress hydrique, mais à des degrés divers

Mots clés : Déficit hydrique, blé dur, morphologie, anatomie, racines, élongations cellulaires.

Abstract

The water deficit is the main abiotic stress limiting considerably the productivity of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) In Algeria.

For the understanding of the effect of water stress on local and introduced varieties the different physiological, morphological and anatomical parameters have been studied in 05 varieties of durum wheat (*Triticum durum*) Waha, Mexicali75, Langlois, Oued Zenati and Acsad1361 in the presence of different hydric regime (100, 60.30% of capacity in the field) and its relation with the development of the aerial part.

The results obtained confirm that the water deficit has an effect on several factors, demonstrating structural changes in various organs including the roots. The study showed that all varieties have the same response to water stress, but to varying degrees.

Keywords: water deficit, durum wheat, root formation, morphology, anatomy, root, cell elongation

Remerciement

*Nous remercions avant tout **ALLAH**, pour la volonté, la santé, la patience, qu'il donné durant toute ces longues années et notre créateur pour nous avoir donné de la force et le courage à accomplir ce travail.*

*Ainsi, nous tiens également à exprime mes vifs remerciements à mes encadreurs **DR, ADDA Ahmed** pour avoir d'abord proposé ce thème, pour le suivi continu tout long de la réalisation de ce travail et qui n'ont cessé de me donner de ses conseils.*

MERCI MONSIEUR

*Au président du jury madame **Soualmi Nadia** qui nous a fait l'honneur*

De présider le jury de notre mémoire.

*Au l'examineur madame **Soulem Samira**, qui nous avoir honorée en acceptant de jurer ce modeste travail.*

*Nous tenons à remercier très spécialement **M^{me} Falouah OmChiekh, Benouda Aicha**, merci pour vos aide, conseil, vos encouragements, vos joie et humour qui nous ont aidés à surmonter fatigue et découragement*

Je tiens à remercier vivement tous personne qui m'ont aidé à élaborer et réaliser ce travail de près ou de loin.

Mes remerciements aussi tous les enseignants du département qui ont contribué à notre formation.

Enfin, nous remercions tous ceux qui ont du pré ou du loin contribuée à la réalisation de ce travail. On présent notre remerciement et notre gratitude.

Dédicaces

Je dédie ce mémoire

A mes chers parents : Ahmed et Fatima

Sources de mes joies, secrets de ma force Vous serez toujours le modèle

***Papa**, dans ta détermination, ta force et ton honnêteté*

***Maman** dans ta bonté, ta patience et ton dévouement pour Nous Merci pour tous vos sacrifices pour que vos enfants Grandissent et prospèrent Merci de trimer sans relâche, malgré les péripéties de la vie Merci d'être tout simplement Mes parents.*

*Et je suis fière de vous l'offrir A mes frères : **Mohamed Amin, Salah Eddine, Amir et Saddam***

*A ma chère sœur **HADJER**, qui est toujours pré de moi.*

A tous ma famille

*A Ma jolie **Fatima Zahra** qui est partagé avec moi les moments difficiles et qui est partagé mes bons souvenirs et leur présence à mes cotes dans tous les cas pour son encouragement et son soutien surtout dans les moments les plus difficile ; je la souhaite la réussite dans ma vie*

A tous mes chères amies surtout : Bicha, Bouchra, Aicha, Hadjer, Houria Fathia, Foukî et Loulou

A tous mes collègues de la promotion « Génétique moléculaire et Amélioration des plantes »

A tous que j'ai oublié qui m'a apporté

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce Projet soit possible, je vous dis merci.

AMINA

Dédicace

Je dédie ce travail :

A mes très chers parents : Rabeh et Aicha

A celui qui m'a appris que la patience est le secret de succès et qui m'a toujours soutenu moralement et matériellement au cours de mes études ; à qui j'ai éprouvé un profond respect.

Mon adorable père

A celle qui sacrifia tout ce qu'elle a de cher pour me prodiguer une éducation, un soutien, une assistance et un encouragement pour enfin devenir ce que je suis maintenant

La source de la tendresse ma mère

Mes chers frères : Redoin .aimen

Ma chère sœur : sara

A mes chères amies : Aicha. Rania. Wissem. Nesrine. Imene. Amina. Aicha.

A mes collègues de la promotion « Génétique moléculaire et Amélioration des plantes »

Je tiens à remercier également toutes les personnes qui ont contribué de Pré ou de loin à la réalisation de ce travail.

HABIBA

Dédicaces

Honneur de dédier ce modeste travail réalisé gras à l'aide de dieu tout puissant

Qui m'a toujours encouragé et soutenu durant toutes mes années d'études.

Merci pour ton amour et ta confiance totale...

A toi Ma chère **maman**.

Mes chère **papa** A Celle qui matant bercé, tant donné et tant enseigné , toi a guidé dans le droit chemin , toi qui ma appris que rien est impossible.

Mes Chères sœurs : **ZAHOUA** , **AYA** , **SERINE**

MON chère frère : Med amine.

Mon cher grand père, que dieu bénéfice dans son vaste paradis.

Ma cher grand mère, que dieu lui donne une long vie.

Mes chères amies : **Soulef Fadhila** , **Aicha** , **Irched** , **missa**

A toutes les personnes qui comptent pour moi, intervenues dans ma vie à un montent ou à un autre et qui m'ont accompagné et soutenu.

Et

Tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de continues.

Imene



Liste des Figures

Fig.01 : Schéma du dispositif expérimental adopté.....	13
Fig.02 : Observation des cellules parenchymateuse des racines séminal.....	31
Fig.03 : Coupes transversales au niveau de la zone pilifère des racines séminal.....	35
Fig.04 : Observation des cellules parenchymateuses chlorophylliennes de la feuille.....	37

Liste des tableaux

Tableau 01 : Les caractéristiques du matériel végétal utilisé.....	12
Tableau 02 : Analyse de la variance des paramètres physiologiques.....	18
Tableau 03 : Les résultats moyens de la teneur relative en eau.....	19
Tableau 04 : Analyse de la variance des paramètres de la partie aérienne.....	20
Tableau 05 : Les résultats moyens de la surface foliaire.....	20
Tableau 06 : Les résultats moyens du nombre de feuille sénescente.....	21
Tableau 07 : Les résultats moyens du nombre de feuille de talle principal.....	22
Tableau 08 : Analyse de la variance des paramètres morphologiques de la partie racinaire...23	
Tableau09 : Les résultats moyens de la longueur de l'axe racinaire.....	24
Tableau10 : Les résultats moyens de la longueur et le nombre des racines adventives.....	25
Tableau 11 ; Les résultats moyens de nombre des racines séminales longues.....	26
Tableau 12 : Les résultats moyens du nombre des racines adventives moyens.....	26
Tableau 13 : Les résultats moyens du nombre des racines adventives courts.....	27
Tableau 14 : Les résultats moyens de la matière sèche racinaire.....	28
Tableau 15 : Les résultats de la longueur des cellules parenchymateuses des racines séminales.....	29
Tableau 16 : Les résultats moyens de la largeur des cellules parenchymateuses des racines séminales	30
Tableau 17 : Analyse de la variance des paramètres anatomiques.....	30
Tableau18 : Les résultats moyens de diamètre de cellule de méta xylème centrale de la racine séminale.....	32
Tableau 19 : Les résultats moyens de diamètre des cellules de méta xylème de la racine séminale.....	33
Tableau 20 : Les résultats moyens de nombre des cellules de méta xylème de la racine séminale.....	34
Tableau 21 : Les résultats de diamètre des cellules parenchymateuses de la dernière feuille.	36
Tableau 22 :la matrice de corrélation des paramètres étudiés.....	39

Liste des abréviations

µm :	Micro mètre
ADH 1	Avec déficit hydrique (moyen)
ADH 2 :	Avec déficit hydrique (sévère)
CC :	Capacité de champs
CM :	Centimètre
CR% :	Capacité de rétention
DMC :	Diamètre de méta xylème centrale
DVM ;	Diamètre des vaisseaux de métaxylème
G ;	Génotype
LRA :	Longueur des racines adventives.
MSR :	Matière sèche racinaire
NFS :	Nombre feuilles sénescentes
NFTP ;	Nombre feuille du talle principale
NRA :	Nombre des racines adventives.
NRSC :	Nombre des racines séminales courts.
NRSL :	Nombre des racines séminales longues.
NRSM :	Nombre des racines séminales moyens.
NVM ;	Nombre des vaisseaux de métaxylème
SDH :	Sans déficit hydrique.
SF ;	Surface foliaire
SH :	Situation hydrique
TRE :	La teneur relative en eau

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Les abréviations

Introduction
2

Chapitre I synthèse bibliographiques

I. Généralités sur l'espèce :

I.1. Origine génétique	4
I.2. Description de la plante	4
I.3. L'anatomie de la feuille :	4
I.3.1. L'épiderme	
5	
I.3.2. Le mésophylle	5
I.3.3. Le système vasculaire	6
I.5.L'anatomie des racines	6
I.5.1 L'assise pilifère	6
I.5.2 L'écorce	6
I.5.3 L'endoderme	6
5.4 Le cylindre central	7

II. Le Stress hydrique

7

II.1 Notion de stress	
7	
II.2	Déficit
hydrique.....	7
II.3. Effet du déficit hydrique sur la plante.....	7
II.3.1. Effet du déficit sur le développement aérien.....	8
II.3.2. Effet du déficit hydrique sur le développement racinaire du blé	
8	
II.4. Stratégies d'adaptation des plantes au stress hydrique	9

II.4.2. Stratégies d'adaptation des plantes au stress hydrique	9
II.4.2.1. Esquive	9
II.4.2.2. L'évitement	9
II.4.2.3. La tolérance	10

Chapitre II Matériels et méthodes

1. 1. L'objectif de l'expérimentation	12
2. Matériel végétal utilisé	12
3.. Conduite de l'essai	12
3.1. Essai sous serre	12
3.2. L'installation de l'essai	12
3.3. Le dispositif expérimental	12
4. Les Mesures Effectues	13
4.1. La capacité de rétention en eau	14
4.2. La teneur relative en eau (TRE)	14
4.3. L'humidité pondérale	14
5. Les paramètres morphologiques	14
5.1 La partie aérienne	14
5.2 La partie racinaire.....	15
6. Les paramètres anatomiques.....	15
6.1. Les coupes histologiques.....	15
6.2. La dispersion cellulaire	15
7. L'étude statistique	16

Chapitre III Résultats et discussions

1. Résultats.....	18
1.1. Les paramètres physiologiques.....	18
1.1.1. Teneur relative en eau (TRE).....	18
1.2. Paramètres morphologiques.....	19
1.2.1 La partie aérienne.....	19
1.2.1.1 La surface foliaire.....	19
1.2.1.2. Le nombre de feuille sénescente.....	20

1.2.1.3. Le nombre de feuille du talle principal.....	21
1.2.2 La partie racinaire.....	21
1.2.2.1. Longueur de l'axe racinaire.....	22
1.2.2.2 La longueur et le nombre des racines adventives.....	24
1.2.2.3 Nombre des racines séminales longues, moyens et courts.....	25
1.2.2.4 La matière sèche racinaire.....	27
1.3. Les paramètres anatomiques.....	29
1.3.1. Les paramètres anatomiques des racines séminales.....	29
1.2.1.1. Le diamètre des cellules parenchymateuses des racines séminales.....	29
1.2.1.2. Le diamètre des cellules parenchymateuses.....	29
1.2.1.3. Le diamètre du métaxylème central.....	31
1.2.1.4. Diamètre des vaisseaux du métaxylème périphérique.....	32
1.2.1.5. Nombre des vaisseaux du métaxylème périphérique des racines séminales.....	34
1.3.2. Les paramètres anatomiques de la partie aérienne	36
1.3.2.1. Le diamètre des cellules parenchymateuses de la dernière feuille	36
2. Discussion.....	38
Conclusion générale	41
Références bibliographiques	

Introduction

La culture du blé dur constitue une spéculation stratégique dans le schéma de la production végétale en Algérie. Les superficies emblavées chaque année s'évaluent à environ 3 millions d'hectares. Cette importance se justifie par les utilisations offertes des produits issus de cette espèce. Ils constituent un élément de base du modèle alimentaire de la population Algérienne. Cependant, les potentialités de production de notre pays en blé dur demeurant insuffisantes pour satisfaire les besoins exprimés (**CHENNAFI et al., 2010**). Ce déséquilibre impose à notre économie une dépendance continue à l'importation du produit à partir des marchés mondiaux (**BENBELKACEM et al., 2000**).

Cette faiblesse de la production de blé en Algérie était toujours liée aux effets du stress hydrique qui se fait ressentir de manière très importante depuis la dernière décennie (**CHAISE et al., 2005**). En effet, la localisation des aires céréalières dans notre pays, dans les hauts plateaux et les plaines intérieures, zones semi-arides, expose la culture des céréales aux effets conjugués du stress thermique et de la sécheresse. L'amélioration du rendement et la production chez cette espèce, impose la recherche des solutions de lutte contre les effets des stress abiotiques précités. Deux catégories de solution sont envisageables, l'utilisation de l'irrigation et la conduite du matériel végétal plus tolérant aux effets des stress abiotiques. L'utilisation de l'irrigation et la conduite du matériel végétal plus tolérant aux effets des stress abiotiques. L'emploi de la première solution s'heurte à la rareté des ressources hydriques et la cherté des investissements où elle demeure inaccessible dans la majorité des exploitations agricoles. La création d'un tel matériel végétal exige la définition des différents critères derrière cet objectif (**ADDA et al., 2013**).

De nombreux travaux sont consacrés à l'étude de l'implication des racines dans la tolérance au déficit hydrique. Ils ont prouvé dans leur plupart que le développement du système racinaire est considérée comme l'un des principaux facteurs de la variabilité inter et intraspécifique de la tolérance à la sécheresse (**BENLARIBI et al., 1990**). Le maintien du potentiel hydrique est lié à un ensemble complexe de caractères morphologiques et anatomiques racinaires, la profondeur, la masse, le volume et la structure (**ALI DIB et MONNEVEUX, 1992 ; ADDA, 2006**). Les racines présentent une grande plasticité architecturale pour aider les plantes à mieux s'adapter à la disponibilité de l'eau (**ADDA et al., 2013**).

Le travail réalisé s'axe principalement sur l'étude des effets de déficit hydrique sur le remodelage du système racinaire séminal du blé dur et de définir la relation entre l'évolution de l'humidité du substrat et sa croissance en longueur, et de comparer le comportement les cinq

variétés de blé dur sous différents régimes hydriques ; ceci par l'étude de quelques paramètres morphologiques et physiologiques et anatomiques.

La présentation du travail s'est faite suivant trois parties. Une première partie est réservée à la présentation de la synthèse bibliographique où sont exposées les principales recherches récentes dans ce domaine, la seconde englobe la présentation du matériel végétal conduit, les méthodes employées et les mesures effectuées ainsi que les différentes consignes expérimentales. Une dernière partie expose les résultats auxquels nous sommes parvenus.

Chapitre I

Notices bibliographiques

Le blé dur (*Triticum Durum* Desf.)

I. Généralité sur l'espèce

Le blé dur (*Triticum Durum* Desf.) est une plante annuelle qui appartient à la famille des Graminées, de la tribu des Triticées et du genre *Triticum*, au groupe tétraploïde ($2n=4x=28$ chromosomes). Leur famille comprend 600 genres et plus de 5000 espèces (MOULE, 1980 ; GOSSIN, 1859 ; YVES et De BUYSER, 2000 ; FEILLET, 2000).

I.1. Origine génétique

La filiation génétique des blés est complexe et incomplètement élucidée. Toutefois, il est acquis que le génome A provient de *Triticum monococcum*, le génome B d'un *Aegilops* (*A. Bicornis*, *A. sépaloïdes*, *A. longissima* ou *A. searsii*). Le croisement naturel de *T. monococcum* avec *Aegilops* a généré l'apparition d'un blé dur sauvage de type AA BB (*triticum turgidum* ssp *dicoccoides*) qui a ensuite évolué progressivement vers *T. turgidum* ssp *Dicoccum*, puis vers *T. durum* qui est le blé dur cultivé (BONJEAN et PICARD, 1990). Le blé dur est allotétraploïde (deux génomes : AABB), comptant au total 28 chromosomes ($2n=4x=28$), contenant le complément diploïde complet des chromosomes de chacune des espèces souches (WALL *et al.*, 1971).

I.2. Description de la plante

Il s'agit d'une graminée annuelle de hauteur moyenne et dont le limbe des feuilles est aplati. Une plante de blé est constituée d'un ensemble de brins (ou axes, ou talles) qui comportent chacun une partie végétative, la tige feuillée, une partie reproductrice, l'épi et un système racinaire (SOLTNER, 2005).

Les feuilles sont alternées, comportant chacune une portion supérieure et une portion inférieure correspondant respectivement au limbe et à la gaine (HUBERT, 1998 ; JOUVE et DAOUDI, 2001), au point d'attache de la gaine de la feuille se trouve une membrane mince et transparente (ligule) comportant deux petits appendices latéraux (oreillettes) (BOZZINI, 1988). Chez toutes les graminées la présence et la forme des oreillettes ou stipules et de la ligule, permet de déterminer l'espèce avant l'apparition de l'épi (SOLTNER, 1990).

L'épide blé à rachis solide qui porte alternativement à droite et à gauche un épillet, l'épillet contient plusieurs fleurs enveloppées par deux glumelles (inférieure terminée par une longue barbe) à glumes (inférieure et supérieure) carénées jusqu'à leur base (CLEMENT, 1971).

Les graines sont des fruits appelées caryopses. Ou les téguments de la graine se sont soudés à la paroi de l'ovaire. Ses réserves sont contenues dans l'albumen composé de 65% d'amidon, 15% de protéines, de 15% d'eau et de divers micro éléments. (**SURGET et BARRON, 2005 ; MOULE, 1980 ; DOUMANDJI *et al.*, 2003 ; BOGARD, 2011**).

Le système racinaire est composé de deux systèmes radiculaires successives. Le système séminal ou racine primaire. Les racines séminales sont produites par la plantule durant la levée et sont associées dans la graine à différentes parties de l'embryon (**BENLARIBI *et al.*, 1990 ; CLARKE *et al.*, 2002 ; GATE, 1995**). Ces racines sont au nombre de 6, ce système est constitué d'une racine principale et de deux paires de racines latérales, soit 5 racines ; éventuellement se développe une sixième racine à partir de l'épilasce (**COLNENNE *et al.*, 1988, MOULE, 1980**). Ces racines qui sont constitués que de tissus primaires vont nourrir la plantule jusqu'au stade tallage. Les Racines adventives ou racine secondaire qui apparait au moment où la plante se ramifiée (tallage) (**BELAID ,1987**). Elles sortent des nœuds de la base pour former le système racinaire permanent, qui s'étale et peut pénétrer jusqu'à 2 m de profondeur et assure la nutrition de la plante pendant la période active (**BRINK et BELAY, 2006**). La croissance de ces racines dure jusqu'à la floraison, stade à partir duquel elles cessent de croître et entrent rapidement en sénescence. Leur nombre définitif varie avec la variété et les conditions culturales (**GATE, 1995**).

I.3. L'anatomie de la feuille :

I.3.1. L'épiderme

Est une assise de cellule formée de cellules de Revêtements dépourvues de chloroplastes. L'épiderme est recouvert de cuticule, substance cireuse qui imperméable à l'eau et à l'air, et parsemé de petits trous, les stomates (surtout dans la face inférieure) **LUTTGE *et al.*, 1997**

I.3.2. Le mésophylle

Le mésophylle est formé de parenchyme disposé en palissade et de parenchyme lacuneux. Leurs cellules qui contiennent les chloroplastes déterminent l'épaisseur de la feuille (**LUTTGE et al., 1997**).

I.3.3. Le système vasculaire

Il est essentiellement formé de nervures parallèles (nervure médiane et nervures marginales) dans la plus grande partie du limbe, mais convergentes à l'extrémité de celui-ci. Ces nervures sont reliées les unes aux autres par de fines nervures transversales (**CAMIFORT, 1977**).

I.5. L'anatomie des racines

Elle est représentée par quatre zones caractéristiques. Chaque racine comprend un méristème primaire responsable de sa formation et sa croissance en longueur et protégé par une coiffe, une zone pilifère et la zone subérifier au niveau de laquelle s'opère sa ramification par l'apparition des racines secondaires (**LAFON, 1996**).

I.5.1 L'assise pilifère

Est constitué par des cellules muriformes, dans quelques unis allongent en un poil absorbant. Ce sont ces poils qui puisent dans le sol les matières utiles aux plantes (**PAUL, 1923**).

I.5.2 L'écorce

Constitué d'un parenchyme non chlorophyllien (amylifère) riche en méats, qui a un rôle de réserve (**CAMEFOR t, 1984**).

I.5.3 L'endoderme

Est une couche des cellules disposées et allongées entre la stèle et l'écorce dans le sens de la longueur de la racine.

I.5.4 Le cylindre central

C'est la partie de la racine où sont localisés les tissus conducteurs. Les vaisseaux de xylème alternent régulièrement et sur un seul cercle, avec les tubes criblés du phloème. C'est dans le xylème où circule la sève brute et la sève élaborée dans le phloème, la différenciation du xylème est centripète (ROLAND *et al.*, 2008).

II. Le Stress hydrique

II.1 Notion de stress

D'après HOPKINS, 2003, on appelle stress toute pression dominante exercée par un paramètre, perturbant le fonctionnement habituel de la plante, par ailleurs la réponse du végétal dépend, entre autres, de ces paramètres environnementales (type de contrainte, intensité et durée) et génétique (espèce et/ou génotype).

Les stress environnementaux nés de la fluctuation des facteurs abiotiques (sécheresse, salinité, température) affectent les conditions de croissance, le développement et le rendement des plantes. (MADHAVA *et al.*, 2006).

II.2 Déficit hydrique

Le stress hydrique est l'un des stress environnementaux les plus importants, affectant la productivité agricole autour du monde (BOYER, 1982), il 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. (LABERCHE, 2004)

Le déficit hydrique est un phénomène courant, durant le cycle de développements des plantes, il est lié à la réduction de l'humidité du sol et à l'augmentation la demande évaporatoire (BLUM, 1996). L'origine de ce déficit peut être d'une salinité excessive du sol, d'une sécheresse ou du gel qui par cristallisation des molécules d'eau diminue sa disponibilité ce qui réduit significativement les productions agricoles (CHAMEIL, 2006 ; BOOTSMA *et al.*, 1996).

II.3. Effet du déficit hydrique sur la plante

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)

II.3.1. Effet du déficit sur le développement aérien

Le développement végétatif d'une plante cultivée sous conditions hydriques limitantes est fortement perturbé (CHAVES *et al.*, 2002 ; LEBON *et al.*, 2006). Chez le blé dur, le déficit en eau affecte son développement et ralentit 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), les plantes soumises à un déficit hydrique voient généralement leur sénescence foliaire s'accélérer ; et une perte trop importante d'eau peut conduire à la mort des cellules, (KRAMER et BOYER, 1995 ; BOUCHABKE *et al.*, 2006). Un manque d'eau peut engendrer des pertes de rendement plus ou moins importantes selon sa durée, son intensité et le moment où il apparaît au cours du cycle de la plante ; le nombre de thalle est réduit en cas de déficit hydrique. On note principalement une diminution importante de la taille, de la longueur des entre nœuds, du nombre de feuilles (GATE, 1995 ; COURTOI *et al.*, 2000 in ATTIA, 2007 ; INRA, 2006 ; LEBON *et al.*, 2006 ; ATTIA, 2007)

GARCIA DEL MORAL *et al.*, (2003) montre que 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.

II.3.2. Effet du déficit hydrique sur le développement racinaire du blé

Le développement du système racinaire joue un rôle essentiel dans l'alimentation hydrique et minérale de la plante (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 photosynthèse qui seront détournés la production de grains (BALDY, 1973). Une diminution importante de la longueur et le nombre des racines, cette diminution est due probablement à un arrêt de la division et de l'élongation cellulaire au niveau de la racine (BENDARRADJI *et al.*, 2016).

Selon DAALOUL *et al.*, 2002, démontre qu'en conditions de déficit hydrique, le blé dur intensifie la longueur des racines séminales ainsi que leur ramification dans les couches de sol le plus humides, alors il existe une variation génotypique dans la morphologie des systèmes racinaires de blé face à la sécheresse (EL FAKHRI *et al.*, 2010)

II.4. Stratégies d'adaptation des plantes au stress hydrique

II.4.1. Notion d'adaptation

Selon HOPKINS, 2003 L'*adaptation* se rapporte à des modifications de structure ou de fonction héréditaires, qui augmentent l'adéquation de l'organisme dans un environnement stressant.

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

II.4.2. 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, évitement et tolérance) (TURNER, 1986).

II.4.2.1. Esquive :

Par la première stratégie, les plantes peuvent décaler et/ ou raccourcir leur cycle végétatif dans le temps. Ce type de réponse est appelé l'esquive (AMIGUES *et al.*, 2006).

Esquive permet à la plante de réduire ou annuler les effets de la contrainte hydrique par une bonne adaptation de son cycle de culture à la longueur de la saison de la pluie (GRIEU *et al.*, 2008).

La précocité au stade épiaison est une composante importante d'esquive du stress de fin de cycle chez le blé dur. (MAKHLOUF *et al.*, 2006).

II.4.2.1. L'évitement

Pour HOPKINS, 2003, l'évitement de la déshydratation implique des mécanismes qui réduisent l'impact d'un stress bien qu'il soit présent dans l'environnement.

La stratégie de l'évitement est principalement liée d'un part, à la réduction de la transpiration et d'autre part, à une optimisation de l'absorption d'eau par les racines la diminution de la transpiration et principalement liée à la fermeture des stomates. (GRIEU *et al.*, 2008)

Selon **TARDIEU,2003**, L'évitement, stratégie conservatrice ; suppose à la fois de minimiser les pertes en eau et optimiser l'absorption de l'eau, permettent une tolérance avec maintien du potentiel hydrique élevé ou évitement

II.4.2.3. La 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 croître et, du point de vue agronomique, par l'obtention d'un rendement plus élevé que celui des plantes sensibles (**SLAMAetal.,2005**)

Le maintien de la turgescence lors d'un déficit hydrique permet de retarder la fermeture des stomates, de maintenir le volume chloroplastique et de réduire le flétrissement foliaire Cette aptitude confère à la plante une meilleure tolérance au déficit hydrique interne. (**BLUM, 1996**).

La tolérance au déficit hydrique peut être considérée comme la capacité d'un génotype à produire un rendement acceptable en condition de déficit hydrique (**TARDIEU et TUBEROSA ,2010**).

Chapitre II

Matériel et méthodes

1. L'objectif de l'expérimentation

L'objectif de ce travail est d'étudier des effets de déficit hydrique sur le remodelage du système racinaire séminal du blé dur et de définir la relation entre l'évolution de l'humidité du substrat et sa croissance en longueur.

2. Matériel végétal utilisé

Le matériel végétal utilisé est constitué de cinq génotypes du blé dur. Le choix de ces génotypes est géré par leur origine, leur phénotype et leur degré de tolérance à la sécheresse, contrastes.

Tableau 01 : Les caractéristiques du matériel végétal utilisé

Nom du génotype	Origine	Tolérance à la sécheresse	Cycle végétative
Langlois	Locale	Elevée	Tardif
Waha	ICARDA	Elevée	Précoce
Mexicali75	CIMMYT	Moyenne	Précoce
ACSAD1361	CIMMYT	Faible	Semi-tardif
Oued Zenati	Locale	Moyenne	Tardif

3. Conduite de l'essai

3.1. Essai sous serre

L'expérimentation a été conduite dans des conditions semi-automatique dans une serre au niveau de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université IBN KHALDOUN de Tiaret.

3.2. L'installation de l'essai

Les graines sont semis directement dans des cylindres PVC de 4 cm de diamètre et de 150 cm de long, replis d'un substrat composé d'un mélange de sable, de terre et de matière organique à des proportions respectives de 3,3, d'une faible capacité de rétention (27.11%)

3.3. Le dispositif expérimental

Le dispositif comporte trois lots distingués par le régime d'irrigation appliqué, 100%CC, 60%CC et 30%CC. Chaque traitement hydrique comporte 20 cylindres supportant les cinq génotypes conduits, répétés quatre fois chacun et disposés d'une façon aléatoire. L'ensemble de l'expérimentation comprend 60 cylindres. Les cylindres du lot conduit à 100%CC (témoin)

est maintenue à cette humidité par irrigation à une fréquence de 48h par apport de la quantité évapo-transpirée. Les deux autres états hydriques ont provoqué par arrêt d'irrigation, à partir du stade une feuille pour le lot conduit à 30%CC et 3 feuilles pour le traitement hydrique mené à 60%CC.

La dose d'irrigation a été calculée par pesée en considérant que la masse volumique de l'eau est d'environ 1.

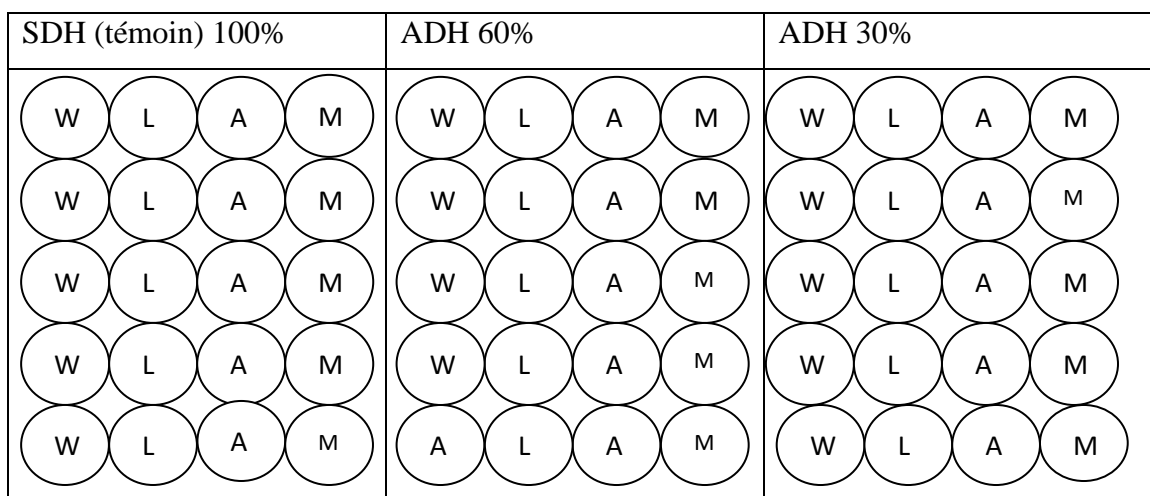


Figure 01 : Schéma du dispositif expérimental adopté

4. Les Mesures Effectuées

4.1. La capacité de rétention en eau

Au cours de la conduite de l'essai, on a procédé par le calcul de la capacité de rétention en eau du substrat. Un échantillon du substrat est irrigué jusqu'à la saturation, après 24h de repos, le substrat est pesé, c'est le poids frais. Le poids sec est déterminé après un passage à l'étuve réglée à 105°C pendant une durée de 24 heures.

La capacité de rétention en eau est déterminée selon la relation suivante :

$$CR\% = \frac{\text{Poids frais} - \text{Poids sec}}{\text{poids sec}} \times 100$$

4.2. La teneur relative en eau

La teneur relative en eau exprimée a été déterminée selon la méthode de Ladiges (1975). La feuille est prélevée à sa base et immédiatement pesée (Pi) et ensuite est trempée à sa base dans un tube à essai contenant de l'eau distillée. L'ensemble est placé dans un endroit frais et à l'obscurité durant 24h. Les feuilles sont essuyées et à nouveau pesées pour obtenir le poids en pleine turgescence (Ppt). Les feuilles sont ensuite étuvées (80°C, 48h) pour déterminer la matière sèche (Ps)

La teneur relative en eau a été déterminée par l'équation suivante :

$$\text{TRE} = [(P_i - P_s) / (P_{pt} - P_s)] \times 100$$

4.3. L'humidité pondérale

A la fin de l'expérimentation l'humidité pondérale des cylindres a été calculée à différentes profondeurs en partant de la surface, chaque 20cm, selon la méthode suivante :

$$\text{H \%} = [(P_f - P_s) / P_f] \times 100$$

5. Les paramètres morphologiques

A la fin de l'expérimentation, les états hydriques des différents traitements atteints (100%CC, 60%CC, 30%CC). Les cylindres ont été vidés de leur contenu par un jet d'eau et les plants sont récupérés après lavage délicat des racines. Les mesures ont porté sur les deux parties, aériennes et souterraines.

5.1 La partie aérienne

Les mesures ont porté sur :

- Nombre des feuilles de tale principal
- Nombre des feuilles sénescents
- Surface foliaire (cm²) :

La surface foliaire est déterminée à partir des mesures de la longueur et la largeur de la feuille selon le rapport suivant :

$$\text{Surface foliaire : (Longueur x Largeur) x 2}$$

5.2 La partie racinaire

Cette partie a été concernée par les mesures portant sur :

- La longueur de l'axe racinaire
- La longueur des racines séminales longue, moyens et courts.
- La longueur et le nombre des racines adventives.
- La matière sèche des racines déterminée après étuvage à une température de 80°C pendant 48 heures

6. Les paramètres anatomiques

Afin d'avoir une information complète sur les structures impliquées par la plante pour tolérer au déficit hydrique, nous avons procédé à faire une étude anatomique, qui est basé sur des coupes histologiques et la technique de la dispersion cellulaire. Ces paramètres sont étudiés au niveau de la feuille et les racines

6.1. Les coupes histologiques

A la fin de l'expérimentation une partie de la zone médiane du limbe et la zone pilifère des racines séminales sont prélevées et fixées dans un mélange d'éthanol, formol et acide acétique (17 :3 :1). Les échantillons sont ensuite lavés par l'eau puis déshydratés par un passage successif dans des bains d'éthanol à concentration croissante de 50%, 70% et 100%. Les échantillons sont ensuite imprégnés dans un bain de toluène- paraffine (1 :1) et un autre de paraffine pure durant 4 heures à la température de fusion de paraffine (58°C). Enfin les échantillons sont inclus dans des blocs de paraffine et coupés à l'aide d'un microtome (LEICA) à une épaisseur de 7µm. Les coupes sont collées sur des lames avec une couche de gélatine. Elles sont ensuite déparaffinées par passage dans du toluène (2 bains, 10mn). Enfin les coupes sont colorées par un double colorant (carmin aluné et vert de méthyle), surmontées de baume de Canada et lamelles et observées. Les mesures son porté sur :

- ✓ La longueur et le diamètre des cellules parenchymateuses des racines séminales.
- ✓ Le diamètre des cellules du parenchyme chlorophyllien de la feuille.

6.2. La dispersion cellulaire

Une partie de la zone pilifère de la racine séminale, ainsi qu'une partie de la feuille, sont prélevés immédiatement et sont fixés dans du FAA. Elles sont ensuite rincées avec l'eau

distillée pour éliminer les traces du fixateur. Puis on a procédé à la déshydratation par le passage des échantillons dans l'éthanol à 50% pendant 1 heure et conservées dans l'éthanol à 70%. Les échantillons sont placés dans une solution de NaOH 6N pendant 48 heures pour assurer la destruction de la membrane primitive de la paroi. Les échantillons sont ensuite dispersés sous un binoculaire et colorés (safranine) et observés par un microscope muni d'un micromètre de type OPTIKA. Les mesures ont porté sur

- ✓ Diamètre des vaisseaux ligneux du métaxylème central.
- ✓ Diamètre des vaisseaux du métaxylème.
- ✓ Nombre des vaisseaux du métaxylème.

7.L'étude statistique

L'étude statistique des données par analyse de la variance et la matrice de corrélations s'est réalisée par utilisation de STATISTICA version8.

$$\text{Evolution \% : } \frac{\text{Valeur SDH- Valeur ADH}}{\text{Valeur SDH}} \times 100$$

Chapitre III

Résultats et discussions

1. RESULTATS

1.1. Les paramètres physiologiques

1.1.1. Teneur relative en eau (TRE)

Les résultats statistiques obtenus (Tableau.02), montrent que les variations de la teneur relative en eau s'opèrent de manière indépendante de la nature génotypique conduite ($p > 0.05$). L'expression de ce paramètre s'influe de façon très hautement significative par les régimes hydriques adoptés ($p < 0.001$). L'interaction entre les deux facteurs n'a eu aucun effet marquant sur la teneur relative en eau ($p > 0.05$), indiquant que les génotypes conduits ont manifesté les mêmes grandeurs de variations à l'égard de la nutrition hydrique menée.

Tableau .02 : Analyse de la variance des paramètres physiologiques

Variables	Génotype	Situation hydrique	Génotype x situation hydrique
	Test F	Test F	Test F
TRE	2.2ns	14.7***	0.82ns

N.B : * Hautement significative**

Les résultats moyens (tableau .03), indique qu'au niveau du lot conduit à 100%CC, la valeur maximale de la teneur relative en eau a été enregistrée chez le génotype Waha (63.47%), alors que le génotype Mexicali75 a donné la plus faible teneur avec 90.32%.

Sous le traitement avec ADH1, cette teneur varie entre 92.33%, valeur exprimée par le génotype Oued Zenati et 90.43% valeur extériorisée par le génotype Langlois. Tandis que sous les conditions de déficit hydrique sévère (ADH2), il est à signaler que la plus haute valeur de la teneur relative en eau a été enregistrée par le génotype Waha (89.9 %), le génotype Langlois a inscrit la plus faible valeur avec 87.57%.

La lecture de l'évolution de la teneur relative en eau avec la dépression de l'humidité du substrat de culture indique que sous le traitement hydrique mené à 60%CC, montre que le génotype Waha se distingue par la plus importante diminution de ce paramètre avec 2.21%. Dans le lot conduit à 30%CC, la décroissance de la teneur relative en eau a atteint un maximum

estimé à 4.79% constatée chez le génotype Oued Zenati. D'une façon générale, il faut noter qu'en compagnie de la sévérité du déficit hydrique, la teneur relative en eau s'est maintenue à taux supérieur à 80% et ce chez l'ensemble des génotypes, leur permettant de maintenir un état de turgescence optimale.

Tableau .03 : Les résultats moyens de la teneur relative en eau

Variable	SDH	ADH1	Evolution%	ADH2	Evolution%
ACSAD1361	91,38	91,28	0,10	89,63	1,91
Langlois	91,38	90,43	1,03	87,57	4,16
Mexicali75	90,32	90,83	-0,56	89,1	1,35
Oued Zenati	93,13	92,33	0,85	88,66	4,79
Waha	93,47	91,34	2,27	89,9	3,81

1.2. Paramètres morphologiques

1.2.1 La partie aérienne

1.2.1.1 La surface foliaire

D'après les résultats statistiques obtenus (tableau.04), on remarque que l'élaboration de la surface foliaire est indépendante de la nature de génotype, le régime hydrique ainsi que leur interaction ($p > 0.05$).

Les résultats moyens (tableau.05), illustrent que les génotypes Langlois, Oued Zenati, et Waha manifestent une augmentation de leurs surfaces foliaires respectives au niveau du lot conduit à 60%CC, en comparaison avec les valeurs inscrites dans le lot témoin (100%CC). Les taux d'accroissement chez ces génotypes sont de l'ordre 130% (Langlois), 14.09% (Oued Zenati), 3.02% (Waha). Les génotypes Mexicali75 et ACSAD1361 présentent par contre une tendance différente, où ils ont inscrit une décroissance de la surface foliaire sous ces mêmes conditions, évaluée à 19%.

Dans le traitement conduit à 30%CC, on note une diminution de la surface foliaire chez les génotypes Mexicali75, ACSAD1361, Oued Zenati où la plus haute valeur de réduction est

inscrite par ACSAD1361 (11.55%), les géotypes Waha et Langlois ont affichés des augmentations avec des valeurs respectives 14.92% et 6.56%.

Tableau .04 : Analyse de la variance des paramètres de la partie aérienne

Variables	Géotype	Situation hydrique	Géotype x situation hydrique
	Test F	Test F	Test F
NFS	13.795***	23.454***	2.204*
NFTP	1.651ns	0.777ns	0.291ns
SF	1.418ns	0.231ns	0.499ns

Tableau.05 : Les résultats moyens de la surface foliaire

Variable	SDH	ADH1	Evolution%	ADH2	Evolution%
ACSAD1361	7.25	7.15	1.31	6.41	11.55
Langlois	7.27	8.29	-14.09	6.86	5.60
Mexicali75	7.03	7.24	-3.02	8.08	-14.92
Oued Zenati	7.72	8.73	-130	8.23	-6.56
Waha	7.18	6.52	9.19	6.86	4.38

1.2.1.2. Le nombre de feuille sénescence

L'analyse des résultats mentionnée dans le tableau.04 montre que ce paramètre est hautement conditionné par la nature des géotypes testés et le régime hydrique appliqué ($p < 0.001$). L'interaction de ces deux facteurs d'étude présente un effet significatif sur l'élaboration de cette caractéristique ($p < 0.01$), ce qui signifie l'existence d'une variation de l'expression génotypique dans son élaboration.

Selon les résultats moyens (tableau.06), le nombre de feuilles sénescentes s'accroît avec l'accroissement de l'intensité de déficit hydrique. Les données obtenues exposent que le nombre de feuilles sénescentes progresse entre 0 feuille/talle et 3 f/talle. Aux conditions du lot d'ADH1, le génotype Waha présente la valeur la plus élevée avec 03 feuilles et oued Zenati porte le plus faible nombre de feuille sénescence (1 feuille). Dans le traitement ADH2, le génotype ACSAD1361 présente le nombre le plus élevé qui s'estime à 3.75 feuilles, et les deux génotypes Oued Zenati et Langlois ont inscrit la plus faible valeur qui est égale à 2.5 feuilles.

Ces mêmes résultats démontrent qu'au niveau du lot ADH1, la plus haute valeur d'augmentation est inscrite par le génotype Oued Zenati avec une valeur de 150%, et la grande valeur de réduction est affichée par le génotype Mexicali75 avec une valeur de 8.33%. Sous les conditions les plus déficientes, tous les génotypes ont inscrit des augmentations, où la plus importante valeur est inscrite par le génotype Waha avec 133.33%, tandis que le génotype Mexicali75 a affiché la plus faible valeur (8.33%).

Tableau .06 : Les résultats moyens du nombre de feuilles sénescentes.

Variable	SDH	ADH1	Evolution%	ADH2	Evolution%
ACSAD1361	2.25	2.5	-11.11	3.75	-66.66
Langlois	0.50	1.25	-150	2.5	-400
Mexicali75	1.50	3	-100	3.5	-133.33
Oued Zenati	1.75	2	-14.28	2.5	-42.85
Waha	3	2.7	8.33	3.25	-8.33

1.2.1.3. Le nombre de feuille de la talle principal

Selon les résultats obtenus (tableau.03), il se démontre que l'élaboration du nombre de feuilles de la talle principal dépend d'une manière non significative de la nature génotypique, le traitement hydrique appliqué ainsi que leur interaction ($p > 0.05$).

Les résultats moyens obtenus (Tableau.07), démontrent qu'au niveau du lot conduit à 100%CC, et 60%CC, le nombre de feuilles de la talle principal ont des valeurs d'environ 6 à 7. Sous les conditions hydriques ADH1, les valeurs avoisinent environ 6 feuilles/talle. Sous les conditions hydriques déficientes, ces valeurs sont limitées entre 6 feuilles/talle valeur exprimée par le génotype Langlois et 7 valeur enregistrée par le génotype Waha.

D'après les résultats (tableau.07), les évolutions sont variables à travers les différents génotypes étudiés et les traitements hydriques appliqués. Au niveau du lot ADH1, le génotype Langlois a inscrit la haute valeur d'augmentation de 4%, et le génotype Mexicali75 a inscrit la grande valeur de réduction 3.70%.

Tableau .07 : Les résultats moyens du nombre de feuilles de la talle principal.

Variable	SDH	ADH1	Evolution%	ADH2	Evolution%
ACSAD1361	6.5	6.500	0.000	7.000	-7.692
Langlois	6.000	6.000	0.000	6.5000	-8.333
Mexicali75	6.750	6.750	0.000	7.250	-7.407
Oued Zenati	6.25	6.500	-4.000	6.000	4.000
Waha	6.750	6.500	3.703	7.000	-3.703

1.2.2 La partie racinaire

1.2.2.1. Longueur de l'axe racinaire

L'analyse statistique des résultats obtenus (tableau.08), révèle que la nature génotypique et la situation hydrique ne semblent être qu'à l'origine de faibles effets sur l'expression de cette longueur ($p>0.05$). L'interaction entre les deux facteurs étudiés est sans influence notable sur l'élaboration de la longueur de l'axe racinaire.

Les résultats moyens obtenus (tableau.09), montrent qu'au niveau du bloc SDH la longueur de l'axe racinaire varie entre 149cm inscrite par la variété Oued Zenati et 137cm valeur relevée chez le génotype ACSAD1361. Sous le traitement hydrique mené à 60%CC, on

relève que le génotype ACSAD1361 présente la plus faible valeur de longueur (144.75cm) et Langlois a inscrit la valeur la plus élevée (153.75cm).

L'établissement des évolutions de la longueur de l'axe racinaire à travers les différentes situations hydriques, s'annonce variable parmi les génotypes testés. Ainsi, à l'exception du génotype Mexicali75, les autres génotypes ont inscrit des augmentations de leurs longueurs respectives en progressant de la situation hydrique témoin à la situation hydrique de 60%CC. En effet, l'évolution s'estime à des valeurs de 1.84% 5.65%, 6.03% et 8.43% relevées respectivement chez les génotypes, Oued Zenati, ACSAD1361, Langlois et Waha. Dans le lot conduit à 30%CC, l'accroissement de la longueur s'accroît encore pour atteindre des taux estimés à 7.24% (Langlois) et 8.94% (ACSAD1361). Tandis que le génotype Mexicali75 a au contraire inscrit des diminutions de la longueur de l'axe racinaire sous les traitements hydriques déficientes (30%CC).

Tableau .08 : Analyse de la variance des paramètres morphologiques de la partie racinaire

Variables	Génotype	Situation hydrique	Génotype x situation hydrique
	Test F	Test F	Test F
LAR	1.10ns	1.70ns	0.50ns
LRA	1.55ns	33.39***	0.87ns
NRA	1.25ns	64.02***	1.90ns
NRSL	3.46**	0.01ns	0.65ns
NRSM	1.11ns	1.50ns	0.69ns
NRSC	0.64ns	0.89ns	0.71ns
MSR	0.69ns	0.34ns	0.98ns

Tableau .09 : Les résultats moyens de la longueur de l'axe racinaire

Variable	SDH	ADH1	Evolution%	ADH2	Evolution%
ACSAD1361	137	144.75	-5.65	149.25	-8.94
Langlois	145	153.75	-6.03	155.55	-7.24
Mexicali75	148.5	148.5	0.00	143	3.70
Oued Zenati	149	151.75	-1.84	151	-1.34
Waha	139.25	151	-8.43	144.75	-3.94

1.2.2.2. La longueur et le nombre des racines adventives

Suivant l'analyse des résultats obtenus (tableau.08), il apparaît que l'expression du nombre et de la longueur des racines adventives sont sous une influence hautement significative des régimes hydriques appliqués. La nature des géotypes conduits ne permet que de faibles variations de ces paramètres racinaires L'interaction des facteurs d'étude semble être sans effet marquant sur les variations d'expression de ces paramètres ($p>0.05$), ce qui signifie l'absence d'une distinction génotypique vis-à-vis des variations des régimes hydriques adoptés.

Les résultats moyens obtenus (Tableau.10), montrent qu'au niveau du lot témoin (SDH), les géotypes Oued zenati et Acsad1361 se distinguent par la longueur et le nombre les plus élevés avec des valeurs consécutives 8.12 cm et 5.50 racines/plant. Alors le géotype Waha a inscrit la plus faible longueur et le plus faible nombre avec des valeurs respectives de 4.05 cm et 3 racines /plant.

L'application du déficit hydrique s'est accompagnée par une nette diminution du nombre de racines par plant. Cette évolution est proportionnelle à l'intensité du déficit hydrique. Au niveau du traitement ADH1, les plus grands taux de diminution des racines adventives par plant s'observent chez les géotypes, Langlois et Waha avec une valeur de 100%. Sous les conditions de déficit hydrique plus austère (ADH2) les réductions du nombre de racines atteignent leur maximum de 100% relevés chez Oued Zenati et Waha, ACSAD1361, Langlois.

Sous les mêmes conditions hydriques (ADH2), le génotype Mexicali75 a inscrit un taux de diminution de 88.88%.

Tableau .10 : Les résultats moyens de la longueur et le nombre des racines adventives

Variétés	LRA (cm)					NRA				
	SDH	ADH 1	%	ADH 2	%	SDH	ADH 1	%	ADH 2	%
ACSAD1361	4.12	1.75	57.57	0	100	5.50	0.50	90.90	0	100
Langlois	.6.3	0	100	0	100	4.75	0	100	0	100
Mexicali75	4.7	0	100	0.1	97.87	4.5	0.75	83.33	0.5	88.88
Oued Zenati	8.12	2.25	72.30	0	100	3.25	2.12	34.61	0	100
Waha	4.05	0	100	0	100	3	0	100	0	100

1.2.2.3. Nombre des racines séminales longues, moyennes et courtes

L'analyse des résultats obtenus (Tableau.08), indique que l'élaboration du nombre des racines séminales les plus longues dépend essentiellement de la nature génotypique ($p < 0.01$). Aucun effet significatif n'émane de la variation de l'alimentation hydrique sur l'expression de ce paramètre ($p > 0.05$). On ne révèle également aucune influence des effets conjugués des deux facteurs sur ce caractère.

Les résultats du nombre des racines séminales d'une longueur moyenne et courtes révèle que la nature génotypique et la situation hydrique ne semblent être à l'origine d'aucune variation significative dans leur élaboration ($p > 0.05$). L'interaction entre les deux facteurs est sans influence notable sur l'expression de ce paramètre.

Concernant les résultats moyens obtenus du nombre des racines séminales (Tableau.11), en condition d'alimentation hydrique non limitantes (SDH), le nombre le plus élevé des plus longues est obtenue par Langlois avec 4 et le plus faible est observé chez Waha avec 2.75. Sous le traitement hydrique conduit à 60%CC, les génotypes Langlois, Mexicali75 et Waha ont subit

des élongations d'ordre de 6.25%, 7.14% et 9.09%, tandis que ACSAD1361 et Oued Zenati ont manifesté des réductions du nombre des racines les plus longue avec un taux de 8.33% et 6.66%.

Sous le traitement conduit à 30%CC, les géotypes Langlois et ACSAD1361 ont affiché des taux d'augmentation du nombre des racines longues avec un ordre de 12.5% et 25%, et les géotypes Oued Zenati et mexicali75 ont enregistré des réductions respectives 6.66% et 21.42%.

Tableau .11 : Les résultats moyens du nombre des racines séminales longues

Variétés	SDH	ADH1	Evolution%	ADH2	Evolution%
ACSAD1361	3	2.75	8.33	3.75	-25
Langlois	4	4.25	-6.25	4.5	-12.5
Mexicali75	3.5	3.75	-7.14	2.75	21.42
Oued Zenati	3.75	3.5	6.66	3.5	6.66
Waha	2.75	3	-9.09	2.75	0

Tableau .12 : Les résultats moyens du nombre des racines séminales moyennes

Variétés	SDH	ADH1	Evolution%	ADH2	Evolution%
ACSAD1361	2	1.50	25	0.75	60.5
Langlois	1.5	1.5	0	0.5	66.66
Mexicali75	1.5	0.75	50	1.25	16.66
Oued Zenati	0.75	1	-33.33	1	-33.33
Waha	2.25	1.25	44.44	1.75	22.22

Les résultats moyens obtenus (Tableau.12), montrent que le nombre des racines séminales moyennes à tendance de présenter des réductions de ces valeurs sous les deux

traitements hydriques conduits à 60%CC et 30%CC. Ces réductions sont inscrites par les génotypes ACSAD1361, Langlois, Mexicali75 et Waha, alors que seul le génotype Oued Zenati a subi des augmentations avec un taux de 33.33%.

Au niveau le lot conduit à 60%CC, le taux de réduction du nombre de racines le plus élevé est de 44.44% (Waha), tandis qu'au niveau du lot conduit à 30%CC le génotype Langlois affiche la plus haute valeur de réduction (66.66%).

Toutefois cette progression de la longueur reste tributaire de la nature du génotype. Ainsi, sous le traitement hydrique conduit à 30%CC, le nombre racinaire atteint une valeur de 11% et 12%, relevée chez les génotypes, Langlois, Oued Zenati et Waha

Concernant les évolutions du nombre des racines séminales courtes (tableau .13), tous les génotypes ont mené des augmentations du nombre seul le génotype Mexicali75 qu'a subi une réduction avec un taux de 60% au niveau du lot conduit à 60%CC et de 20% au niveau du lot conduit à 30%CC. Au niveau le lot conduit à 60%CC, le taux d'augmentation du nombre racinaire le plus élevés est de 300% (Waha), tandis qu'au niveau du lot conduit à 30%CC le génotype ACSAD1361 affiche la plus haute valeur d'augmentation (300%)

Tableau .13 : Les résultats moyens du nombre des racines séminales courtes

Variétés	SDH	ADH1	Evolution%	ADH2	Evolution%
ACSAD1361	0.25	0.25	0	1	-300
Langlois	0	0.75	/	0.5	/
Mexicali75	1.25	0.5	60	1	20
Oued Zenati	0.5	0.75	-50	0.75	-50
Waha	0.25	1	-300	0.75	-200

1.2.2.4. La matière sèche racinaire

Les résultats obtenues (Tableau.08), montrent que l'élaboration de la matière sèche racinaire est faiblement conditionnée par la nature génotypique et le régime hydrique, ainsi que leurs interaction ($P>0.05$)

Suivant des résultats obtenue et consigné dans le (tableau.14), on révèle qu'au niveau du traitement SDH les valeurs de la MSR sont comprises entre 0.47g (ACSAD1361) et 2.4g (Oued Zenati). Au niveau du lot conduit à 60%CC, les géotypes Langlois et Mexicali 75 ont inscrit les plus hautes valeurs avec un ordre respectif de 1.35g et 1.07g. Enfin, au niveau du traitement conduit à ADH2, on note que le géotype Oued Zenati a enregistré la plus faible valeur avec 0.67g, tandis que les deux géotypes ACSAD1361 (1.10g) et Waha (1.27g) ont inscrit les plus grandes valeurs.

Les évolutions sont variables à travers les géotypes testés. Au niveau du lot ADH1, le plus grand taux d'augmentation s'observe chez le géotype ACSAD1361 qui égale à 84.21 % et le plus grand taux de réduction s'observe chez le géotype Oued Zenati qui égale à 50.03 %. Au niveau du bloc ADH2, La plus haute augmentation est relevée chez le géotype ACSAD1361 (131.57%) et la plus haute valeur de réduction est estimée chez le géotype Oued Zenati (71.87%).

Tableau.14 : Résultats moyens de La matière sèche racinaire

Variétés	SDH	ADH1	Evolution%	ADH2	Evolution%
ACSAD1361	0.47	0.87	-84.21	1.10	-131.57
Langlois	0.87	1.35	-54.28	0.92	-5.71
Mexicali75	0.92	1.07	-16.21	0.80	13.51
Oued Zenati	2.4	1.2	50.0320	0.67	71.87
Waha	1.4	0.90	35.071	1.27	8.92

1.3. Les paramètres anatomiques

1.3.1. Les paramètres anatomiques des racines séminales

1.2.1.1. La longueur des cellules parenchymateuses des racines séminales

Les résultats obtenus de notre travail (Tableau.15), montrent qu'au niveau du bloc SDH, la longueur des cellules parenchymateuses des racines séminales oscille entre 186.77 μm (Langlois) et 25.9 μm (Waha). Dans le lot ADH1, ces valeurs fluctuent entre des extrêmes de 151.43 μm (Oued Zenati) et 44.63 μm (Mexicali75). Tandis qu'au sein du lot conduit à 30%CC, ces valeurs sont comprises entre 99.82 μm valeur affichée par Mexicali75 et 30.39 μm valeur inscrite par ACSAD1361.

Les génotypes conduits se distinguent des évolutions variables à travers des différentes situations hydriques, au niveau du lot ADH1, la plus haute valeur d'augmentation est inscrite par le génotype Waha (390.64%), et la haute valeur de réduction est affichée par le génotype Langlois avec un pourcentage de 62.66%. Sous le régime hydrique limitant ADH2, la plus haute valeur d'augmentation est inscrite par le génotype Mexicali75 (137.32%), tandis que le génotype Langlois a affiché la plus haute valeur de réduction (67.67%).

Tableau 15 : Résultats du diamètre des cellules parenchymateuses des racines séminales

Variétés	SDH	ADH1	Evolution%	ADH2	Evolution%
ACSAD1361	712.42	719.83	-1.04	233.8	67.18
Langlois	1436.75	536.4	62.66	464.45	67.67
Mexicali75	323.54	343.33	-6.11	767.92	-137.34
Oued Zenati	532.19	1164.88	-118.88	571.76	-7.43
Waha	199.25	977.64	-390.65	431.48	-116.55

1.2.1.2. Le diamètre des cellules parenchymateuses

D'après les résultats obtenus (Tableau.16), on remarque que le diamètre des cellules parenchymateuses au niveau du bloc SDH varie entre 13.83 μm (Langlois) et 8.56 μm (Mexicali). Dans le bloc ADH1, ces valeurs sont limitées entre 16.76 μm (Waha) et 7.62 μm (Mexicali75). Au niveau du lot ADH2, ces valeurs sont comprises entre 9.36 μm , valeur affichée par Oued Zenati et 4.99 μm valeur estimée par Waha.

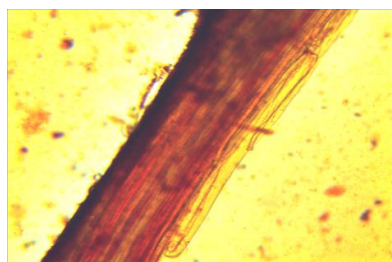
Les évolutions du diamètre des cellules parenchymateuses sont différentes à travers les génotypes étudiés. Au niveau du lot ADH1, la plus haute valeur d'augmentation est inscrite par le génotype Waha avec un pourcentage de 47.66%, et la haute valeur de réduction est affichée par le génotype Mexicali (10.98%). Au sein du lot ADH2, la plus haute valeur d'augmentation est inscrite par le génotype Oued Zenati (8.08%), tandis que le génotype Waha a affiché la plus haute valeur de réduction (56.03%).

Tableau .16 : Les résultats moyens du diamètre des cellules parenchymateuses des racines séminales.

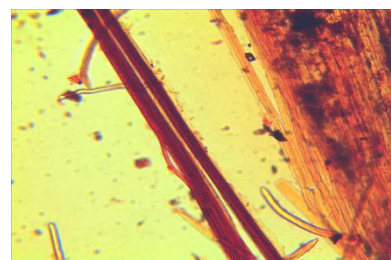
Variétés	SDH	ADH1	Evolution%	ADH2	Evolution%
ACSAD1361	89.2	85.62	4.01	45.54	48.94
Langlois	106.4	107.54	-1.07	46.96	-55.86
Mexicali75	65.86	58.69	10.88	70.23	-6.63
Oued Zenati	66.44	91.83	-37.80	72.03	-8.08
Waha	87.36	128.95	-74.60	38.42	56.02

Tableau.17 : Analyse de la variance des vaisseaux metaxylème+

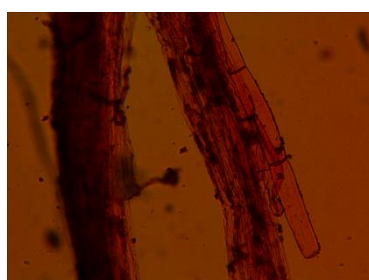
Variables	Génotype	Situation hydrique	Génotype x situation hydrique
	Test F	Test F	Test F
DCMC	589.1***	591.3***	466.3***
DCM	5.832***	6.557**	3.846**
NCM	12.740***	9.771***	9.693***



LANG SDH



LONG ADH2



LANG ADH1

FIGURE 2: observation des cellules parenchymateuse des racines séminal

1.2.1.3. Le diamètre du métaxylème central

D'après L'analyse de la variance (Tableau.17), on remarque que l'expression de ce paramètre est fortement influencée par la nature génotypique et le régime hydrique appliqué, ainsi que leur interaction ($p < 0.001$).

Les résultats moyens obtenus (tableau .18), indiquent que les valeurs enregistrées dans le bloc SDH varient entre 92.63 μm affichée par la variété Oued Zenati et 71.01 μm relevé chez le génotype Waha. Dans le traitement hydrique ADH1, On observe que le génotype Langlois a affichée la valeur la plus élevé avec 106.13 μm , alors que le génotype Oued Zenati a enregistré la valeur la plus faible avec 41.67 μm . Au niveau du lot ADH2, ces valeurs fluctuent entre 100.85 μm affichée par le génotype Langlois et 81.89 μm inscrite par le génotype ACSAD1361.

Les résultats de l'évolution montrent qu'au niveau du bloc ADH1, la variété Langlois a présenté la réduction la plus élevé avec une valeur de 9.82%, tandis que le génotype Mexicali 75 a manifesté la plus haute valeur d'augmentation avec 17.69%. Enfin sous les conditions ADH2, la variété Langlois a représenté une réduction avec une valeur de 55%, tandis que le

génotype Waha a manifesté la plus haute valeur d'augmentation de 24.5% par rapport au témoin.

Tableau .18 : Résultats moyens du diamètre de métaxylème centrale des racines séminales

Variétés	SDH	ADH1	Evolution%	ADH2	Evolution%
ACSAD1361	90.82	85.72	5.60	81.89	-19.14
Langlois	90.17	106.13	9.82	100.85	55.008
Mexicali75	84.01	86.11	-17.69	100.09	-1.61
Oued Zenati	92.63	41.67	-11.69	94.13	-10.29
Waha	71.01	78.33	-2.49	88.24	-24.25

1.2.1.4. Diamètre des vaisseaux du métaxylème périphérique

L'étude statistique du diamètre des vaisseaux du métaxylème des racines séminales (Tableau.17), indique qu'il est grandement influencé par la nature des génotypes ($p < 0.001$). Les variations des régimes hydriques, ainsi que l'interaction des deux facteurs d'étude influent également d'une manière importante sur l'élaboration de cette caractéristique ($p < 0.05$).

Les résultats moyens obtenus (tableau .19), informent que les diamètres enregistrés dans le bloc SDH varient entre 7.83 μm affichée par la variété Waha et 6.58 μm relevé chez le génotype Mexicali75. Dans le traitement hydrique ADH1, On observe que le génotype Oued Zenati a affichée la valeur la plus élevé (7.83 μm), alors que le génotype ACSAD1361 a enregistré la valeur la plus faible (6.11 μm). Au niveau du lot ADH2, ces valeurs fluctuent entre 7.67 μm affichée par Mexicali 75 et 4.7 μm inscrite par Langlois.

Les résultats de l'évolution marquent qu'au niveau de la condition ADH1, la variété Waha représente la réduction la plus élevé avec une valeur de 20%, tandis que le génotype Oued Zenati manifeste une valeur d'augmentation de 16.27%. Enfin sous les conditions ADH2, la variété Langlois représente la plus haute réduction avec une valeur de 31.38%, tandis que le

génotype Mexicali75 manifeste la plus haute valeur d'augmentation de 16.66% par rapport au témoin.

Tableau .19 : Résultats moyens Diamètre des vaisseaux du métaxylème périphérique des racines séminales

Variétés	SDH	ADH1	Evolution%	ADH2	Evolution%
ACSAD1361	6.89	6.11	11.36	5.01	27.27
Langlois	6.89	6.42	6.81	4.7	31.81
Mexicali75	6.58	6.42	2.38	7.67	-16.66
Oued Zenati	6.73	7.83	-16.27	7.36	-9.30
Waha	7.83	6.26	20	6.26	20

1.2.1.5. Nombre des vaisseaux du métaxylème périphérique des racines séminales

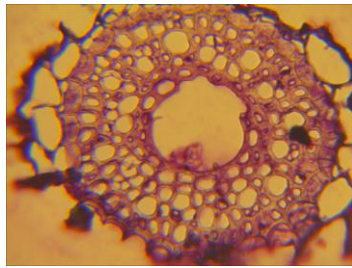
D'après L'analyse de la variance (Tableau.17), on remarque que l'expression de ce paramètre est fortement influencée par la nature génotypique et le régime hydrique appliqué, ainsi que leur interaction ($p < 0.001$).

Les résultats obtenus de notre travail (tableau.20), révèlent que vaisseaux du métaxylème périphérique au niveau du bloc SDH oscillent entre 19.59 (Mexicali 75) et 16.42 (Waha). Dans le lot ADH1, les valeurs varient entre des extrêmes de 23.94 (Oued Zenati) et 14.04 (ACSAD1361). Au niveau du lot ADH2, ces valeurs sont comprises entre 24.10 affichée par Oued Zenati et 17.34 inscrit par Waha.

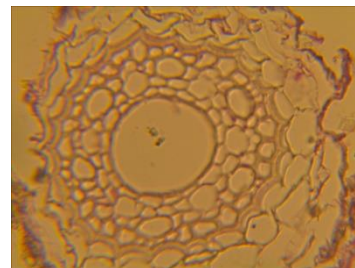
Les géotypes conduits présentent des évolutions variables. Au niveau du lot ADH1, la plus haute valeur d'augmentation est inscrite par le géotype Oued Zenati avec une valeur de 43.65%, et la plus haute valeur de réduction est affichée par le géotype ACSAD1361 avec une valeur de 17.76%. Dans le lot ADH2, la plus haute valeur d'augmentation est inscrite par le géotype Oued Zenati avec une valeur de 44.65%, tandis que le géotype ACSAD1361 a affiché une valeur de réduction égale à 0.38%.

Tableau .20 : Résultats moyens de nombre vaisseaux du métaxylème périphérique des racines séminales

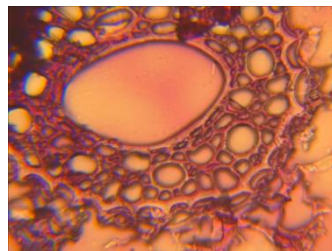
Variétés	SDH	ADH1	Evolution%	ADH2	Evolution%
ACSAD1361	17.07	14.04	17.76	20.14	-17.96
Langlois	17.99	18.85	-4.80	20.68	-14.94
Mexicali75	19.59	16.47	15.92	19.52	0.38
Oued Zenati	16.66	23.94	-43.65	24.10	-44.65
Waha	16.42	19.21	-16.97	17.34	-5.58



WAHA SDH



WAHA ADH1



WAHA ADH2

FIGURE 3: coupes transversales au niveau de la zone pilifère des racines séminales

1.3.2. Les paramètres anatomiques de la partie aérienne

1.3.2.1. Le diamètre des cellules parenchymateuses de la dernière feuille

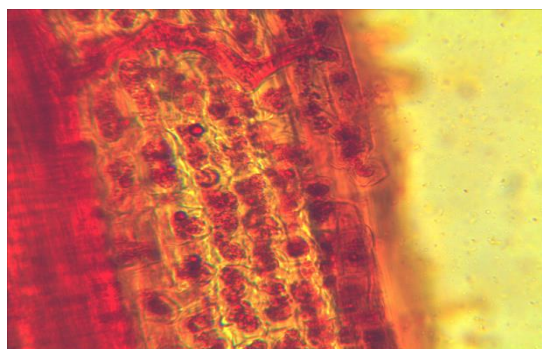
Les résultats obtenus (Tableau.21), montrent que le diamètre au niveau du traitement SDH est limité par des valeurs extrême de 26.72 μm (Waha) et 5.33 μm (Mexicali75). Ainsi que dans le lot ADH1, ces valeurs varient entre des extrêmes de 33.05 μm (Waha) et 20.34 μm (Langlois). Enfin, au niveau du lot ADH2, les valeurs obtenues fluctuent entre 5.38 μm valeur affichée par Oued Zenati et 36.63 μm valeur inscrite par Mexicali75.

Dans le traitement ADH1, l'ensemble des géotypes ont inscrit des augmentations variables. Le géotype Mexicali 75 a enregistré la plus importante augmentation avec un pourcentage de 324.76%, et le géotype ACSAD1361 a affiché la plus faible augmentation (20.56%).

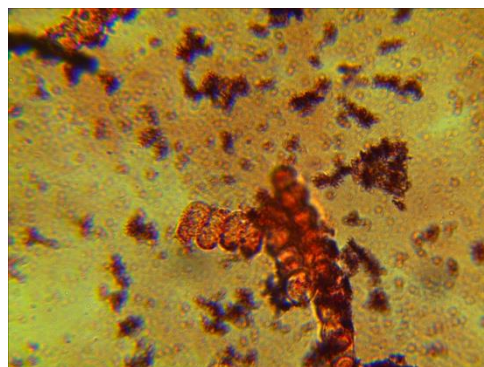
Au niveau du traitement ADH2, et à l'exception d'Oued Zenati et Waha, les géotypes ont inscrit une augmentation. Selon cette tendance Mexicali75 a manifesté la plus haute valeur d'augmentation (587.24%), et Oued Zenati a manifesté la plus haute valeur de réductions (67.55%).

Tableau .21 : Résultats du diamètre des cellules parenchymateuses de la dernière feuille

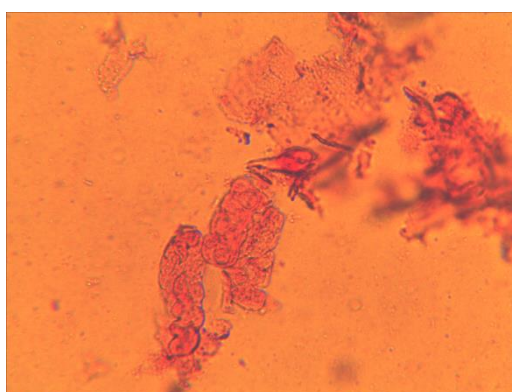
Variétés	SDH	ADH1	Evolution%	ADH2	Evolution%
ACSAD1361	181.12	218.33	-20.54	181.22	-0.04
Langlois	116.73	156.52	-34.08	145.65	-24.77
Mexicali75	41.04	174.2	-324.46	281.83	-586.72
Oued Zenati	127.58	202.31	-85.57	41.4	67.54
Waha	205.55	254.24	-23.68	196.01	4.64



LANG SDH



LANG ADH1



LONG ADH2

FIGURE 4 : observation des cellules parenchymateuses chlorophylliennes de la feuille.

Discussion des résultats

Les données recueillies dans cette étude ont abouti à des propositions qui sont en accord avec de nombreuses études similaires. Ces résultats se résument en un effet drastique du déficit hydrique qui a été évalué par la mesure de certains paramètres morpho-anatomiques et qui se révèlent être à l'origine de l'adaptation du blé dur aux conditions sèches.

La diminution des teneurs en eau au niveau des feuilles est un moyen d'adaptation des plantes aux facteurs défavorables du milieu (**DJEKOUN et PLANCHON., 1992**). Il a été constaté par la réalisation du présent travail, que la teneur en eau des feuilles du blé diminue proportionnellement avec la réduction de l'humidité du substrat. Ces évolutions ont été constatées par **BAJJI et al. (2001)**. Il est important de noter que la dépression du statut hydrique de la plante sous l'effet du déficit hydrique adopté, s'est maintenue à un niveau relativement faible pour permettre la préservation d'un état de turgescence cellulaire optimale. Cette constatation a été relevée même sous les conditions de déficit hydrique les plus sévères (30%CC). Le maintien d'un état hydrique optimal sous les conditions de sécheresse, favorisé par un évitement de la contrainte et qualifié également de tolérance à potentiel hydrique élevé, a été favorisé par l'implication des mécanismes et dont certains des paramètres ont été étudiés dans ce travail. Ces mécanismes s'annoncent comme un remodelage morphogénétique permettant une compensation des effets de la sécheresse.

Parmi ces mécanismes, on relève la réduction de la masse végétative aérienne et par conséquent les besoins hydriques indispensables à leur saturation. Parmi les caractères concernés, on évoque la réduction de surface foliaire, la réduction de la capacité d'initiation des talles et l'augmentation du degré de sénescence foliaire ($r=0.53^{**}$).

L'étude des effets du déficit hydrique sur les paramètres racinaires et leur remodelage s'annonce déterminant dans la fonction de tolérance des plantes à la sécheresse chez le blé dur. D'une façon générale, le système racinaire représente la partie de la plante la plus vulnérable aux effets du déficit hydrique (**DEBAEKE et al., 1996**). Les modifications générées par les contraintes imposées par la sécheresse, représentent un remodelage favorisant l'évitement de la déshydratation. Parmi ces modifications, on note l'élongation des racines séminales, la réduction du nombre ($r=-0.68^{***}$) et la longueur ($r=-0.75^{***}$) des racines adventives, qui ont été fortement corrélées au maintien d'une hydratation cellulaire optimale. Les mêmes modifications ont été relevées à travers les travaux de **ALI DIB et al. (1992)**, **BENLARIBI et**

al. (1990), JONES *et al.* (1981), KRAMER (1983) et KHALDOUNE *et al.* (1990), qui montrant que le déficit hydrique inhibe plus la croissance du système racinaire adventive que celle des organes aériens.

Les modifications anatomiques des racines séminales s'annoncent également d'une grande importance pour la tolérance du déficit hydrique chez les plants du blé dur. Parmi ces modifications on note la réduction du diamètre des vaisseaux ligneux du métaxylème central et périphérique. Cette transformation serait à l'origine d'un accroissement de la résistance hydraulique des racines augmentant ainsi leur capacité d'absorption d'eau en milieu.

Tableau 22 : la matrice de corrélation des paramètres étudiés

	G	SH	NFTP	NFS	SF	LAR	LRA	NRA	NRSL	NRSM	NRSC	NVM	DMC	DVM
G	1.00	0.00	0.04	0.14	0.05	0.09	-0.09	-0.02	0.14	-0.03	0.10	0.02	0.28	0.07
SH	0.00	1.00	0.14	0.53	-0.00	0.18	-0.68	-0.75	0.02	-0.22	0.18	-0.34	0.19	0.33
NFTP	0.04	0.04	1.00	0.41	0.08	-0.10	-0.12	-0.13	-0.16	-0.03	0.37	-0.15	0.04	-0.17
NFS	0.14	0.14	0.41	1.00	0.06	0.02	-0.51	-0.36	-0.06	0.02	0.14	-0.33	0.18	0.07
SF	0.05	0.05	0.08	0.06	1.00	0.07	0.09	0.10	0.10	0.24	-0.11	-0.12	0.01	0.03
LAR	0.09	0.09	-0.10	0.02	0.07	1.00	-0.17	-0.27	0.41	-0.22	0.13	-0.15	0.01	0.22
LRA	-0.09	-0.09	-0.12	-0.51	0.09	-0.17	1.00	0.70	0.21	-0.07	-0.22	0.15	-0.07	-0.11
NRA	-0.02	-0.02	-0.13	-0.36	0.10	-0.27	0.70	1.00	-0.10	0.25	-0.08	0.27	-0.12	-0.13
NRSL	0.14	0.14	-0.16	-0.06	0.10	0.41	0.21	-0.10	1.00	-0.55	-0.21	-0.23	0.15	0.34
NRSM	-0.03	-0.03	-0.03	0.02	0.24	-0.22	-0.07	0.25	-0.55	1.00	-0.30	0.20	-0.04	-0.35
NRSC	0.10	0.1	0.37	0.06	-0.11	0.13	-0.22	-0.08	-0.21	-0.30	1.00	-0.04	-0.03	0.12
NVM	0.02	0.02	-0.15	-0.33	-0.12	-0.15	0.24	0.14	-0.04	0.20	1.00	1.00	-0.40	0.14
DMC	0.28	0.28	0.04	0.18	0.01	0.01	-0.07	0.12	0.15	-0.04	-0.03	-0.4	1.00	-0.18
DvM	0.07	0.07	-0.17	0.07	0.03	0.22	-0.11	0.13	0.34	-0.35	0.12	0.14	-0.18	1

Conclusion

Conclusion générale

Le déficit hydrique constitue le principal stress abiotique responsable des faibles rendements enregistrés chez le blé dur dans les zones céréalières en Algérie. La définition et l'étude des paramètres d'adaptation au déficit hydrique constituent un travail inéluctable dans tout programme de recherche qui vise à l'amélioration d'adaptation et la tolérance du matériel végétal destiné à la culture dans ces aires.

La disponibilité en eau de la plante dépend étroitement des possibilités de l'extension de son système racinaire, la vitesse de progression du front racinaire et le degré de sa colonisation du sol. Ces caractères seront majeurs pour l'adaptation d'une plante à la sécheresse.

Ces caractéristiques revêtent une importance particulière pour les cultures qui subissent régulièrement des déficits hydriques durant le cycle de développement. L'induction des mécanismes de tolérance au déficit hydrique des différents organes conduit certainement à des variations de la période de leur extériorisation qui régissent des comportements différents de l'espèce.

Différents travaux ont montré l'importance de la place qu'occupe le système racinaire séminale dans le schéma d'adaptation du blé dur vis-à-vis du déficit hydrique à des stades précoces dans son cycle. Au terme de ce travail, les résultats dégagés démontrent que le bilan hydrique de la plante est conditionné principalement par les différentes transformations au niveau racinaire. Ces transformations concernent une elongation racinaire importante initiée par la déclaration du déficit hydrique. L'une des principales conséquences de cette croissance en longueur des racines est d'atteindre les horizons profonds du substrat plus humide et assurent ainsi une meilleure alimentation hydrique des plantes. Les résultats démontrent que cette croissance en longueur induite par le déficit hydrique et qualifiée de phénomène d'hydrotropisme est expliquée essentiellement, par une elongation cellulaire assez prononcée.

D'autres transformations qui concernent la gestion de la circulation de la sève au niveau des racines ont été également élucidées. Elles concernent l'augmentation du nombre des vaisseaux ligneux du xylème primaire et la réduction de leur diamètre.

Références

bibliographiques

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ADDA A., SOUALEM S LABDELLI A., SAHNOUNE M., MERAH O., 2013. Effets du déficit hydrique sur la structure de la zone pilifère des racines séminales du blé dur Revue écologie-environnement ,9. ISSN :1112-5888

ALI DIB T et MONNEVEAUX P, Ph. (1992). Adaptation à la sécheresse et notion d'idéotype chez le blé dur. I. Caractères morphologiques d'enracinement. Agronomie, 12 : 371-379.

ALI DIB T, MONNEVEAUX P, ARAUSE JL. 1992. Adaptation à la sécheresse et notion d'idéotype chez le blé dur II : caractères physiologiques d'adaptation. Revu. Agronomie 12 (1992), 381-393.

AMIGUES J-P, DEBAEKE P, ITIER B, LEMAIRE G, SEGUIN B, TARDIEU F, THOMAS A, (éditeurs) 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), 72p.

ATTIA F., 2007. Effet du stress hydrique sur le comportement écophysologique et la maturité

BAJI 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 Science. 160 : 669 -681p.

BALDY C. 1973. Etude fréquentielle du climat, son influence sur la production des principales zones céréalières d'Algérie. Versailles : INRA, Dép. Bioclimatologie/Ministère de l'Agriculture

BELAID, 1987 : Aspect de la céréaliculture Algérienne. Edition OPV. Alger, p207.

BENBEKACEM A, BOULIF M, AMRI A et CECCARLLI S. 2000: Variation in the pathogenicity of 20 Algerian isolates of *pyrenophora graminea* Ito Kur. On nine barley (*hordeum vulgare L.*) varieties. In Berrah R 2004. Caractérisation morphologique et biochimique de trois isolats de *drechslera graminea* agent de la strie foliaire de l'orge et comportement de cinq génotypes d'orge à l'égard de ces isolats. Mem. ING. Agro. Blida .56p

BENLARIBI M., MONNEVEUX P., GRIGNAC., 1990. Etude des caractères d'enracinement et de leur rôle dans l'adaptation au déficit hydrique chez le blé dur. Ed Agronomie 10, pp. 305-322.

BLUM A. 1996. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation plant growth regulation. 20 : 135 - 148 p

BOGARD M. 2011. Analyse génétique et éco physiologique de l'écart à la relation teneur en protéines - rendement en grains chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) Thèse de Doctorat, Université d'Auvergne : 17P

BONJEAN A., E. PICARD., 1990. Les céréales à paille origine, historique, économie et sélection EADS Nathan, 235p

BOOTSMAA, BIOSVERT JB, DEJONGR, BAIER W. (1996) La sécheresse et l'agriculture canadienne : une revue des moyens d'action, *Sécheresse*, vol 7, N°4 : 277-285

BOUCHABKE O., TARDIEU F. & SIMONNEAU T., 2006. Leaf growth and turgor in growing cells

BOYER J.S. 1982. Plant productivity and environment's, *New series*. 218: 443 - 448 p

BOZZINI A., 1988- Origin, distribution, and production of durum Wheat in the world

BRINK M., BELAY G., 2006. Céréales et légumes secs. Ressources végétales de l'Afrique tropicale 1. Fondation PROTA/ Backhuys Publishers/CTA. Pays-Bas

CAMEFORT C., 1984. Morphologie des végétaux vasculaires. Ed 2^{ème} Dion, Paris, 427p

CHAISE L., FERLA A. J., HONORE A. & MOUKHLI R. 2005. L'impact du changement climatique sur l'agriculture en Afrique. Atelier Changement Climatique. ENPC

CHAUMEIL PH. 2006 Plasticité moléculaire de deux écotypes de pin maritime soumis à un stress osmotique. Université Henri Poincaré, Nancy 1, France. Thèse de doctorat : 46-47p.

CHAVES, M.M., PEREIRA, J. S., MAROCO, J., RODRIGUES, M. L., RICARDO, C.P.P, OSORIO M.L., CARVALHO, I., FARIA T. & PINHEIRO, C., 2002. How plants cope with water stress in the field? photosynthesis and growth. *Annals of Botany* 89.

CHENNAFI, H., AÏDAOUI, A., BOUZERZOUR, H., & SADI, A. (2006). Yield response of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivar Waha to deficit irrigation under semiarid growth conditions. *Asian J. Plant Sci.*, (5): 854-860.

CLARKE J. ET NORVELL F.- 2002- Concentration of cadmium and other elements in the grain of near isogenic durum lines. *Can. J. Plant Sci/ revue canadienne de pyrotechnie*.

CLEMENT G., 1971- les céréales, (Grand court), Coll. Agro. Alimentaire. Lavoisier. 78-91p

COLNENNE, C. ; MASSE, J. ET CROSSON, P., 1988- Rythme d'apparition des racines primaires du blé. Pers.Agro.128 : 16-20.

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

DJEKOUN A. & PLANCHAN C. 1992. Stomatal conductance photosynthesis and acetylene reduction rate in Soybean genotypes. Can. J.Plant sci.72: 383 - 390 p.

DOUMANDJI A., DOUMANDJI S., DOUMANDJI B.,2003. Technologie de transformation des blés et problème dus aux insectes au stock. Ed l'office des publication universitaires, place centrale-Ben-Aknoun-Alger. P67

EL FAKHRI M, NSARELLAH N, MAHBOUB S, BIDANIA, ET EL BOUHMADE K. (2008) Test morphologiques et biochimiques pour la tolérance au stress hydrique chez le blé dur (*Triticumaestivumdesf*). Al Awamia : 5-18.

FEILLET P., 2000. Le grain de blé : composition et utilisation. INRA. Paris.

GARCIA DEL MORAL L F., RHARRABTI Y., VILLEGAS., AND ROYO C.,2003 Evaluation of Grain Yield and Its Components in Durum Wheat under Mediterranean Conditions: An Ontogenic Approach Crop Sci. 31,266-274

GATE P., 1995. Ecophysiologie du blé, édit. Lavoisier, paris, techniques et documentations, 429.

GOSSIN,1859. Principe d'agriculture. Ed paris.733P

GRIEU PH, MAURY P, DEBACKE PH, SARRAFI A. (2008) Améliorer la tolérance du tournesol : apports de l'écophysiologie et de la génétique. Innovation Agronomiques, N°2 :3751

HOPKINS G W, 2003. Physiologie végétale. Ed DUNOD, paris.

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

HUBERT, P.,1998- Recueil de fiches techniques d'Agriculture Spéciale 17 : 23-27.

INRA, 2006. Sécheresse et agriculture : réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque

JONES M.M., OSMOND B., TURNER N.C 1980. Accumulation of solutes in leaves of sorghum and sunflower in response to water deficits. Edit.Aus.J. Plant physiol. Vol 7, pp 193-205.

JOUVE, P. ET DAOUDI, A., 2001- Effet de la date de semis sur l'élaboration du rendement du blé tendre et de l'orge en zone semis aride et aride cas du Maroc. Agri.Tropic.Vol. 39 n°3 : 193-200.

KHALDOUN A., CHERY J., MONNEVEAUX P.1980. Etude de racinement et leur rôle dans l'adaptation au déficit hydrique chez l'orge (*Hordeum vulgare* L.). Edit. Agro. Vol 10. pp 169-379

KRAMER P.J., 1983. Drought stress and origin of adaptation. In adaptation of plants to cultivar water (TURNER N.C. and KRAMER P.J. eds.) Wiley, New York pp 7-29.

KRAMER, P.J. & BOYER, J.S., 1995. Water relations of plants and soils. Academic Press, California. Lavergne, J. and Briantais, J.M., 1996. Photo system-II heterogeneity. In: Ort DR and Yocum CF (eds). Oxygenic photosynthesis: The light reactions, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp 265-287.

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

LEPON E., 2006. Effet du déficit hydrique de la vigne sur le fonctionnement du couvert, l'élaboration du rendement et la qualité. INERA Sup Agro, UMR, Laboratoire d'Ecophysiologie des Plantes sous Stress Environnementaux, 4p.

LUTTG U., KLUGEM., BAUER., 1997 botaniques 2eme édition. Ed la voisier pp 321-243, p 574

MADHAVA RAO K V., RAGHAVENDRA A S ET JANARDHAN REDDY K., 2006. Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants Printed in the Netherlands. Ed Springer. pp 1-14.

MEKHLOUF A, BOUZERZOUR H, BENMAHAMMED A, HADJI SAHRAOUI A, HARKATI N. (2006) Adaptation des variétés de blé dur (*Triticum durum*) au climat semi-aride. Sécheresse, vol 17 N°4 : 507-513

Midi-Pyrénées. Thèse INP, Toulouse (France), 194p

MOULE C., 1980. Céréales. Edit. Maison Rustique. Paris, 328p

not in water-saturated soil. Plant Cell and Environment, 29 (6): 1138-1148.

of maize (*Zea mays* L.) respond to evaporative demand under moderate irrigation but

PAUL P., 1923. Viticulture. Ed 4^{ème}. paris

PFEIFFER, W. H., SAYRE, K. D., & REYNOLDS, M. P. (2000). Enhancing genetic grain yield potential and yield stability in durum wheat. Options méditerranéennes .40: 83-93

Phénologie de la vigne (*Vitisvinifera* L.) : Etude de cinq cépages autochtones de

PRATSJ., 1966 : les céréales. ED. Bailliere.332p.

ROLANDE F ET J-C., 2008. Atlas biologie végétale. Ed 3eme paris.

SLAMA, A., BEN SALEM, M., BEN NACEUR, M., ZID ED. (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. P62

SOLTNER ,2005 : Les grandes productions végétales, phytotechnie, Ed. 16ème

SOLTNER D, 1990 : Les grandes productions végétales céréalières, plantes sarclées- prairies 16emeEd, collection sciences techniques agricoles.464p.

SURGET A. ET BARRON C. 2005. Histologie du grain de blé, Industrie des céréales 145 : 4

TARDIEU F, TUBEROSA R. 2010. Dissection and modelling of abiotic stress tolerance in plants. Current Opinion in Plant Biology 13(2): 206-212

TARDIEU F. 2003. Virtual plants: modelling as a tool for the genomics of tolerance to water deficit. Trends in Plant Science 8(1): 9-14.

TURNER NC. 1986. Adaptation to water deficit: a changing perspective. Aust J Plant Physiol . 13: 175- 90 p.

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.

WALL A.M., RIPLEY R., GALE M.D., 1971. The position of a locus on chromosome 5B

YOKOTA A., TAKHARA K., AKASHI K., 2006. Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants. Springer: 15-39

YVES H ; DE BOYSER J., 2000. L'origine des blés pour la science Horgserie n 26 p62