

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ibn Khaldoun de Tiaret
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de la Nature et de la Vie



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 : Biologie
Spécialité : Génétique moléculaire et amélioration des plantes

Présenté par

Melle. BENAOUA Aicha
Melle. BRAHIM Fatiha
Melle. FELOUAH Houria

Étude de dynamique des racines
séminales de blé dur (*Triticum durum*
Desf.) et sa relation avec l'évolution de
l'humidité de substrat.

Soutenu publiquement le 04 Juillet 2019 devant le jury composé
de :

Président	Mr. DELLAL AEK	Professeur	Université de Tiaret
Promoteur	Mr. ADDA. A	Professeur	Université de Tiaret
Co-Promotrice	Mme FELOUAH.O	Doctorante	Université de Tiaret
Examineur	Mme MEKHFI. F Z	Doctorante	Université de Tiaret

Année Universitaire 2018-2019

Résumé :

La sécheresse est l'un des causes principales de la faible productivité chez les céréales à petites graines et spécialement le blé dur (*Triticum durum*, Desf). Pour tolérer les effets de ce stress abiotique, les plantes développent différentes stratégies dont remodelage du système racinaire s'avère le plus important.

On a approché l'impact du stress hydrique sur quelques paramètres morphologique, physiologique et anatomique de cinq variétés de blé dur sous trois niveaux d'irrigations (100, 60,30% de la capacité au champ).

Les résultats obtenus montrant que le stress hydrique a un effet sur plusieurs facteurs manifestant des modifications structurales de différents organes et notamment les racines.

Mots clés : sécheresse, blé dur, paramètre morphologique, anatomique et physiologique, racine.

المخلص

يعد الجفاف أحد الأسباب الرئيسية لانخفاض الإنتاجية في حبوب البذور الصغيرة، وخاصة القمح القاسي

لتحمل آثار هذا الضغط اللاأحيائي، تضع النباتات إستراتيجيات مختلفة، حيث يعد إعادة تشكيل نظام الجذر هو الأكثر أهمية.

تم تقريب تأثير الإجهاد المائي على المعلمات المورفولوجية والفسولوجية والتشريحية لخمس أصناف من القمح القاسي (تحت ثلاثة مستويات ري (100، 60.30 ٪ من سعة الحقل).

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن الإجهاد المائي له تأثير على العديد من العوامل التي تظهر التعديلات الهيكلية للأعضاء المختلفة وخاصة الجذور.

الكلمات المفتاحية: الجفاف، القمح القاسي، المعلمة المورفولوجية، التشريحية والفسولوجية، الجذر.

Summary

Drought is one of the main causes of low productivity in small seed cereals, especially durum wheat (*Triticum durum*, Desf). To tolerate the effects of this abiotic stress, the plants develop different strategies, of which remodeling of the root system proves to be the most important.

The impact of water stress on the morphological, physiological and anatomical parameters of five durum wheat varieties under three irrigation levels (100, 60.30% of field capacity) was approximated.

The results obtained show that water stress has an effect on several factors manifesting structural modifications of various organs and especially the roots.

Key words: drought, durum wheat, morphological parameter, anatomical and physiological, root.

Remerciement

Un travail de mémoire de fin d'étude, tout nominatif soit, n'est jamais le résultat d'un effort individuel, c'est le fruit d'une réflexion collective.

On remercie avant tout le Grand Dieu Allah, le plus puissant le miséricordieux

*Nous tenons à remercier très chaleureusement notre encadreur **DR, ADDA Ahmed** pour sa sympathie, sa disponibilité d'être toujours accueillant à notre égard et de nous avoir fait bénéficier de ses grands compétences scientifiques et intellectuelles, ses orientations, ses conseils, ses remarques pertinents et surtout son aide pendant tout cette année et tout au long de la réalisation de ce travail.*

MERCI MONSIEUR

On exprime nos remerciements aux honorables membres de jury :

*Au président du jury monsieur **DELLAL Abdelkader** qui nous a fait l'honneur*

De présider le jury de notre mémoire.

*Au l'examineur madame **MEKHEFI Fatima Z**, qui nous avoir honorée en acceptant de jurer ce modeste travail.*

*Nous tenons à remercier très spécialement **M^{me} FALOUAH Om Cheikfi** et **Mell^e BOUZID Assia** merci pour vos aides, conseils, vos encouragements, votre joie et humour qui nous ont aidés à surmonter fatigue et découragement*

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

*C'est avec un très grand honneur que je dédie ce modeste travail à la
personne la plus chère au monde **ma mère**, lumière de ma vie.*

*A la mémoire de **mon père** qui m'a toujours aimé et comblé par sa
bénédiction, que dieu le tout puissant l'accueille en son paradis vaste*

Je dédie aussi modeste réalisation à

A mes frères et mes très chères sœurs

A mon neveu Youssef

A mes chère amies Aicha et Fatiha et Rekaia

*A tous mes collègues de la promotion « génétique moléculaire et
amélioration des plantes »*

Houria

Dédicaces

*C'est avec un très grand honneur que je dédie ce modeste travail à la
personne la plus chère au monde **ma mère**, lumière de ma vie.*

*A la mémoire de **mon père** qui m'a toujours aimé et comblé par sa
bénédiction, que dieu le tout puissant l'accueille en son paradis vaste*

Je dédie aussi modeste réalisation à

A mes frères et mes très chères sœurs

A mes nièces et mes neveux

A mes chère amies Fatiha et Houria

*A tous mes collègues de la promotion « génétique moléculaire et
amélioration des plantes »*

AICHA

Dédicaces

Je dédie ce travail :

A mes très chers parents

La lumière de mes yeux, Qui m'ont soutenu durant toute ma vie. Pour leurs aides, encouragement, sacrifices et leur patience pendant mes années d'études.

Je souhaite que Dieu les garde et les protège.

A mes très chers frères Youssef, KHALED et HICHEM

Et

A mes très chère sœurs FATIMA, ALIA

A Ma grande mère

A mes tantes, tous mes oncles

A toute ma famille Brahim, MAAROUF et BENAMAR

A mes amies

*BOUCHRA, FATIMA, FATIMA, AMINA, HABIBA, IMEN ET
KHALIDA*

Et mes amies de mémoire

AICHA ET HOURIA

A tous les profs qui ont participé dans ma formation.

*A Toute la promotion de génétique moléculaire et amélioration des
plantes*

FATIHA

Listes des figures

Figure 1 : Disposition des plantes au niveau de la serre.....	11
Figure 2 : observations des cellules parenchymateuses des racines séminales.....	28
Figure 3 : observation des cellules parenchymateuses chlorophylliennes de la feuille....	32
Figure 4 : Coupes transversales au niveau de la zone pilifère des racines séminales.....	36
Figure 5 : la répartition de l'humidité au niveau des cylindres dans les trois traitements hydriques (100%CC, 60%CC et 30%CC).....	37

Listes des tableaux

Tableau 1 : Paramètres morphologique et physiologique d'adaptation au déficit hydrique (Monneveux, 1991).	8
Tableau 2 : les caractéristiques du matériel végétal utilisé.....	10
Tableau 3 : Effet du génotype, de la situation hydrique et de leur interaction sur les paramètres morphologiques et physiologiques des cinq génotypes étudiés	16
Tableau 4 : Les résultats moyens de l'effet de différentes situations hydriques sur les variations de la teneur en eau de l'ensemble des génotypes exprimés en %.....	16
Tableau 5 : Les résultats moyens d'effet des différents situations hydriques sur les variations du nombre moyen des feuilles du talle principal.....	17
Tableau 6 : Les résultats moyens de l'effet de différentes situations hydriques sur les variations du nombre moyen des feuilles sénescentes.	18
Tableau 7 : Les résultats moyens de l'effet des différentes situations hydriques sur les variations du nombre moyen des feuilles total.....	19
Tableau 8 : Les résultats moyens de l'effet de différentes situations hydriques sur les variations de la surface foliaire.	20
Tableau 9 : Les résultats moyens d'effet de différentes situations hydriques sur les variations de la longueur d'axe racinaire.	21
Tableau 10 : Les résultats moyens de l'effet de différentes situations hydriques sur les variations de nombre des racines adventives.	22
Tableau 11 : Les résultats moyens de l'effet de différentes situations hydriques sur les variations de nombre des racines séminales longues.	23
Tableau 12 : Les résultats moyens de l'effet de différentes situations hydriques sur les variations du nombre des racines séminales moyennes.	27
Tableau 13 : Les résultats moyens de l'effet de différentes situations hydriques sur les variations des nombres des racines séminales courtes.	24
Tableau 14 : Les résultats moyens d'effet de différentes situations hydriques sur les variations de la longueur des racines adventives.	28
Tableau 15 : Les résultats moyens de l'effet de différentes situations hydriques sur les variations de la matière sèche racinaire.....	26

Tableau 16 : les résultats de la longueur des cellules parenchymateuses des racines séminales.	27
Tableau 17 : les résultats du diamètre des cellules parenchymateuses des racines séminales.	28
Tableau 18 : les résultats du diamètre des cellules parenchymateuses chlorophylliennes de la feuille.....	29
Tableau 19 : les résultats moyens de diamètre du métaxylème central	30
Tableau 20 : les résultats moyens de diamètre des cellules métaxylème périphérique.	31
Tableau 21 : les résultats moyens de Nombre des cellules du métaxylème périphérique. ...	32
Tableau 22 : matrice de corrélations des paramètres étudiés.....	37

Liste des abréviations

ADH 1 :	Avec déficit hydrique (moyen).
ADH 2 :	Avec déficit hydrique (sévère).
CC :	Capacité de champs.
CR% :	Capacité de rétention.
DVM :	Diamètre des vaisseaux du métaxylème.
DVMC :	Diamètre des vaisseaux du métaxylème central.
H :	Humidité pondérale.
LAR :	Longueur d'axe racinaire.
LRA :	Longueur des racines adventives.
MSR :	Matière sèche des racines.
NCM :	Nombre des cellules du métaxylème.
NFS :	Nombre des feuilles sénescences.
NFT :	Nombre des feuilles total.
NFTP :	Nombre des feuilles du talle principal.
NRA :	Nombre des racines adventives.
NRAC :	Nombre des racines adventives courtes.
NRAL :	Nombre des racines adventives longues.
NRAM :	Nombre des racines adventives moyens.
NRSC :	Nombre des racines séminales courtes.
NRSL :	Nombre des racines séminales longues.
NRSM :	Nombre des racines séminales moyens.
PI :	Poids initial.
PPT :	Poids en plein turgescence.
PS :	Poids sec.
PVC :	Polychlorure de vinyle.

SDH : Sans déficit hydrique.

SF : Surface foliaire.

SH : Situation hydrique.

TRE : La teneur relative en eau.

Sommaire

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Signification des symboles et des abréviations

Introduction	1
--------------------	---

Chapitre I Synthèse bibliographiques

I. Généralité sur le blé dur	4
I.1. Origine du blé dur	4
I.2. Description générale de la plante	4
I.2.1. Partie aérienne	4
I.2.2. Partie souterraine	5
A. Les racines séminales ou primaires	5
B. Les racines adventives ou secondaires	5
I.3. Anatomie de la feuille et de la racine	5
A. La feuille	5
1. L'épiderme	5
2. Mésophylle	5
3. Le système vasculaire	5
B. La racine	6
1. L'assise pilifère	6
2. L'écorce	6
3. L'endoderme	6
4. Cylindre central	7
II. Effet du stress hydrique sur le blé dur	7
II.1. L'eau dans la plante	7
II.2. Notion de stress	7
II.3. Le stress hydrique	8
II.4. Le déficit hydrique	8
II.5. L'effet de déficit hydrique sur la plante	8
II.6. Mécanisme d'adaptation au déficit hydrique	9

Chapitre II Matériel et méthodes

I. Matériel et méthodes	12
I.1. L'objectif de la culture	12
I.2. Matériel végétal.....	12
I.3. Conduite de l'essai	12
I.3.1. Essai sous serre	12
I.3.2. Installation de l'essai.....	13
I.3.3. Le dispositif expérimental.....	13
I.4. Les Mesures Effectuées.....	13
I.4.1. La capacité de rétention en eau	13
I.4.2. La teneur relative en eau (RWC).....	14
I.4.3. L'humidité pondérale	14
I.4.4. Les paramètres morphologiques.....	14
A. La partie aérienne	15
B. La partie souterraine	15
I.4.5. Les paramètres anatomiques	15
1. Les coupes histologiques	15
2. La dispersion cellulaire.....	16
I.4.6. L'étude statistique	16

Chapitre III Résultats et discussions

I. Résultats	17
I.1. Effet du déficit hydrique sur les paramètres morphologiques et physiologiques.....	17
I.1.1. Les caractères physiologiques.....	17
1) La teneur relative en eau.....	17
I.1.2. Les caractères morphologiques	20
1) Nombre des feuilles du talle principal	20
2) Nombre des feuilles sénescents	21
3) Nombre des feuilles totales.....	22
4) Surface foliaire	23
5) Longueur de l'axe racinaire.....	24
6) Nombre des racines adventives	25
7) Nombre des racines séminales longues	25
(8) Nombre des racines séminales moyennes	26
9) Nombre des racines séminales courtes	27
10) La longueur des racines adventives	28

11) Matière sèche racinaire.....	28
I.1.3. Les paramètres anatomiques	29
1) La longueur des cellules du parenchyme cortical des racines séminales	29
2) Le diamètre des cellules parenchymateuses des racines séminales	30
3) Le diamètre des cellules parenchymateuses chlorophylliennes de la feuille.....	31
4) Diamètre du métaxylème central.....	33
5) Diamètre des vaisseaux du métaxylème périphérique.....	34
6) Nombre des vaisseaux du métaxylème périphérique.....	34
II. Discussion.....	37
Conclusion.....	41

Références bibliographiques.

Introduction

Introduction

En Algérie, la production des céréales présente une filière agricole très importante dans l'économie nationale. La céréaliculture Algérienne occupe une superficie voisine de 3 millions d'hectares dont environ la moitié est réservée au blé dur. L'importance accordée à la culture de cette espèce se justifie grandement par l'utilisation de ses produits qui constituent un élément clé dans le modèle d'alimentation dominant de la population locale. Néanmoins la production de cette espèce demeure faible pour satisfaire les besoins exprimés qui ne cesse de croître. Cette situation crée un déséquilibre difficilement supportable par la facture d'importation du produit du marché mondial. Ces faibles productions s'expliquent essentiellement par les faibles rendements enregistrés durant les différentes campagnes agricoles. En effet ces rendements s'articulent autour d'une moyenne estimée à 10 quintaux/hectare. Faisant ainsi que la production nationale ne couvre que près de 10% de la consommation locale.

Le blé dur comme les autres céréales d'hiver est cultivé en conditions pluviales dans les plaines intérieures et surtout dans les hauts plateaux, appartenant aux étages bioclimatiques semi-arides (**Adda et al., 2013**). A ce niveau, l'environnement régit par divers stress abiotiques, notamment la sécheresse constitue un facteur limitant l'expression des potentialités productives des différents cultivars de cette espèce.

L'amélioration de la productivité de cette espèce passe inévitablement par l'accroissement des niveaux des rendements exprimés par l'espèce. Alors, un tel objectif n'est atteint que par l'amélioration de la nutrition hydrique des plantes et la lutte contre les contraintes générées par la sécheresse. Deux alternatives s'avèrent exploitables dans cette lutte. L'application de l'irrigation d'appoint et dont l'expansion est limitée par la rareté des ressources hydriques et ne peut par conséquent être généralisée pour l'ensemble des aires céréalières. L'utilisation des cultivars plus tolérants le déficit hydrique s'annonce comme une alternative exploitable. La création de ce matériel végétal repose inévitablement l'étude des mécanismes impliqués dans la tolérance et qui serviront à la création et la sélection de la variabilité génétique.

Les réponses de la plante au déficit hydrique sont complexes puisqu'elles ont lieu à différentes échelles de temps et à différents niveaux organisationnels de la plante (cellule, organe, plante entière) (**Blum 1996**). En fonction de leur génotype, les plantes auront plus ou moins la capacité de produire différents phénotypes en fonction des conditions environnementales (**Pigiucci, 2005**). La plasticité phénotypique peut être

considérée comme une solution au problème de l'adaptation à des environnements hétérogènes (**Via et al. 1995**). Par leur caractère plastique, de nouveaux phénotypes seront alors soumis à l'adaptation génétique en réponse à la sélection naturelle. Dans le cas où les variations phénotypiques permettent d'améliorer les aptitudes des plantes à se développer et à se reproduire, elles seront qualifiées d'adaptatives (**Nicotra & Davidson, 2010**). Le déterminisme génétique de ces réponses et de leur plasticité est encore assez mal connu (**Lacaze et al., 2009**).

Le développement du système racinaire joue un rôle primordial dans l'adaptation au déficit hydrique. Elle constitue une caractéristique déterminante dans le processus de développement et de la productivité du blé dur en zones sèches.

Une bonne profondeur de l'axe racinaire permet à cette espèce d'exploiter l'eau des horizons profonds du sol. Quoique les racines présentent une grande plasticité architecturale pour aider les plantes à mieux s'adapter à la disponibilité de l'eau. Ces modifications s'inscrivent dans un processus de morphogenèse qui repose sur des régulations des interactions entre la nature des génotypes adoptés et l'évolution de l'humidité du substrat. Il est indispensable de procéder par une évaluation de la qualité de cette relation, afin de mieux orienter ces modifications pour la préservation de la productivité de la plante en conditions de sécheresse.

Le travail présenté s'inscrit dans cette stratégie de recherche. Il consiste à évaluer l'effet du déficit hydrique sur la croissance en longueur des racines séminales et sa relation avec l'évolution de l'humidité du substrat, ainsi que les modifications morphologiques et anatomiques des racines. Pour atteindre cet objectif, différents génotypes et différentes situations hydriques ont été utilisés dans nos essais, dans un but d'accroître l'efficacité dans l'évaluation de ces transformations.

Notre travail est présenté en trois chapitres. Un premier chapitre expose une synthèse bibliographique des principales recherches récentes dans le domaine entrepris. Le second chapitre, porte sur la démarche expérimentale suivie. Enfin, une dernière partie est réservée à l'illustration des résultats obtenus ainsi que leur interprétation.

Chapitre I

Synthèse bibliographique

I. Généralité sur le blé dur

Le blé dur (*Triticum durum* Desf.) est une monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des *Graminées*, de la tribu des triticées et du genre de *Triticum* des espèces Durum (Feillet, 2000). Il fait partie du groupe des espèces tétraploïdes ($2n = 28$) (Moule, 1980 ; Clément, 1971).

I.1. Origine du blé dur

Le blé dur est une espèce allotétraploïde, qui a issue d'un croisement entre un *Triticum beoticum* ou *Triticum monococcum* apportant le génome A et *Aegilops speltoides* apportant le génome B (Moule, 1980) qui a donné le blé dur sauvage de type AABB (*Triticum turgidum ssp. dicoccoides*) qui a ensuite progressivement évolué vers *T. turgidum ssp. Dicoccum* puis vers *T. durum* (blé dur cultivés) (Feillet, 2000).

Selon Feldmen (2001), Brink et al (2006) et Boudreau et al (1992) l'origine géographique du blé dur provient de la Turquie, la Syrie, nord de la Palestine, l'Iraq, l'Iran, ainsi que la vallée du Jourdain.

I.2. Description générale de la plante

I.2.1. Partie aérienne

Il s'agit d'une graminée annuelle formée d'une tige ou chaume (Soltner, 1998), qui est cylindrique, lisse et creuse (Brink et al, 2006). Elle est formée des entre-nœuds sont séparées par les nœuds qui sont le point d'insertion de la feuille (Moule, 1980).

Les feuilles sont larges, engainantes au sommet à nervures parallèles (Clément, 1971 ; Soltner, 1998). Chaque feuille comprend deux parties, une partie inférieure enveloppant l'entre nœud correspondant, la gaine ; et une partie supérieure, le limbe (Moule, 1980).

L'inflorescence du blé dur est un épi muni d'un rachis portant de 15 à 25 épillets (Soltner, 1998). Chaque épillet comprend entre ces deux glumes deux à six fleurs protégées par les glumelles (Bodson et Falisse, 1996). Chaque fleur comprend 3 étamines à anthère en formes d'X, un ovaire formé d'un seul carpelle (Moule, 1980).

Après fécondation, la fleur donne naissance à un fruit unique, le caryopse ou le grain, qui comporte un embryon ou germe plaqué sur les réserves (Clément, 1971).

I.2.2.Partie souterraine

Le système racinaire est de type fasciculé assez développé (**Soltner, 1998**), qui comprend deux systèmes radiculaires successifs :

A. Les racines séminales ou primaires

Qui sont fonctionnel de la levée au début du tallage. Ce système est constitué d'une racine principale et de deux paires de racines latérales, soit cinq racines, éventuellement il se développe une sixième racine à partir de l'épiblaste (**Moule, 1980**).

B. Les racines adventives ou secondaires

Leurs apparitions coïncident avec l'apparition de la première talle. Elles remplacent les racines primaires devenues inactives (**Bodson et Falisse, 1996**). Son importance et sa profondeur varient avec l'espèce (**Moule, 1980**).

I.3.Anatomie de la feuille et de la racine

A. Lafeuille

Une coupe transversale du limbe montre de l'extérieur vers l'intérieur les tissus suivants : l'épiderme, le mésophylle et le système vasculaire.

1. L'épiderme

Il est constitué des cellules vivantes, peu différenciées et dépourvues de chloroplastes. Il est caractérisé par une répartition régulière des stomates sur les deux faces foliaires, et aussi par la présence des cellules bulliformes ou cellules motrices au niveau de l'épiderme ventral, qu'elles jouent un rôle important dans la protection des feuilles contre la dessiccation (**Camefort, 1977**).

2. Mésophylle

Mésophylle(du grec *mesos*, milieu, et *phyllon*, feuille), Il est constitué de cellules chlorophylliennes sphériques entre lesquelles de grands espaces intercellulaires formant un réseau aérifère permettent les échanges gazeux de la photosynthèse et de la respiration (**Nabors, 2008**). Chez le blé, le mésophylle est dite homogène.

3. Le système vasculaire

Il est essentiellement formé de nervures parallèles qui sont reliées les unes aux autres par de fines nervures transversales. Chaque nervure est constituée par un faisceau cribro-vasculaire entouré par deux gaines chez le blé ; l'une, au contact du faisceau, est formée de cellules à parois épaisses et lignifiées, l'autre, plus externe, est constituée par des cellules pauvres en chloroplastes et à parois minces (**Camefort, 1977**).

Dans les nervures, le xylème est toujours du côté de la face supérieure de la feuille tandis que le phloème est sur la face inférieure (**Nabors, 2008**).

B. La racine

On distingue dans les racines de tous les végétaux vasculaires les parties suivantes, de l'extérieur vers l'intérieur de la racine : assise pilifère, l'écorce, l'endoderme et le cylindre central.

1. L'assise pilifère

Elle est constituée par une couche de cellules aux membranes minces, cellulodiques et parfaitement unies les unes aux autres (**Camefort, 1977**). Certaines de ces cellules se prolongent pour donner les poils absorbants à des formes variées avec l'état physique du milieu où ils sont développés.

2. L'écorce

Elle est constituée par un parenchyme non chlorophyllien avec méats où elles peuvent s'accumuler d'abondantes réserves (parenchyme de réserve, souvent amylofère) (**Camefort, 1977**).

3. L'endoderme

C'est la limite interne du cylindre central dans la racine (**Claude, 2004**), elle est composée d'une seule couche de cellule, c'est la barrière sélective qui assure la régulation du passage des substances du sol vers le cylindre vasculaire (**Reece, 2012**).

4. Cylindre central

Il est connu sous le nom de stèle (du grec *stêle*, pilier ou colonne). Il est limité par l'endoderme puis par une couche des cellules jointives à paroi mince, le péricycle (Claude, 2004). La stèle possède un parenchyme central, entouré par un anneau de xylème puis un anneau de phloème (Nabors, 2008).

II. Effet du stress hydrique sur le blé dur

II.1. L'eau dans la plante

L'eau joue un rôle essentiel dans la croissance et le développement des plantes cultivés (Riou, 1993). Elle s'y trouve naturellement à l'état liquide, mais aussi sous forme de vapeur d'eau dans les chambres sous-stomatiques des feuilles (Laberche, 2004).

Il y a plusieurs rôles assurés par l'eau au niveau des plantes, parmi ces rôles, nous pouvons citer :

- l'eau contribue au maintien de la structure de la cellule et en particulier de la structure colloïdale du cytoplasme.
- elle est le siège des réactions métaboliques. Elle intervient dans les réactions métaboliques comme l'hydrolyse ou la photosynthèse, elle est donc en ce sens un aliment pour le végétal.
- elle permet la turgescence des cellules et par là même des tissus et des organes.
- elle véhicule les nutriments minéraux et les produits du métabolisme (Laberche, 2004).

II.2. Notion de stress

Un stress désigne l'action d'un agent agresseur et les réactions qu'il entraîne dans l'organisme agressé, une force qui tend à inhiber les systèmes normaux (Jones et al., 1989)

Les stress environnementaux nés de la fluctuation des facteurs abiotiques (sécheresse, salinité, basse température) affectent les conditions de croissance et le rendement végétal, les végétaux perçoivent les signaux environnementaux et les transmettent à la machinerie cellulaire pour activer des mécanismes de réponses. La

connaissance de ces réponses, basée sur la transduction des signaux de stress, est donc la base des études visant à améliorer la réponse des plantes cultivées dans différents stress (**Bouchelaghem, 2012**).

II.3. Le stress hydrique

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

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 réponse de la plante au stress est complexe car elle dépend à la fois de la sévérité du stress, de sa durée, de la phase de développement et de l'état dans lequel se trouve la plante quand le stress est déclaré (**Aidaoui, 1994**).

II.4. Le déficit hydrique

D'après (**Gate, 1995**), un déficit hydrique peut résulter d'une faible disponibilité en eau dans la portion du sol explorée par les racines et/ou d'une forte demande évaporative au niveau des feuilles, la plante développe plusieurs stratégies pour s'adapter, tolérer la sécheresse (**Slama et al., 2005**).

II.5. L'effet de déficit hydrique sur la plante

Les stress abiotiques, notamment le stress hydrique, limitent sérieusement la croissance des plantes ainsi que la productivité végétale (**Wang et al., 2003**). Un stress hydrique précoce affecte en parallèle la croissance des racines et des parties aériennes, le développement des feuilles et des organes reproducteurs (**Debaeke et al., 1996**).

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**).

Selon **Mayet Milthoitpe (1962)**, la plante peut :

- s'« échapper » à la sécheresse intervenant lors du remplissage et de la maturation du grain, en d'autres termes, capables d'éviter l'échaudage consécutif à l'action du manque d'eau et des hautes températures en fin de cycle ;

- « tolérer » l'action de la sécheresse : cette tolérance correspond à une capacité de la plante à maintenir ses activités métaboliques malgré le déficit hydrique et à les reprendre de façon normale après ce déficit ;

- « résister » à la sécheresse par le maintien d'un potentiel hydrique intrinsèque important. Cette « résistance constitutionnelle » (**Stocker, 1961**), serait liée au rôle conjugué et souvent complémentaire de facteurs morphologiques ou biochimiques intervenant au niveau de la plante entière et au niveau cellulaire.

II.6. Mécanisme d'adaptation au déficit hydrique

L'adaptation est un mécanisme nécessaire pour les variétés à adopter dans ces régions, pour tolérer la sécheresse (**Slamaetal.,2005**).

Pour contrer le manque d'eau, les plantes développent plusieurs stratégies adaptatives qui varient en fonction de l'espèce et des conditions du milieu. La résistance d'une plante à une contrainte hydrique peut être définie, du point de vue physiologique, par sa capacité à survivre et à s'accroître et, du point de vue agronomique, par l'obtention d'un rendement plus élevé que celui des plantes sensibles. Selon **Passioura, 2004**, la résistance globale d'une plante vis-à-vis du déficit hydrique est la résultante de nombreuses modifications phénologiques, anatomiques, morphologiques, physiologiques et biochimiques. Ces dernières interagissent pour permettre le maintien de la croissance, du développement et de la production (**Passioura, 2004**).

Tableau 1 : Paramètres morphologique et physiologique d'adaptation au déficit hydrique (Monneveux, 1991).

Paramètres d'adaptation	Exemples
Paramètres phénologiques	-précocité
Paramètres macromorphologiques	-Extension du système racinaire - port et surface des feuilles -taille du chaume -l'enroulement des feuilles - La longueur des barbes - La hauteur de la plante -densité du trichome -glauscence et couleur des feuilles

Paramètres morphologiques	- présence de cires - densité et taille des stomates -compaction du mésophylle -épaisseur de la cuticule
paramètres micro morphologiques	-nombre et diamètre des vaisseaux du xylème racinaire
Paramètres Physiologiques	-effet stomatique et non stomatique du déficit hydrique sur la photosynthèse -réduction de la transpiration par fermeture des stomates -maintien d'un potentiel hydrique élevé -osmorégulation (accumulation d'ions minéraux, de proline, de sucres solubles)

Chapitre II

Matériel et Méthodes

I. Matériel et méthodes

I.1. L'objectif de la culture

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.

I.2. Matériel végétal

L'étude a porté sur cinq variétés de blé dur (*Triticum Durum Desf.*), différents par leurs origines et leurs degrés de tolérance au déficit hydrique. Les principales des génotypes utilisés sont mentionnées dans le tableau n° 01.

Tableau 2 : les caractéristiques du matériel végétal utilisé.

Nom du génotype	Origine	Tolérance à la sécheresse	Phénologie
Waha	ICARDA (Syrie)	Elevée	Précoce
Langlois	Locale (Algérie)	Elevée	Tardif
Oued Zenati	Locale (Algérie)	Moyenne	Tardif
ACSAD1361	ACSAD (Syrie)	Faible	Semi-tardif
Mexicali75	CIMMYT (Mexique)	Moyenne	Précoce

I.3. Conduite de l'essai

I.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.

I.3.2. 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 8.3, d'une faible capacité de rétention (27.11%).

I.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.

Bloc 1 (SDH)	W	W	OZ	OZ	LN	LN	AC	AC	M _x	M _x
	W	W	OZ	OZ	LN	LN	AC	AC	M _x	M _x
Bloc 2 (ADH1)	W	W	OZ	OZ	LN	LN	AC	AC	M _x	M _x
	W	W	OZ	OZ	LN	LN	AC	AC	M _x	M _x
Bloc 3 (ADH2)	W	W	OZ	OZ	LN	LN	AC	AC	M _x	M _x
	W	W	OZ	OZ	LN	LN	AC	AC	M _x	M _x

Figure 1 : Disposition des plantes au niveau de la serre

I.4. Les Mesures Effectuées

I.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 :

$$\text{CR}\% = (\text{Poids frais} - \text{Poids sec}) / \text{poids sec} \times 100$$

I.4.2. La teneur relative en eau (RWC)

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 :

$$\text{TRE} = [(Pi - PS) / (Ppt - PS)] \times 100$$

I.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 :

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

I.4.4. 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 portés sur les deux parties, aériennes et souterraines.

A. La partie aérienne

Les mesures ont porté sur :

- Nombre des talles par plante
- Nombre des feuilles d'axe principal
- Nombre des feuilles sénescents
- Nombre des feuilles totales
- 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 :

Surface Foliaire : (Longueur x Largeur) x 2

B. La partie souterraine

Cette partie a été concernée par les mesures portant sur :

- La longueur des racines séminales et adventives
- Le nombre des racines adventives
- **La matière sèche des racines** : déterminée après étuvage à une température de 80°C pendant 48 heures

I.4.5. 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

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 sont portées sur :

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

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 cellules du métaxylème périphérique.
- ✓ Nombre des cellules du métaxylème périphérique.

I.4.6. 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 version 8.

I. Résultats

Au niveau de cette expérience, le comportement des cinq génotypes de blé dur étudiés vis-à-vis du stress hydrique est analysé par une étude morphologique (aérienne et souterraine), physiologique et anatomique.

I.1. Effet du déficit hydrique sur les paramètres morphologiques et physiologiques

I.1.1. Les caractères physiologiques

1) La teneur relative en eau

L'étude statistique des résultats obtenus (Tableau. 02), indique que les variations constatées s'opèrent de manière indépendante de la nature des génotypes conduits ($p > 0.05$). La teneur relative en eau est fortement conditionnée par le régime hydrique appliquée ($p > 0.001$).

L'interaction de la nature des génotypes testés et la situation hydrique adopté n'a aucun effet marquant sur l'expression de ce paramètre ($p > 0.05$).

Les résultats moyens (tableau 03), démontrent que la teneur relative en eau dans le lot témoin (100%CC), varient entre 94.63% teneur révélée par le génotype Waha et 92.13% inscrite par le génotype ACSAD1361.

Au niveau du lot ADH1, les valeurs fluctuent entre 92.81% valeur inscrite par le génotype Oued Zenati et 90.57% valeur affichée par le génotype Langlois. Au niveau du lot ADH2, les valeurs oscillent entre 92.24% enregistrée par le génotype ACSAD1361 et 88.75% valeur exprimée par le génotype Mexicali75.

L'application du déficit hydrique provoque des réductions de la teneur relative en eau, qui restent variables à travers les génotypes étudiés. D'une manière générale, le déficit hydrique appliqué à ces intensités est à l'origine de faibles réductions de la teneur relative en eau. Ainsi, au sein du traitement ADH1, la plus importante dépression de ce paramètre a été inscrite par le génotype Mexicali75 avec un taux de (3.02%). Dans le lot ADH2, ces réductions s'intensifient encore pour atteindre une valeur maximale évaluée à 5.67% et inscrite toujours chez le génotype Mexicali75.

Chapitre III

Résultats et discussion

Tableau 3 : Effet du génotype, de la situation hydrique et de leur interaction sur les paramètres morphologiques et physiologiques des cinq génotypes étudiés

Les paramètres	Effet génotype	Effet hydrique	situation	Interaction situation hydrique	génotypes*
RWC	2.08ns	8.05***		0.8ns	
NFTP	5.762***	5.744**		1.125ns	
NFT	12.167***	6.091**		1.962ns	
NFS	1.923ns	5.304**		1.50ns	
SF	5.531***	6.181**		1.250ns	
NRSL	3.188*	0.859ns		1.707ns	
NRSM	1.646ns	0.776ns		1.379ns	
NRSC	1.990ns	0.532ns		0.602ns	
NRA	7.693***	78.826***		1.556ns	
LRA	2.193ns	16.951***		1.387ns	
NRAL	1.466ns	49.433***		0.516ns	
NRAM	2.323ns	43.794***		1.444ns	
NRAC	5.572***	13.907***		1.506ns	
LAR	0.455ns	1.379ns		1.510ns	
MSR	1.834ns	3.790*		0.300ns	
DCM	9.016***	4.261 ns		16.818***	
DMC	2961***	1935***		1932***	
NCM	8.020***	2.545ns		9.376***	

Tableau 4 : Les résultats moyens de l'effet de différentes situations hydriques sur les variations de la teneur en eau de l'ensemble des génotypes exprimés en %.

	SDH	ADH1	Evolution%	ADH2	Evolution%
ACSAD1361	92.13	91.97	0.17	92.24	-0.11
Oued Zenati	94	92.81	1.26	91.83	2.30
Waha	94.63	92.18	2.58	91.52	3.28
Langlois	92.61	90.57	2.20	88.82	4.09
Mexicali75	94.09	91.24	3.02	88.75	5.67

I.1.2. Les caractères morphologiques

1) Nombre des feuilles du talle principal

L'étude statistique des résultats obtenus (Tableau. 02), démontrent que le nombre des feuilles est très hautement influencé par la nature génotypique ($p < 0.001$), ainsi que la situation hydrique ($p < 0.01$). L'interaction entre ces deux facteurs s'est soldée par l'absence de toute influence significative sur les variations du nombre des feuilles du talle principal ($p > 0.05$), indiquent ainsi l'absence de toute distinction de comportement des génotypes étudiés à l'égard des variations du statut hydrique pour l'expression de ce paramètre.

Tableau 5 : Les résultats moyens d'effet des différents situations hydriques sur les variations du nombre moyen des feuilles du talle principal.

	SDH	ADH1	Evolution%	ADH2	Evolution%
ACSAD1361	6.25	6.5	-4	6.75	-8
Oued Zenati	6	6.25	-4.16	6.75	-12.5
Waha	7	7.25	-3.57	8.25	-17.85
Langlois	6.75	7.25	-7.40	7.25	-7.40
Mexicali75	7	6	14.28	7.25	-3.57

Les résultats moyens mentionnés dans le tableau 04, montre des variations du nombre moyen des feuilles du talle principal, qui au niveau du lot SDH, sont délimités par des extrêmes de 7 (Waha et Mexicali 75) et 6 (Oued Zenati). Sous les conditions de déficit hydrique modéré (ADH1), ce nombre fluctue encore dans l'intervalle de 6 et 7 feuilles/talle. Les mêmes constatations sont faites pour ce paramètre dans le traitement conduit à 30%CC, avec une légère augmentation des valeurs moyennes obtenues qui se trouvent délimitées par une donnée maximale de 8 feuilles/talle.

Les évolutions constatées de ce paramètre convergent vers une augmentation accompagnant l'accroissement de l'intensité du déficit hydrique. Elles s'évaluent à 7.40% pour un maximum (Langlois) au niveau du lot conduit à 60%CC. Sous ce même traitement hydrique, le génotype Mexicali75 se distingue, au contraire par une réduction atteignant une valeur de 14.28%. Au niveau du lot ADH2, tous les génotypes

ont enregistré des augmentations du nombre de feuilles où la plus haute valeur d'augmentation est affichée par le génotype Waha (17.85%).

2) Nombre des feuilles sénescentes

L'analyse de la variance (Tableau.02), n'indique aucune influence significative du génotype sur le taux de sénescence des feuilles ($p > 0.05$). La nutrition hydrique exerce par contre une influence très importante sur ce paramètre ($P < 0.01$). L'interaction entre ces deux facteurs n'a aucun effet marquant sur l'expression de ce paramètre ($P > 0.05$).

Tableau 6 : Les résultats moyens de l'effet de différentes situations hydriques sur les variations du nombre moyen des feuilles sénescentes.

	SDH	ADH1	Evolution%	ADH2	Evolution%
ACSAD1361	2	2.25	-12.5	2.25	-12.5
Oued Zenati	1	1.75	-75	2.5	-150
Waha	1.5	2.25	-50	3.75	-150
Langlois	1.75	2.75	-57.14	2.25	-28.57
Mexicali75	2.75	2.5	9.09	2.75	0

Les résultats moyens (tableau 06) illustrent que dans le traitement témoin, les feuilles sénescentes par plant atteignent 2.75 (Langlois, Mexicali75). L'application du déficit hydrique s'est accompagnée de faibles variations du taux de sénescence des feuilles. Les valeurs enregistrées de ce paramètre, au niveau du lot ADH1, atteignent une moyenne de 2.75 et progressent pour avoisiner un maximum de 3.75 (Waha) dans le traitement hydrique de 30%CC.

Concernant les évolutions de ce paramètre par rapport au témoin, on marque que tous les génotypes, sauf Mexicali75, ont enregistré des augmentations sous les deux traitements hydriques ADH1 et ADH2 où la valeur la plus importante est mentionnée par le génotype Oued Zenati (75%) au sein du lot ADH1 et Waha et Oued Zenati (150%) au niveau du lot ADH2.

3) Nombre des feuilles totales

L'analyse des résultats statistique obtenus (Tableau 02), démontre que cette caractéristique est influencée d'une manière très hautement significative ($p < 0.001$) par la nature génotypique, ainsi que par le traitement hydrique ($p < 0.01$). L'interaction établie entre les génotypes testés et la situation hydrique a une influence moins marquée sur le nombre des feuilles ($p > 0.05$).

Tableau 7: Les résultats moyens de l'effet des différentes situations hydriques sur les variations du nombre moyen des feuilles total.

	SDH	ADH1	Evolution%	ADH2	Evolution%
ACSAD1361	6.25	6.5	-4	6.75	-8
Oued Zenati	6	6.25	-4.16	6.5	-8.33
Waha	7	8.25	-17.85	9.25	-32.14
Langlois	6.75	7.25	-7.40	7.25	-7.40
Mexicali75	7	6	14.28	7.25	-3.57

Le tableau 07 montre une augmentation du nombre de feuilles chez les différents génotypes testés. Sous les conditions d'irrigation optimal, les variétés Mexicali75 et Waha ont présenté le nombre de feuilles total le plus important (7 feuilles/plante), et la variété Oued Zenati a affichée le plus faible nombre (6 feuilles/plante). Au niveau du bloc ADH1, la variété Waha présente la valeur moyenne la plus élevée (8), alors que la variété Mexicali75 a inscrit une faible valeur moyenne des feuilles (6 feuilles/ plante). Dans le bloc ADH2, le nombre de feuilles total varie entre 9, valeur enregistrée par Waha et 6 feuilles/ plante, valeur marquée chez la variété Oued Zenati.

Les évolutions sont variables à travers les génotypes testés. Au niveau du lot ADH1, tous les génotypes ont présenté des augmentations du nombre de feuilles total sauf que le génotype Mexicali75 qu'a affichée une réduction (14.28%) ; la plus haute valeur d'augmentation est inscrite par le génotype Waha (17.85%). Sous les conditions hydriques limitantes (ADH2), tous les génotypes ont enregistré des augmentations où le génotype Waha a inscrit la grande valeur (32.14%).

4) Surface foliaire

Les résultats obtenus démontrent que l'influence de la nature génotypique sur l'élaboration de la surface foliaire est très importante ($P < 0.001$), ainsi que le régime hydrique imposé ($p < 0.01$). L'interaction entre ces deux facteurs sur l'expression de ce paramètre n'a aucun effet significative ($p > 0.05$), indiquant ainsi l'absence de toute distinction génotypique en réaction au déficit hydrique pour la formation de la surface foliaire.

Tableau 8 : Les résultats moyens de l'effet de différentes situations hydriques sur les variations de la surface foliaire.

	SDH	ADH1	Evolution%	ADH2	Evolution%
ACSAD1361	7.94	10.66	-34.25	12.82	-61.46
Oued Zenati	8.53	17.21	-101.75	15.32	-79.60
Waha	8.62	8.4	2.55	10.51	-21.92
Langlois	11.51	16.36	-42.13	15.45	-34.23
Mexicali75	9.5	10.32	-8.63	9.27	2.42

Sous les conditions d'irrigation optimale, les cinq variétés présentent une moyenne importante de la surface foliaire qui varie entre (7.94cm^2 et 11.51cm^2) valeur inscrite par ACSAD1361 et Langlois. Au niveau du lot ADH1, la variété Oued Zenati représente la moyenne la plus grande de la surface foliaire (17.21 cm^2) et la plus faible moyenne (8.4cm^2) valeur est inscrite par Waha. Sous le régime hydrique de 30%CC, les valeurs moyennes varie entre 15.45 cm^2 (Langlois) et 9.27 cm^2 (Mexicali75).

Chaque génotype représente une évolution différente par rapport au témoin. Dans le lot ADH1, seul le génotype Waha qu'a affiché une réduction (2.55%), et au niveau du lot ADH2 le génotype Mexicali75 a inscrit une réduction avec un pourcentage de 9.25%. Tandis que le génotype Oued Zenati a enregistré la plus grande augmentation au niveau des deux lots ADH1 et ADH2 avec un ordre 101.75%, 79.60%.

5) Longueur de l'axe racinaire

D'après les résultats obtenus (Tableau.02), il se démontre que la nature du génotype et les variations du régime hydrique n'ont eu aucun effet significatif sur les variations de la longueur d'axe racinaire ($p>0.05$).

L'interaction des deux facteurs semble être sans aucune influence notable sur l'expression de la longueur des racines ($p>0.05$).

Tableau 9: Les résultats moyens d'effet de différentes situations hydriques sur les variations de la longueur d'axe racinaire.

	SDH	ADH1	Evolution%	ADH2	Evolution%
ACSAD1361	153	137	10.45	103.5	32.35
Oued Zenati	123.5	149	-20.64	138.5	-12.14
Waha	152.75	131.5	13.91	148.25	2.94
Langlois	150.5	152.25	-1.16	98.25	34.71
Mexicali75	124.25	122	1.81	136.75	-10.06

D'après le tableau ci-dessus qui montre l'effet des différents traitements hydriques sur les variations de la longueur de l'axe racinaire chez les différents génotypes, on remarque qu'au sein du bloc témoin les valeurs varient entre 123.5cm (Oued Zenati) et 153cm (ACSAD1361). Alors qu'au niveau du lot ADH1, les valeurs oscillent entre 122cm (Mexicali75) et 152.25cm (Langlois). A l'échelle du lot ADH2 les valeurs moyennes de la longueur d'axe racinaire varient entre 98.25cm (Waha) et 148.25cm (Langlois).

Les évolutions de ce paramètre au sein des deux traitements ADH1 et ADH2 à travers les génotypes testés sont d'ordre variable. Dans le bloc ADH1, on a enregistré une augmentation chez la variété Oued Zenati (20.64%) et Langlois (1.16%), par contre la variété Waha a affichée la plus forte valeur de diminution (13.91%). Dans le bloc ADH2, la variété Oued Zenati a enregistré la plus haute valeur d'augmentation (12.14%), alors que la variété Langlois a enregistré la forte valeur de diminution (34.71%).

6) Nombre des racines adventives

L'étude des résultats dégagés (Tableau.02), indique que l'expression de ce paramètre est fortement influencée par la nature du génotype, ainsi que le régime hydrique appliqué ($p < 0.001$).

L'interaction des deux facteurs étudiés n'a qu'un faible effet sur l'élaboration de cette caractéristique ($p > 0.05$).

Tableau 10: Les résultats moyens de l'effet de différentes situations hydriques sur les variations de nombre des racines adventives.

	SDH	ADH1	Evolution%	ADH2	Evolution%
ACSAD1361	6	0.25	95.83	2	66.66
Oued Zenati	3	0	100	0.75	75
Waha	7	0.75	89.28	2.75	60.71
Langlois	4.5	0.75	83.33	2.5	44.44
Mexicali75	7.25	1	86.20	3.5	51.72

L'expression du nombre des racines adventives par plant est fortement conditionnée par le régime hydrique. L'accentuation 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 génotypes, Oued Zenati et ACSAD1361 avec des valeurs respectives de 100% et 95.83%. Sous les conditions de déficit hydrique plus austère (ADH2), les réductions du nombre de racines atteignent des taux 75% et 66.66% relevés respectivement chez Oued Zenati et ACSAD1361.

7) Nombre des racines séminales longues

Les résultats obtenus (Tableau.02), démontre que l'estimation de nombre des racines séminales longue est fortement dépendante de la nature génotypique ($p < 0.05$), alors que les variations des situations hydrique conduite n'a aucun effet remarquable sur l'expression de ce paramètre ($p > 0.05$). Aucune distinction génotypique n'est constatée en réponse à l'application des différents traitements hydriques.

Tableau 11 : Les résultats moyens de l'effet de différentes situations hydriques sur les variations de nombre des racines séminales longues.

	SDH	ADH1	Evolution%	ADH2	Evolution%
ACSAD1361	2.5	2.75	-10	1.25	50
Oued Zenati	2.25	2.25	0	2.75	-22.22
Waha	2.5	2	20	2.75	-10
Langlois	4.25	4	5.88	2.25	47.05
Mexicali75	2	2.25	-12.5	2.5	-25

Selon le tableau 11, les valeurs du nombre des racines séminales longues obtenus dans le bloc témoin indique que la variété Langlois a inscrit la valeur la plus élevée (4.25 racines/ plante) et le génotype Mexicali75 a affiché la faible valeur (2 racines /plante). De même qu'au niveau du lot ADH1, ces valeurs varient entre 4 racines/ plante (Langlois) et 2 racines/ plante (Waha). Alors qu'au niveau du bloc ADH2, les variétés Waha et Oued Zenati ont inscrit la valeur la plus élevée (2.75 racines/ plante) et la variété ACSAD1361 a inscrit la faible valeur (1.25 racine/ plante).

Les évolutions sont variables à travers les génotypes étudiés. Au niveau du traitement ADH1, la variété Mexicali75 et ACSAD1361 ont affiché des augmentations avec des pourcentages respectifs 12.5%, 10%. À l'opposé la variété Waha a inscrit la forte diminution (20%). De même qu'au niveau du traitement ADH2, la variété Mexicali75 a inscrit la forte valeur d'augmentation par rapport au témoin (25%) tandis que la variété ACSAD1361 a affiché la plus forte diminution (50%).

8) Nombre des racines séminales moyennes

D'après l'analyse de la variance effectuée (Tableau.02), l'effet des deux facteurs étudiés et leur interaction sur le nombre des racines séminales s'avère non significatif ($p > 0.05$).

Tableau 12 : Les résultats moyens de l'effet de différentes situations hydriques sur les variations du nombre des racines séminales moyennes.

	SDH	ADH1	Evolution%	ADH2	Evolution%
ACSAD	1.75	1.25	28.57	2.25	-28.57
Oued Zenati	1.75	1	42.85	1.25	28.57
Waha	1	1.25	-25	1.25	-25
Langlois	0.5	1.25	-150	2	-300
Mexicali	2.5	1.75	30	1.5	40

D'après les résultats obtenus, on note qu'au niveau des deux lots ADH 1 et ADH 2, le génotype Langlois a inscrit la grande valeur d'augmentation de 150% et 300% successivement, et le génotype Oued Zenati a enregistré la forte diminution de 42.85% dans lot ADH 1 et Mexicali 75 (40%) au sein lot ADH2.

9) Nombre des racines séminales courtes

Selon les résultats obtenus (Tableau.02), il se démontre que le nombre des racines séminales courtes est faiblement liée à la nature des génotypes expérimentées ainsi que la situation hydrique ($p>0.05$). L'interaction des deux facteurs d'étude n'exerce aucun effet sur ce paramètre morphologique.

Tableau 13: Les résultats moyens de l'effet de différentes situations hydriques sur les variations des nombres des racines séminales courtes.

	SDH	ADH1	Evolution%	ADH2	Evolution%
ACSAD1361	0.75	1.25	-66.66	1	-33.33
Oued Zenati	0.75	1	-33.33	0.25	66.66
Waha	1	1.25	-25	0.75	25
Langlois	0.25	0.5	-100	0.5	-100
Mexicali75	0.75	0	100	0.25	66.66

D'après le tableau des résultats moyennil se montre que le nombre des racines séminales courtes, varie entre 1 racine/ plante (Waha) et 0.25 racine/ plante (Langlois). Tandis qu'au niveau du lot ADH1, les variétés ACSAD1361 et Waha ont enregistré la plus grande valeur (1.25 racine/ plante) et la faible valeur est inscrite par la variété Mexicali75 (0 racine/ plante). Enfin au niveau du lot ADH2, la variété

ACSAD1361 a affiché la plus haute valeur (1 racine/ plante) et les deux variétés Oued Zenati et Mexicali 75 ont enregistré une valeur de 0.25 racine/ plante).

Les évolutions de ce paramètre au sein des deux lots ADH1 et ADH2 sont variables à travers les génotypes étudiés. Au niveau du deux traitements hydriques ADH1 et ADH2, le génotype Langlois a subi forte augmentation avec un pourcentage de 100%. A l'opposé, le génotype Mexicali75 a inscrit une forte diminution par rapport au témoin avec des pourcentages consécutifs 100% et 66.66%.

10) La longueur des racines adventives

L'étude des résultats obtenus (tableau.02), indique que l'élaboration de la longueur des racines adventives est grandement dépendante du régime hydrique appliqué ($p < 0.001$). L'interaction des deux facteurs d'étude ne provoque aucune action notable sur l'expression de ce paramètre ($p > 0.05$).

Tableau14 : Les résultats moyens d'effet de différentes situations hydriques sur les variations de la longueur des racines adventives.

	SDH	ADH1	Evolution%	ADH2	Evolution%
ACSAD1361	4.35	2.5	42.52	2.6	40.22
Oued Zenati	4.925	0	100	0.05	98.98
Waha	8.3	1.425	82.83	0.2	97.59
Langlois	6.475	5.7	11.96	2.325	64.09
Mexicali75	9.725	4.875	49.87	0.125	98.71

D'après les résultats moyens des variations de la longueur des racines adventives, on note une nette réduction de cette longueur, sous les deux traitements hydriques. On a marqué que la haute valeur de réduction est affichée par le génotype Oued Zenati avec 100% (ADH1) et 98.98% (ADH2). Alors que la faible réduction est marquée par le génotype Langlois (11.96%) au niveau du lot ADH1, et le génotype ACSAD1361 (40.22%) au niveau du ADH2.

11) Matière sèche racinaire

D'après les résultats dégagés (Tableau.02), il apparaît que l'élaboration de la matière sèche racinaire est conditionnée par la situation hydrique ($p < 0.05$), et non influencé par la nature des génotypes expérimentés ($p > 0.05$). Aucune distinction

génotypique n'est relevée suite à l'application du déficit hydrique pour l'élaboration de la matière sèche.

Tableau 15 : Les résultats moyens de l'effet de différentes situations hydriques sur les variations de la matière sèche racinaire.

	SDH	ADH1	Evolution%	ADH2	Evolution%
ACSAD1361	0.4	1.05	-162.5	1.15	-187.5
Oued Zenati	0.925	1.625	-75.67	1.7	-83.78
Waha	0.425	0.725	-70.58	1.4	-229.41
Langlois	0.725	0.825	-13.79	1.05	-44.82
Mexicali75	0.525	0.7	-33.33	0.8	-52.38

Selon les résultats moyens obtenus (tableau.15), les valeurs moyennes de la matière sèche fluctuent entre 0.975g valeur inscrite par le génotype Oued Zenati et Waha et 0.4g valeur affichée par ASCAD1361. Alors qu'au sein du bloc ADH1, les valeurs moyennes fluctuent entre 1.625g (Oued Zenati) et 0.7g (Mexicali75). Enfin au niveau du lot ADH2, ces valeurs sont comprises entre 1.7g (Oued Zenati) et 0.8g (Mexicali75).

Les évolutions de la matière sèche racinaire au niveau des deux lots ADH1 et ADH2 sont différents à travers les génotypes testés. Au niveau du lot ADH1, la variété ACSAD1361 a inscrit la plus haute valeur d'augmentation par rapport au témoin avec un pourcentage de 162.5%, tandis que le génotype Waha a illustré la grande valeur d'augmentation au niveau du lot conduit à 30%CC (229.41%), et la variété Langlois a enregistré la plus faible augmentation dans les deux traitements hydriques ADH1 (13.79) et ADH2 (44.82).

I.1.3. Les paramètres anatomiques

1) La longueur des cellules du parenchyme cortical des racines séminales

D'après les résultats dégagés (Tableau.16), on remarque qu'au niveau du traitement témoin, les valeurs de la longueur des cellules parenchymateuses varient entre 67.66 μm (Mexicali75) et 32.73 μm (ACSAD1361). Alors qu'au niveau du traitement ADH1, les valeurs fluctuent entre 62.29 μm (Langlois) et 15.58 μm (ACSAD1361). Tandis qu'au niveau du lot ADH2, les valeurs oscillent entre 81.73 μm (Waha) et 20.84 μm (Mexicali75)

Les évolutions de la longueur des cellules parenchymateuses sont différentes à travers les géotypes étudiés. Dans les deux traitements hydriques, on marque que la variété Waha a inscrit la plus grande valeur d'augmentation avec un ordre respectif 19.17%, 148.34%, tandis qu'au niveau du bloc ADH1, le géotype Oued Zenati a enregistré la plus grande valeur de réduction (61.18%) et au niveau du bloc ADH2, le géotype Mexicali75 a inscrit la plus grande réduction (69.19%).

Tableau 16 : les résultats de la longueur des cellules parenchymateuses des racines séminales.

	SDH	ADH1	Evolution%	ADH2	Evolution%
Acsad1361	32.73	15.58	52.39	39.84	-21.72
Oued Zenati	66.29	25.73	61.18	59.49	10.25
Waha	32.91	39.22	-19.17	81.73	-148.34
Langlois	58.96	62.29	-5.64	69.1	-17.19
Mexicali75	67.66	37.02	45.28	20.84	69.19

2) Le diamètre des cellules parenchymateuses des racines séminales

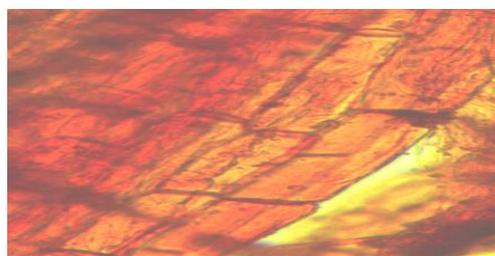
Les résultats obtenus dans le tableau 17, montrent qu'au niveau du traitement SDH le diamètre des cellules parenchymateuses oscille entre 14.25 μm (Mexicali75) et 6.9 μm (ACSAD1361).

Au niveau des lots ADH1 et ADH2, la plus grande valeur est exprimée par le géotype ACSAD1361 par ordre consécutif de 4.95 μm et 7.49 μm , tandis que niveau du bloc ADH1, le géotype Langlois a affiché la plus grande valeur (21.5 μm), alors qu'au niveau du lot ADH2, le géotype Waha a enregistré la plus haute valeur (18.74 μm).

Le diamètre des cellules parenchymateuses obtenues dans le tableau 20, indiquent que les géotypes expriment des évolutions différentes dans les différentes situations hydriques imposées. On remarque qu'au niveau du lot ADH 1, le géotype Langlois a inscrit la plus haute augmentation (115.21%), tandis que le géotype ACSAD1361 a affichée la plus forte diminution (28.26%). Cependant au niveau du lot ADH2, le géotype Waha a inscrit la plus grande augmentation (79.84%), à l'opposé que le géotype Mexicali75 a affichée la plus forte réduction (10.94%).

Tableau 17 : les résultats du diamètre des cellules parenchymateuses des racines séminales.

	SDH	ADH1	Evolution%	ADH2	Evolution%
Acsad1361	6.9	4.95	28.26	7.49	-8.55
Oued Zenati	11.54	13.12	-13.69	15.92	-37.95
Waha	10.42	9.62	7.67	18.74	-79.84
Langlois	9.99	21.5	-115.21	14.18	-41.94
Mexicali75	14.25	10.29	27.78	12.69	10.94



Mexicali75 ADH1



Mexicali75 SDH



Mexicali75 ADH2

Figure 2 : observations des cellules parenchymateuses des racines séminales**3) Le diamètre des cellules parenchymateuses chlorophylliennes de la feuille**

D'après les résultats obtenus (Tableau 18), on note qu'au niveau du lot irrigué, les valeurs du diamètre des cellules parenchymateuses chlorophylliennes fluctuent entre 34.65 μm valeur inscrite par le génotype Langlois et 15 μm valeur affichée par le génotype Mexicali75. Alors qu'au niveau du traitement ADH1, les valeurs oscillent entre 24.7 μm (ACSAD1361) et 17.36 μm (Oued Zenati). Au niveau du lot ADH2, les

valeurs se varient entre 20.8 μm exprimée par Oued Zenati et 7.03 μm affiché par Langlois.

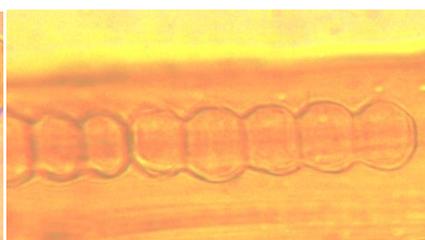
Le diamètre des cellules parenchymateuses chlorophylliennes exprimées dans le tableau 18 indiquent que les génotypes ont inscrit des évolutions différentes dans les différents traitements hydriques utilisés. Dans le bloc ADH1, le génotype ACSAD1361 a affiché la plus grande augmentation avec un pourcentage de 35.71%, alors que le génotype Langlois a inscrit la plus importante réduction avec un taux de 47.15%. Au niveau du lot ADH 2, la plus grande augmentation est exprimée par le génotype Mexicali75 (20.80%), tandis que la plus haute réduction est affichée par le génotype Langlois (79.71%).

Tableau 18 : les résultats du diamètre des cellules parenchymateuses chlorophylliennes de la feuille.

	SDH	ADH1	Evolution%	ADH2	Evolution%
Acsad1361	18.2	24.7	-35.71	15.6	14.28
Oued Zenati	28.08	17.36	38.17	20.8	25.92
Waha	22.43	20.35	9.27	9.23	58.84
Langlois	34.65	18.31	47.15	7.03	79.71
Mexicali75	15	18.95	-26.33	18.12	-20.8



Mexicali75 SDH



Mexicali75 ADH1



Mexicali75 ADH2

Figure 3 : observation des cellules parenchymateuses chlorophylliennes de la feuille.

4) Diamètre du métaxylème central

L'analyse des résultats statistique (Tableau 02), démontre que le diamètre des vaisseaux de métaxylème est hautement influencé par la nature génotypique ainsi que le régime hydrique appliqué ($p < 0.001$). L'interaction entre la nature génotypique et le régime hydrique a un effet hautement significatif ($p < 0.001$) sur cette caractéristique, ce qui démontre l'existence d'une distinction des génotypes expérimentés en réaction aux variations des régimes hydriques adoptés.

Les résultats moyens du diamètre des vaisseaux de métaxylème (Tableau.19) exposent des évolutions différentes parmi les génotypes et à travers les situations hydriques retenues. Ces résultats montrent qu'au niveau du traitement conduit à 100%CC, les valeurs sont comprises entre 79.69 μm (ACSAD1361) 100.90 μm (Oued Zenati). Au niveau du lot conduit à 60%CC, les génotypes ACSAD1361 et Langlois ont inscrit les plus hautes valeurs dans l'ordre, 97.17 μm et 96,62 μm . Sous le même traitement hydrique, la plus faible valeur du diamètre est inscrite par le génotype Waha avec 48.14 μm . Enfin, sous les conditions du stress d'intensité de 30%CC, les valeurs varient entre 76.55 μm (Waha) et 105.10 μm (Oued Zenati). L'établissement des évolutions du diamètre des vaisseaux ligneux à travers les différentes situations hydriques, s'annonce variable parmi les génotypes testés. La lecture de ces résultats montre que l'évolution du diamètre de ces vaisseaux, distinguent les génotypes en deux catégories. Ceux dont le déficit hydrique se sont accompagnés d'un accroissement du diamètre (ACSAD1361, Langlois) et ceux où cette évolution hydrique a provoqué une diminution de ce diamètre sont Oued Zenati, Waha et Mexicali75.

Tableau 19 : les résultats moyens de diamètre du métaxylème central

	SDH	ADH1	Evolution%	ADH2	Evolution%
Acsad1361	79,67	97,17	-21,93	87,11	-9,29
Oued Zenati	100,91	80,47	20,25	105,11	-4,16
Waha	92,64	48,15	48,03	76,55	17,37
Langlois	87,82	96,63	-10,02	97,93	-11,51
Mexicali75	93,99	82,78	11,93	87,90	6,48

5) Diamètre des vaisseaux du métaxylème périphérique

L'étude des résultats (Tableau.20), démontrent que la variation des niveaux de la variabilité génétique conduite s'associe à une vacillation des valeurs de ce paramètre ($p < 0.001$). Les variations des situations hydriques ont eu également un effet très hautement significatif sur ce paramètre.

Une distinction des géotypes en réaction au déficit hydrique est notée pour l'élaboration du diamètre des vaisseaux du métaxylème ($p < 0.001$).

Les résultats moyens indiquent que les géotypes, Langlois, Mexicali manifestent une augmentation du diamètre des vaisseaux du métaxylème 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 géotypes sont de l'ordre de 51.43 et 4.60%. Le géotype Oued Zenati et Waha, ACSAD1361 présentent par contre une tendance différente, où ils ont inscrit une décroissance du diamètre de ces cellules sous ces mêmes conditions, évaluée à 25.10 % (Oued Zenati), 19.94%(Waha) et 31.26% (ACSAD1361).

Dans le traitement conduit à 30%CC, on note une augmentation du diamètre des cellules du métaxylème chez les géotypes Oued Zenati, Waha, Langlois et Mexicali75 à des taux respectifs de 7.55%, 39.90%, 58.29%, 5.16% et seul le géotype ACSAD1361 a inscrit une réduction de 50.32%.

Tableau 20 : les résultats moyens de diamètre des cellules métaxylème périphérique.

	SDH	ADH1	Evolution%	ADH2	Evolution%
Acsad1361	34,24	23,53	31,26	17,00	50,32
Oued Zenati	20,77	15,55	25,10	22,33	-7,55
Waha	18,01	14,42	19,94	25,20	-39,90
Langlois	16,25	24,61	-51,43	25,72	-58,29
Mexicali75	18,85	19,72	-4,60	19,82	-5,16

6) Nombre des vaisseaux du métaxylème périphérique

L'analyse des résultats obtenus (Tableau.02), indique que l'élaboration de ce paramètre dépend essentiellement de la nature génotypique ($p < 0.001$), aucun effet significatif

n'émane de la situation hydrique sur l'expression de ce paramètre ($p > 0.05$). L'interaction entre la variabilité conduite et le régime hydrique appliqué a un effet marquant sur l'expression de ce paramètre. ($p < 0.001$). Ce qui indique que les géotypes testés ont manifesté des comportements différents à l'encontre des vacillations des régimes hydriques appliqués.

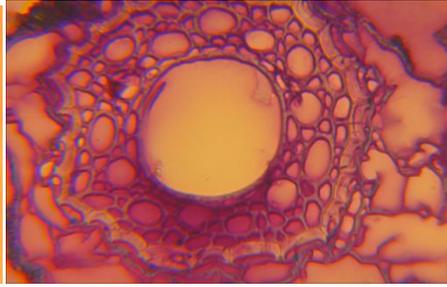
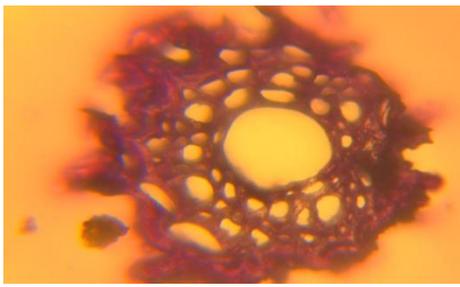
Les résultats moyens (Tableau.21), obtenus montrent qu'au niveau du traitement témoin (100%CC), les valeurs du nombre des vaisseaux du métaxylème périphérique oscillent entre 11 (Waha) et 17 (Langlois). Dans le lot ADH1, les valeurs varient entre de 12 (ACSAD1361) et 20 (Langlois). Au niveau du lot ADH2, ces valeurs fluctuent entre 12 affichée par Waha et 16 inscrites par Oued Zenati.

Les résultats des évolutions dans le tableau 24 montrent que les deux géotypes Waha et Langlois ont enregistré une augmentation du nombre des vaisseaux du métaxylème à des taux respectives de 40%, 19.23% et les géotypes ACSAD1361 Oued Zenati et Mexicali75 ont inscrits une réduction de 20% 2.43% 14% dans lot 60%CC.

Dans le traitement conduit à 30% on note une augmentation de ce paramètre chez Oued Zenati (19.51%) et Waha avec 8.57% et une réduction chez Langlois (23.07%) et Mexicali75 (22%).

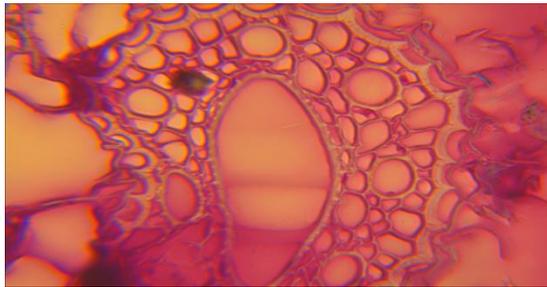
Tableau 21 : les résultats moyens de Nombre des cellules du métaxylème périphérique.

	SDH	ADH1	Evolution%	ADH2	Evolution%
Acsad1361	15	12	20	15	0
Oued Zenati	13,67	13,33	2,44	16,33	-19,51
Waha	11,67	16,33	-40	12,67	-8,57
Langlois	17,33	20,67	-19,23	13,33	23,08
Mexicali75	16,67	14,33	14	13	22



Waha ADH1

Waha SDH



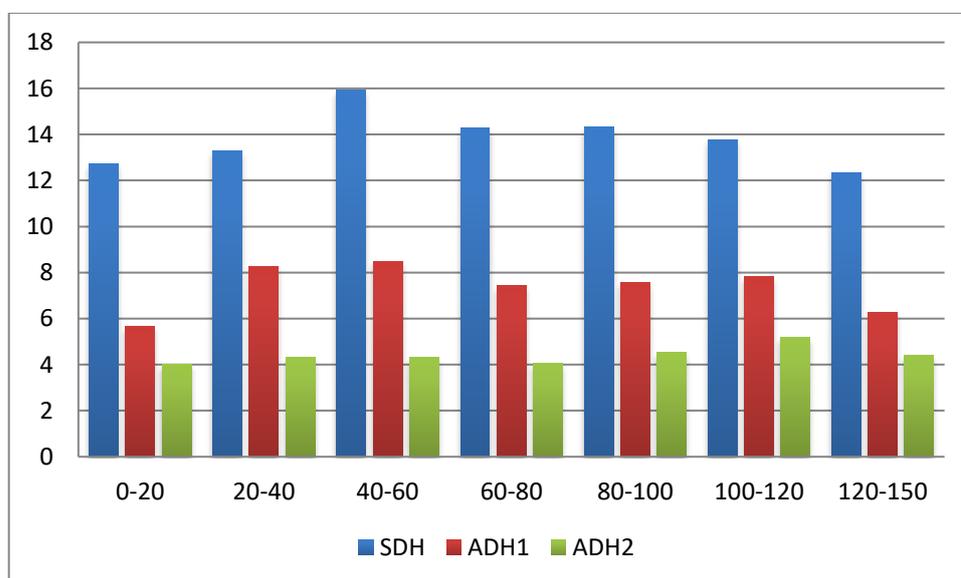
Waha ADH2

Figure 4 : Coupes transversales au niveau de la zone pilifère des racines séminales

II. Discussion

A la lumière des résultats obtenus on peut retenir que la déclaration de la sécheresse chez le blé dur provoque de nombreuses modifications importantes de la plupart des paramètres étudiés. On a constaté que la dynamique racinaire dépend fortement du profil hydrique. En effet, la nature du substrat utilisé a permis une meilleure répartition de l'humidité au niveau des cylindres (Figure. 02).

Figure 5 : la répartition de l'humidité au niveau des cylindres dans les trois traitements hydriques (100%CC, 60%CC et 30%CC).



De nombreux travaux (Monneveux, 1991 ; Ali dib et al., 1992 ; Adda et al., 2005 ; Felouah, 2013), ont montré que l'élongation racinaire constitue un mécanisme de tolérance vis-à-vis du manque d'eau. Il a été constaté qu'un système racinaire extensif est le plus préférable dans les zones sèches où l'humidité se rencontre en profondeur dans le profil du sol.

Les résultats obtenus notent que le nombre des racines adventives s'acquiert d'une manière dépendante de la répartition de l'humidité au niveau du substrat, trouvé une réduction significative du nombre des racines adventives. Ceci s'explique par une

déshydratation progressive du substrat de la surface à la profondeur et selon les travaux de **Adda (2006)**, l'abaissement de l'humidité à la surface du sol provoque une réduction importante du peuplement des racines adventives chez les plants du blé dur.

Selon les conditions d'expérimentation retenues dans cette étude, il s'est démontré que le dessèchement du substrat de culture s'accompagne d'une elongation racinaire en profondeur ($r=0.48^{**}$). Cette croissance serait qualifiée de phénomène d'hydrotropisme racinaire (**Felouah, 2013**).

La plupart des modifications morphologiques racinaires s'opèrent dans un contexte de favoriser le transport et la circulation de l'eau d'une part et d'autre part la préservation de l'eau dans un sol qui a tendance à se déshydrater. Ces dernières concernent les modifications des nombres des éléments conducteurs du xylème primaire, dont on a observé une diminution et qui serait à l'origine d'un accroissement de la résistance hydraulique des racines.

L'elongation des racines séminales a grandement contribué au maintien du statut hydrique de la plante. Ainsi, les faibles dépressions de la teneur relative en des plantes sous l'effet du déficit hydrique résulteraient des transformations morphologiques des racines séminales, essentiellement l'elongation en profondeur (**Djekoun et Planchon, 1992**). Ces transformations sont d'un grand apport dans la préservation du statut hydrique de la plante qui selon (**Bajji et al., 2001**), la teneur en eau des feuilles de blé dur diminue proportionnellement avec la réduction d'eau contenue dans le sol.

Tableau 22 : Matrice de corrélations des paramètres étudiés

	G	Sh	NCMP	DMC	DMP	NT	NFS	NFT	SF	LAR	LRA	NRA	NRSL	NRSM	NRSC
G	00														
Sh	00	00													
NCMP	0.23	0.12													
DMC	0.01	0.00	0.02												
DMP	0.22	0.03	0.04	0.24											
NT	0.11	0.18	0.13	0.20	0.08										
NFS	0.22	0.41	0.05	0.06	0.10	0.11									
NFT	0.13	0.37	0.07	-0.37	0.05	0.01	0.38								
SF	0.05	0.23	0.24	0.14	0.06	0.07	0.13	0.08							
LAR	0.04	0.07	0.05	0.0	0.14	0.01	0.010	0.07	0.21						
LRA	0.25	-0.58	0.14	0.15	0.11	0.12	0.23	0.13	0.16	0.24					
NRA	0.16	0.05	0.14	0.14	0.13	0.19	0.13	0.00	0.12	0.24	0.01				
NRSL	0.16	-0.5	0.07	0.09	0.1	0.1	0.00	0.00	0.1	-0.36	0.01	0.66			
NRSM	0.05	0.03	0.16	0.08	0.09	0.09	0.1	0.1	0.15	0.16	-0.30	0.15	0.08		
NRSC	0.26	0.19	0.18	0.24	0.18	0.14	0.05	0.23	0.09	0.01	0.7	0.02	0.02	0.06	

Conclusion

Conclusion

La sécheresse constitue la principale contrainte abiotique responsable de la faiblesse du rendement et de la productivité des céréales et celui du blé dur dans les zones céréalières en Algérie. L'identification des mécanismes de résistance et d'adaptation au déficit hydrique constitue un travail inéluctable dans toutes manipulations qui vise à l'amélioration d'adaptation et de la tolérance du matériel végétal destiné.

L'existence d'un système racinaire très développé, capable d'absorber l'eau des horizons les plus profonds constitue un caractère majeur pour l'adaptation de la plante à la sécheresse. Cette caractéristique revêt une importance particulière pour les cultures qui subissent régulièrement du déficit hydrique durant le cycle de croissance. Son importance sur le rendement serait importante car il interviendrait directement dans la disponibilité de l'eau pour la plante en conditions de stress.

A travers les résultats obtenus dans cette étude, on peut constater que l'application d'une contrainte hydrique se manifeste par un ensemble des transformations dont il s'agit le système racinaire. Ces transformations concernent une élongation racinaire importante initiée par la déclaration de déficit hydrique.

L'une des principales conséquences de cette croissance en longueur des racines est d'atteindre les horizons profonds du substrat plus humide afin de maintenir l'hydratation à un niveau optimal. Cette croissance en longueur induite par cette contrainte abiotique est qualifiée essentiellement du phénomène d'hydrotropisme qui serait le résultat de croissance et l'élongation cellulaire.

Les résultats démontrent également que le dessèchement du sol à proximité du collet, provoque la réduction de la formation des racines adventives. L'accentuation de l'acuité du déficit hydrique provoque la réduction du nombre des vaisseaux ligneux du xylème primaire.

L'application de la sécheresse s'accompagne également par la diminution de la teneur relative en eau, par contre elle provoque une augmentation de la masse végétative aérienne qui est due à l'augmentation des nombres des feuilles ainsi que la surface foliaire.

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

Aidaïou A., 1994- étude du déficit hydrique séquentiel sur les rendements, application au cas du sorgho –grain. Soghumtricol (1) moench. These de doctorat en science de l'eau. Ecole nationale du génie rural des eaux et forets ; Montpellier, France.

Armand Boudreau, Germain Ménard., 1992. Le blé : Éléments fondamentaux et transformation. Ed les presses de l'université laval Saint-Foy. P 26.

Arno Steinacher, Ottoline Leyser, Richard H. Clayton., 2011. A computational model of auxin and pH dynamics in a single plant cell. a College of Engineering, Mathematics and Physical Sciences, University of Exeter, North Park Road, Exeter EX4 4QF, UK. b Sainsbury Laboratory Cambridge. University Bateman Street, Cambridge CB2 1LR, UK. c Département of Computer Science, University of Sheffield, Regent Court, 211. Portobello Street, Sheffield S1 4DP, UR. Pp 84-94.



Bajji M, Lutts S & Kinet JM, 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. Vol 160, 669 - 681.

Baldy C., 1973. Progrès récents concernant l'étude du système racinaire du blé. Ann. Agron. 24 (2).

Bernard Bodson et André Falisse, 1996. Ecophysiologie de la production végétale : l'exemple du blé. Probio_Revue. Probio, 1996, Vol. 19, 1-2.

Blum A. 1996. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. *Plant Growth Regulation* 20: 135-148.

Brink M et Belay G., 2006. Ressources végétales de l'Afrique tropicale 1 : Céréales et légumes secs. Ed Fondation PROTA, Wageningen, Pays-Bas.

Bouchelaghem S. Djebbar Berrebbah H. Djebbar M.R. 2001. The impact of dust emits by the steel complex of El Hadjar (ANNABA) on two biological models: Mousses and lichens. African Journal of Biotechnology Vol. 10(18), 3574-3578

Boyer J.S. 1982. Plant productivity and environment. *Sci*, New series. **218**: 443 – 448 p.



Camefort H, 1977. Morphologie des végétaux vasculaires (cytologie.anatomie.adaptations). Ed 2^{ème}Dion, Paris, 255-320p.

Chellali B, 2007. Marché mondial des céréales : L'Algérie assure sa sécurité alimentaire.

Clément-Grandcourt M., Prats. J ., 1971. Les céréales. Ed, J.-B. Baillièrre et Fils. P 14-19.



Debaeke B., Itier G., Lemaire B., Seguin F., Tardieu A., Thomas., 1996. Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau. Ed Expertise collective scientifique, rapport, INRA, France. pp. 49-67.

Djekoun A, & Planchon C, 1992. Stomacal conductance photosynthesis and acetylene reduction rate in Soybean genotypes, Can J Plant sci, Vol 72, 383-390.



Feillet P., 2000. Le grain de blé. Composition et utilisation. Mieux comprendre. INRA. ISSN : 1144- 7605. ISBN : 2-73806 0896-8.p 17-18.

Feldmen, M. Bonjean A.P. and Angus W.J. 2001. Origin of cultivated wheat. Ed. The world wheat Book: a history of wheat breeding. Intercept limited, Andover, Angle Terre: 3-58.



Gate P, 1995. Ecophysiologie du blé. Ed, lavoisier, paris. 429 p.

J

Jones H.G., Flowers T.J. & Jones M.B. 1989. Plants Under Stress. Univ. Cambridge.

K

Karakas O, Gurel F. and Uncuoglu AA: 2011. Assessment of genetic diversity of wheat genotypes by resistance gene analog markers. *Genetics and Molecular Research* 10:1098-1110.

L

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

Lacaze X, Hayes PM, Korol A. 2009. Genetics of phenotypic plasticity: QTL analysis in barley, *Hordeum vulgare*. *Heredity* **102**(2): 163-173.

Laurent H. Sané P, 2007 . Transfert d'eau et d'énergie. In : *Bioclimatologie. Concept et application*. Ed. Quae. Paris. 246p.

M

Maury P., Langlade N., Grieu P. et al. (2011). Ecophysiologie et génétique de la tolérance à la sécheresse chez le tournesol. *Innovations Agronomiques*, 14, 123-138.

May L. H., Milthorpe F. L., 1962. Drought resistance of crop plants. *Field Crop Abstr.*, 15 (3), 171-179.

Monneveux., 1991, Quelles stratégies pour m'amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique des céréales d'hiver. In *l'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides*. Ed aupelet- uref. John libbeyEurotext, paris. pp.165-186.

Moule C., 1980. Céréales, Edit. Maison Rustique. Paris P 24- 27, 141.

Murray Nabors., 2008. *Biologie végétale : Structures, fonctionnement, écologie et biotechnologies*. Ed Pearson Education France. ISBN : 978-2-7440-7306-9. P

§

Nicotra AB, Davidson A. 2010. Adaptive phenotypic plasticity and plant water use. *Functional Plant Biology* **37**: 117-127.

¶

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. Europ. J. Agronomy, pp: 39-53.

Pigliucci M. 2005. Evolution of phenotypic plasticity: where are we going now? *Trends in Ecology & Evolution* **20**(9): 481-486.

ℛ

Riou C.,1993 l'eau et la production végétale. Sécheresse. **2.75-83.**

Reece, Urry, Catn, Wasserman, Minorsky et Jackson., 2012. Biologie, Ed 9^{ème} Renouveau Pédagogique INC (ERPI) p 67-75

§

Soltner D. 1998. Les grandes productions végétales : céréales, plantes sarclées, prairies. Sainte-Gemme-sur-Loire, Sciences et Techniques Agricoles.

Stocker D., 1961. Les effets morphologiques et physiologiques du manque d'eau sur les plantes. Recherche sur la zone aride et semiaride. UNESCO, 63-113.

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

∇

Via S, Gomulkiewicz R, De Jong G, Scheiner SM, Schlichting CD, Van Tienderen PH. 1995. Adaptive phenotypic plasticity: consensus and controversy. *Trends in Ecology & Evolution* **10**(5): 212-217.



Wang W.X., Brak T., Vinocur B., Shoseyov O. et 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.



Yamina B et Nadia Y., 2014. Effet des phytohormones (AIA/GA3) sur la sélectivité K^+/Na^+ et la résistance somatique dans l'adaptation à la salinité du blé dur (*Triticum durum* Desf.) et une espèce apparentée. Laboratoire de génétique, biochimie et biotechnologie végétales, département de biologie et d'écologie végétales, faculté des sciences de la nature et de la vie, université Mentouri Constantine, Algérie. Lebanese Science Journal 15. Pp 53-72.



Zvi Pet Eduardo B., 2011. Hormone balance and abiotic stress tolerance in crop plants 1369-5266 – see front matter Current Opinion in Plant Biology. Ed Elsevier Ltd 14.pp 290–295.