



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

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 de la Nature et de la Vie



Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine: "Sciences de la Nature et de la Vie"

Spécialité: " « génétique moléculaire et amélioration des plantes »

Présenté et soutenu publiquement par ;

Melle: DJENAOUI Houria

Melle : BAKHTAOUI Meriem

Melle : ZOUKEL Fouzia

THÈME

Effet de l'alimentation hydrique sur la formation des tissus de réserves des grains de blé dur

Devant le jury composé de :

Présidente: Melle SOUALMI N.

Examinatrice : SOUALEM S.

Encadreur : Mr ADDA A.

Co-Promotrice : Mme BOUZID A.

MAA, Faculté SNV Tiaret

MCA, Faculté SNV Tiaret

Professeur, Faculté SNV Tiaret

Doc, Faculté SNV Tiaret

Année universitaire ; 2018/2019



Dédicace

A mes parents, Moustefa et Khadidja .

Pour vos mains qui ont tant travaillées,

Pour votre cœur qui m'a tant donné

Pour votre sourire qui m'a tant réchauffé,

Pour vos yeux qui furent parfois mouillé,

Pour vous qui m'aves tant aimé.

A Mes frères ;Karim, Djamel et Ahmed lamine ,

A mes sœur ; Ismahane ,Soumia et mes nièces « Meriem et Nour el Houda .»

A mes amie que j'ai vécues avec elles des beaux moment au cour de mon cursus à l'université ; Bouchra, Zineb, Selsabile, Bassma , Lamia , Amina , el Khansaa, Loubna ,Sara , Hayet ,Raina, Habiba, Khadidja ,Amel, Ibtissam, Samia. Khalida faten.....

A mes binôme ; Meriem et Fouzia ainsi toute ses famille

Au groupe de laboratoire ; MOKHFI F. et BENCHOÛRA Atika

A tous qui me connaisse de près ou de loin.

A toute la famille.

Houria



Dédicace

À MES CHERS PARENTS, l'homme de ma vie **Djilloul** et
ma jolie mère **Souad**, sans oublier **Abi Lakhdar** et **Omi Yamina**

Et mes beaux-parents « **Abdelkader et Fatima** » que j'aime. Je vous dédie ce travail avec tous mes
vœux de bonheur et de santé.

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les
sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.

Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez

Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables
sacrifices, bien que je ne vous en acquitterai jamais assez.

À MES TRÈS CHERS ET ADORABLE FRÈRES «**Mohamed elhabib , khaled ,sid
ahmed,youcef ,rihab ,assia et fatima** que j'les adore».

À MES TRÈS CHERS BELLE SOEURS **Houaria, Zahira, Leila, Djamila et Fatiha**
que j'aime

À MES CHERES AMIES **KHALIDA, OUMAYMA**

UNE SPECIALE DEDICACE A MON TRÈS CHER EPOUX « Faradji Ali » Aucun mot
ne pourrait exprimer ma gratitude, mon amour et mon respect. Je remercie le bon Dieu qui a croisé
nos chemins. Puisse le bon Dieu nous procure santé et longue vie.

À mon trinôme Fouzia et Houria, En souvenir de notre sincère et profonde amitié et des
moments agréables que nous avons passés ensemble. Veuillez trouver dans ce travail l'expression de
mon respect le plus profond et mon affection la plus sincère

À tous les membres de ma famille, petits et grands Veuillez trouver dans ce modeste travail
l'expression de mon affection

Meriem



Dédicace

*A mes très chers parents en reconnaissance de leurs divers sacrifices, de leurs précieux conseils, de leur soutien moral et de leurs encouragements. Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont ils m'ont comblée ; A celle que je ne pourrais jamais remercier assez, la source de mes efforts, mon exemple éternel, ma jolie mère « helima » ; A mon père « bouziane », je tiens à lui exprimer ma profonde gratitude, tous mes respects et reconnaissances pour les grands sacrifices consentis au service de la famille.
Que dieu lui procure bonne santé et longue vie.*

A mon fidèle compagnon dans les moments les plus délicats de cette vie mystérieuse mon frère marewane ».

A mes sœurs les prunelles de mes yeux « safia , fatima djahida et malika »

*En témoignage de mon affection fraternelle, de ma profonde
Tendresse et reconnaissance, je vous souhaite une vie pleine de bonheur et de succès et
que Dieu, le tout puissant, vous protégé et vous garde.*

*A mes chères collègues l'aimable meriem , la douce houria et l'adorable khalida
En souvenir de notre sincère et profonde amitié et des moments agréables que nous
avons passés ensemble.*

*Veillez trouver dans ce travail l'expression de mon respect le plus profond et mon
affection la plus sincère.*

A tous l'équipe du laboratoire de biotechnologie, Atika et fatima

A toute ma famille paternelle et maternelle

Fouzia

Remerciement

*Nous exprimons notre profonde reconnaissance et nos sincères remerciements à notre promoteur **Mr ADDA Ahmed**, .Qui accepté avec toute modestie de nous encadrer. Nous le remercions pour son aide, sa patience, ses conseils précieux qui ont conduit à l'achèvement de ce travail. Qu'il trouve ici l'expression de nos plus profonds respects et notre profonde gratitude.*

*Nous tenons à remercier notre co-promotrice **Melle BOUZID A.** pour sa collaboration et son aide au cours de la réalisation de ce travail.*

*Nous exprimons notre reconnaissance aux membres du jury la présidente **SOUALMI N.** et **SOUALLEM S.** examinatrice, qui ont accepté de juger ce travail.*

*Nous remercier toute l'équipe de laboratoire de biotechnologie spécialement **Mme MOKHFI F.Z.** et **Melle BENCHOIRA Atika**, pour les facilités qu'ils nous ont apportées pour la réussite de ce travail.*

Nous ne pouvons bien sûr oublier tous nos enseignants de graduation auxquels nous sommes reconnaissantes de nous avoir donné toutes les connaissances et formation tout au long de nos parcours universitaire.

Un grand merci à toute notre famille. Ce travail n'aurait pas été mené à terme sans les concessions et les encouragements de notre famille. Nous disons merci.

Enfin, nos remerciements les plus sincères s'adressent aux nombreuses personnes avec lesquelles nous avons eu l'occasion de travailler et à tous ceux qui nous ont aidé de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire

Table des matières

| | |
|--|-----------|
| Table des matières | IV |
| Liste des figures | VII |
| Liste des photos | VII |
| Liste des tableaux | VIII |
| Liste des abréviations | IX |
| I. Introduction | 2 |
| Chapitre I : Généralité sur la plante | 3 |
| 1. Historique, origine et classification..... | 3 |
| 2. Caractéristique morphologique ; | 5 |
| 2.1. La morphologie du blé | 5 |
| 2.1.1. Appareil racinaire..... | 5 |
| 2.1.2. Tige et feuille | 5 |
| 2.1.3. Épi | 5 |
| 2.1.4. Épillets..... | 5 |
| 3. Phases de développement ; | 6 |
| 3.1. La période végétative : | 6 |
| 3.1.1. Une phase germination – levée ; | 6 |
| 3.1.2. Une phase levée –début tallage : | 6 |
| 3.1.3. La phase début tallage_ début montaison | 7 |
| 3-2. La période reproductrice ; | 7 |
| 3.2.1. Une phase de formation des ébauches; | 7 |
| 3.2.2. Une phase de l'épiaison – floraison : | 7 |
| 3.2.1. La période de maturation ; | 7 |
| 3.3.1.1. Le Grossissement du grain : | 8 |

| | |
|---|----|
| 3.3.1.2. L'accumulation des réserves : | 8 |
| 3.3.1.3. La dessiccation : | 8 |
| Chapitre II : Le grain de blé | 9 |
| 1. Le grain de blé : | 9 |
| 2. La composition de la graine | 9 |
| 2.1. L'albumen : | 9 |
| 2.2. Les enveloppes : | 9 |
| 2.3. Le germe : | 9 |
| Chapitre III : le stress hydrique | 11 |
| 1. Notion de stress hydrique et sécheresse | 11 |
| 3. Influence de la sécheresse sur le développement racinaire du blé dur | 12 |
| 4. Adaptation des plantes au stress hydrique | 12 |
| 5. Stratégies d'adaptation de la plante au stress hydrique : | 12 |
| 5.1. L'esquive | 13 |
| 5.2. Evitement à la déshydratation | 13 |
| 5.3. Tolérance à la déshydratation | 13 |
| Partie 02 : | 14 |
| II. Matériels et méthodes | 15 |
| 1. Objectif de travail | 15 |
| 2. Matériel végétal : | 15 |
| 3. Condition de l'expérimentation | 15 |
| 3.1 Mode de conduite et application de déficit hydrique | 15 |
| 3.2 Mode de culture | 16 |
| 4. Les mesures effectuées | 18 |
| 4.1. La teneur relative en eau | 18 |

| | |
|---|----|
| 4.2. Prélèvement des empreintes de la feuille étandard | 18 |
| 4.3. Les mesures anatomiques de la graine | 19 |
| 5. Analyse statistique..... | 21 |
| Partie 03:..... | 22 |
| III. Résultats | 22 |
| 1. La teneur relative en eau | 22 |
| 2. Paramètre de la feuille..... | 23 |
| 2.1. La densité des stomates dans la face supérieure et inférieure de la dernière feuille | 23 |
| 2.2. Les paramètres micro-morphologiques de la dernière feuille..... | 24 |
| 2.2.1. La face supérieure | 24 |
| 2.2.1.1. Les dimensions des stomates et l'ostiole de la face supérieure..... | 24 |
| 2.2.2. La face inférieure | 26 |
| 2.2.2.1. Les dimensions des stomates et l'ostiole de la face inférieure..... | 26 |
| 3. Les paramètres anatomiques de la graine en formation | 27 |
| 3.1. Le diamètre des granules d'amidon de blé dur..... | 27 |
| 3.2. Le diamètre de la couche d'amidon | 28 |
| 3.3. Le diamètre de la couche d'aleurone et les téguments de la graine | 30 |
| Partie 04:..... | 32 |
| IV. Discussion | 32 |
| V. Conclusion..... | 34 |
| VI. Références Bibliographiques | 35 |

Liste des figures

| | |
|--|-----------|
| Figure 1: Origine génétique du blé dur (<i>Triticum durum</i> Desf.)..... | 04 |
| Figure 2: Anatomie schématique du grain de blé (BARRON <i>et al.</i> , 2012)..... | 10 |
| Figure 3: La germination et le repiquage des graines étudiées..... | 16 |
| Figure 4: Photo de dispositif expérimentale au stade fin tallage..... | 16 |
| Figure 5: Le dispositif expérimental (100%, 60% et 30% de la capacité) adopté, 1- WAHA, 2-ACSAD1361, 3-MEXICALI75, 4-OUED ZENATI, 5- LANGLOIS | 17 |
| Figure 6: Prélèvement et pesé des feuilles pour la détermination de TRE | 18 |
| Figure 7: La cinétique de l'évolution de diamètre des granules d'amidon en fonction de temps et le régime hydrique adopté | 28 |
| Figure 8: La cinétique de l'évolution de diamètre de l'albumen des grains de blé en fonction de temps et le régime hydrique adopté | 29 |
| Figure 9: La cinétique de l'évolution de diamètre de la couche d'aleurone en fonction de temps et le régime hydrique adopté | 30 |
| Figure 10: La cinétique de l'évolution de diamètre des téguments de la graine en fonction de temps et le régime hydrique adopté | 30 |

Liste des photos

| | |
|---|-----------|
| Photo 1 : Les démentions des stomates, 1 : longueur et diamètre des stomates, 2 : longueur de l'ostiole (photo original) | 19 |
| Photo 2 : Coupe au niveau de la graine en formation, 1 : diamètre de l'albumen, 2, diamètre de la couche d'aleurone, 3 : diamètre des téguments (photo original) | 20 |
| Photo 3 : Diamètre des granules d'amidon (photo original)..... | 20 |
| Photo 4: la variabilité de diamètre des grains chez le génotype WAHA dans les trois situations hydriques (100, 60 et 30%CC) | 30 |

Liste des tableaux

| | |
|---|-----------|
| Tableau01: classification du blé dur (<i>Triticum durum</i> Desf.)..... | 04 |
| Tableau 02: Les caractéristiques des géotypes utilisés..... | 15 |
| Tableau 03: l'analyse de la variance de la teneur relative en eau (TRE)..... | 22 |
| Tableau 04 : Résultats moyens de la teneur en eau dans la dernière feuille chez les différents géotypes par les trois traitements hydriques. | 22 |
| Tableau 05 : l'analyse de la variance de la densité des stomates..... | 23 |
| Tableau 06 : des résultats moyens de la densité des stomates..... | 24 |
| Tableau 07: Analyse de la variance des paramètres micro-morphologiques de la dernière feuille (face supérieure) | 25 |
| Tableau 08: Les résultats moyens des paramètres micro-morphologiques de la feuille (face supérieure) | 25 |
| Tableau 09 : Analyse de la variance des paramètres micro-morphologiques de la dernière feuille (face inférieur) | 26 |
| Tableau 10: Les résultats moyens des paramètres micro-morphologiques de la feuille (face inférieure) | 27 |

Liste des abréviations

1. **ACSAD**: Arab Center For The Studies Of Arid Zones And Dry Lands
2. **Pi** : Poids Initial
3. **Ppt** : Poids En Pleine Turgescence
4. **Ps** : Poids Sec
5. **TRE** : La Teneur Relative En Eau



Introduction

I. Introduction

Le blé constitue un élément de base de l'alimentation humaine à travers de nombreuses régions du globe terrestre. En Algérie, ses produits représentent l'élément clé de la ration alimentaire de la population locale. La superficie réservée à sa culture s'avère importante, justifiant son utilité alimentaire et s'étend dans différentes aires à travers le monde. Elles se localisent principalement dans les zones semi-arides où de nombreux stress abiotiques limitent grandement, sa croissance, son développement et sa productivité (**HAZMOUNE *et al*, 2000**).

Dans ces régions, le déficit hydrique constitue le principal facteur parmi ces stress conditionnant les variations plus ou moins importantes affectant la productivité de cette espèce à travers les différentes campagnes. Ces impacts varient suivant son intensité et l'époque de sa déclaration durant le cycle de développement de la plante (**ADDA *et al*, 2013**). La période de formation du grain et son remplissage se distingue parmi les phases les plus sensibles aux variations de la qualité d'alimentation hydrique de la plante et s'avère fortement impliquée dans l'élaboration du rendement chez le blé dur. L'importance de l'alimentation hydrique par sa quantité et sa qualité durant ce stade se justifie par son implication dans les processus de formation des différentes enveloppes et les tissus des réserves et le dépôt des nutriments lors de son remplissage. En effet, la division cellulaire, la synthèse des photoassimilats, leur translocation et leur polymérisation est conditionnée par la qualité de la nutrition hydrique (**SLAMA *et al*, 2005 ; SAMARAH *et al*, 2011**).

L'efficacité de la lutte contre les effets de la sécheresse dépend de la nature des solutions apportées. L'application d'irrigation d'appoint s'annonce judicieuse, mais elle demeure une pratique difficilement accessible par les exploitations agricoles, où les ressources hydriques se raréfient de plus en plus.

Une seconde alternative basée sur la conduite d'un matériel végétal tolérant au déficit hydrique, constitue une alternative justifiable. Cependant, la création de ce matériel repose inévitablement sur l'étude des mécanismes impliqués dans cette tolérance et la détermination des critères les conditionnant. Ces paramètres se rapportent aux caractéristiques des différents organes fonctionnels lors de ces processus. Ils concernent essentiellement ceux assurant la photosynthèse courante et sont représentés par tous les organes situés au dessus du dernier nœud, telle la feuille culinaire, le col de l'épi, la barbe et les enveloppes du grain. Les organes impliqués dans la translocation des réserves se rapportent à ceux végétatifs

caulinaires fonctionnels durant les périodes antérieures à cette phase et la capacité de stockage des différents métabolites.

Le présent travail se fixe comme principal objectif de quantifier les effets de l'alimentation hydrique et des différents organes dans l'évolution d'installation des tissus de réserves du grain durant son remplissage. Pour réaliser ce présent travail, une variabilité génétique constituée de cinq (05) génotypes conduits sous trois régimes hydriques, a été adopté.

Le travail est présenté selon trois parties. Dans une première figure une synthèse des principaux travaux relatifs au sujet traité. Dans une seconde partie sont exposées les démarches et les méthodes expérimentales utilisées. Enfin , la dernière partie est réservée à la présentation des résultats obtenus ainsi que leur discussion

Partie 01 :

Recherche bibliographique

Chapitre I : Généralité sur la plante

1. Historique, origine et classification

Le blé est l'une des premières espèces cueillies et cultivées par l'homme, depuis plus de 7000 à 10000 ans, dans le Croissant Fertile, zone couvrant la Palestine, la Syrie, l'Irak et une grande partie de l'Iran (**CROSTON et WILLIAMS, 1981**).

Historiquement le blé dur (*Triticum durum* Desf.) a été toujours cultivé dans les régions à climat de type méditerranéen, c'est une espèce connue depuis la plus haute antiquité (**MESTIRI et al.,2010; JAHIER et al., 2006**).

L'origine génétique du blé dur remonte au croisement entre deux espèces ancestrales *Triticum monococcum* et une graminée sauvage du nom de l'Aegilops speltoïdes. Le blé dur, *Triticum durum*, appelé ainsi en raison de la dureté de son grain, possède, à l'inverse des espèces ancestrales originaires de Syrie et de Palestine, $2n=4x=28$ chromosomes. Le nombre chromosomique de base, hérité du genre *Triticum monococcum* est désigné par A et celui dérivé de l'Aegilops est dénommé B, de sorte que *Triticum durum* a une garniture chromosomique désignée par AB (Fig.1) (**MESTIRI et al., 2010 ; FELDMAN et al., 2005**).

L'espèce *Triticum durum* s'est différenciée dans trois centres secondaires différents qui sont le bassin occidental de la Méditerranée, le sud de la Russie et le roche Orient. Chaque centre secondaire donna naissance à des groupes de variétés botaniques aux caractéristiques phénologiques, morphologiques et physiologiques particulières (**SIMON, 1989; MONNEVEUX, 1991**).

Cette diversification morphologique a été mise à profit en sélection notamment dans la recherche de gènes intéressants tels ceux qui contrôlent la résistance aux basses températures, plus présents chez les pôles Européens. Ceux qui contrôlent la durée du cycle (précocité aux stades épiaison et maturité), chez les pôles Syriens et Jordaniens et ceux contrôlant la grosseur et la vitrosité du grain, chez les pôles Méditerranéens (**MONNEVEUX, 1991**).

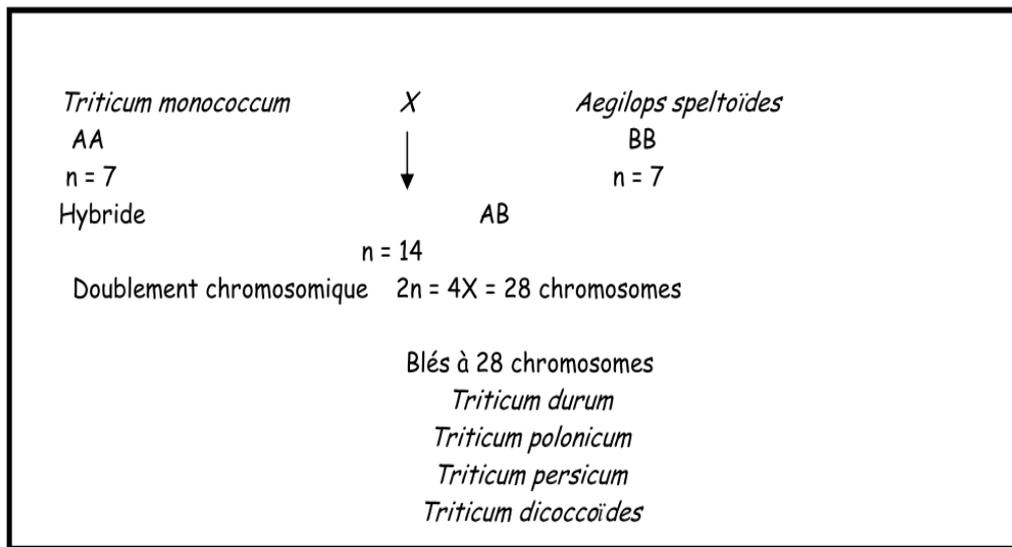


Figure 1: Origine génétique du blé dur (*Triticum durum* Desf.) (MESTIRI et al., 2010)

Le blé dur est une monocotylédone qui obéit à la classification détaillée est donnée par le tableau ci –dessous.

Tableau 1 : classification du blé dur (*Triticum durum* Desf.) (BONJEAN et PICARD E., 1990)

| | |
|---------------------------|----------------------------|
| Embranchement | Spermaphytes |
| Sous embranchement | Angiospermes |
| classe | Monocotylédones |
| Super ordre | Commeliniflorales |
| Ordre | Poales |
| famille | Graminacée |
| Tribu | <i>Triticeae</i> |
| Sous tribu | <i>Triticinae</i> |
| Genre | <i>Triticum</i> |
| Espèce | <i>Triticum durum</i> Desf |

2. Caractéristique morphologique ;

2.1. La morphologie du blé

Le blé se présente d'abord comme une plante herbacée, dont l'appareil végétatif se caractérise par un :

2.1.1. Appareil racinaire

L'appareil racinaire du type fasciculé peu développé. 55% du poids total des racines se trouve entre 0 et 25 cm de profondeur, 17,5% entre 25 et 50 cm, 14,9% entre 50 et 75%, 12% au-delà. En terre très profond (sols de limon), les racines descendent jusqu'à 1,50 mètre. **(SOLTNER, 2005).**

2.1.2. Tige et feuille

La tige ne commence vraiment à prendre son caractère de tige qu'au début de la phase végétative, la tige en quelque sorte télescopée à partir d'un massif cellulaire qui forme le plateau de tallage. La tige elle-même ou chaume s'allonge considérablement à la montaison, et porte 7 ou 8 feuilles rubanées, engainantes sur toute la longueur d'un entre nœud **(BOULAL et al., 2007).**

Les feuilles ont des nervures parallèles et sont terminées en pointe.

2.1.3. Épi

Il est issu du bourgeon terminal du plateau de tallage. Lorsque le développement de la tige est terminé, l'épi apparaît enveloppé dans la dernière feuille, et après quelques jours on peut étudier sa structure en détail. C'est l'épiaison. L'épi comporte une tige pleine ou rachis coudée et étranglée à intervalles réguliers et portant alternativement à droite et à gauche un épillet **(GATE, 1995).**

2.1.4. Épillets

Ne comportent pas de pédoncule il est attaché directement sur le rachis. Les épillets nombreux (jusqu'à vingt-cinq). Ils représentent Petits groupes de fleurs, inséré sur l'axe de l'épi. Il est protégé à sa base par deux glumes (bractées), les fleurs sont protégées par des glumelles et des glumelles. Après la fécondation, la fleur donne naissance à un fruit unique, le caryopse ou grain, qui comporte un embryon ou germe plaqué sur les réserves **(Clément 1971 ; ALI DIB et al., 1992).**

3. Phases de développement ;

3.1. La période végétative :

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

3.1.1. Une phase germination – levée ;

La germination commence quand le grain absorbe environ 30 % de son poids d'eau. Les téguments se déchirent, la racine principale, couverte d'une enveloppe appelée «Coleorhize » apparaît, suivie par la sortie de la première feuille qui amorcent la photosynthèse, couverte d'une enveloppe appelée « Coléoptile » qui protège la sortie de la première feuille fonctionnelle. La levée se fait réellement dès la sortie des feuilles à la surface du sol. Au sein d'un peuplement, la levée est atteinte lorsque la majorité des lignes de semis sont visibles (**GATE, 1995**). Durant la phase semis levée, l'alimentation de la plante dépend uniquement de son système racinaire primaire et des réserves de la graine.

Les principaux facteurs édaphiques qui interviennent dans la réalisation de cette phase sont, la chaleur, l'aération et l'humidité (**ELIARD, 1979**), Les caractéristiques propres à la graine comme la faculté germinative et la quantité de réserves (taille des graines) jouent aussi un rôle déterminant.

3.1.2. Une phase levée –début tallage :

On peut distinguer pendant cette phase à travers la coleoptile, L'apparition de ces talles se fait à un rythme régulier égal à celui de l'émission des feuilles. A partir des bourgeons situés à l'aisselle des talles primaires initiées à la base du brin maître, les talles secondaires peuvent apparaître et être susceptibles d'émettre des talles tertiaires. Le nombre de talles produites dépend de la variété, du climat, de l'alimentation minérale et hydrique de la plante, ainsi que de la densité de semis (**MASLEMEYNARD, 1980**).

La nutrition minérale notamment azotée est faible jusqu'au stade 2-3 feuilles car elle est satisfaite par les ressources de la graine et l'azote minéral présent dans le sol. Le facteur nutritionnel peut modifier la vitesse du tallage herbacé, la durée du tallage et le nombre de talles (**AUSTIN et JONES, 1975**). Quand le tallage est excessif, les besoins en eau sont très importants, alors que la plupart des talles restent stériles (**BELAID, 1987**).

La fin du tallage représente la fin de la période végétative, elle marque le début de la phase reproductive, conditionnée par la photopériode et la vernalisation qui autorisent

l'élongation des entre-nœuds (**GATE, 1995**).

Début de la phase reproductive, conditionnée par la photopériode et la vernalisation qui autorisent l'élongation des entre-nœuds (**GATE, 1995**).

3.1.3. La phase début tallage_ début montaison

La différenciation des épillets se poursuit par étranglements successifs du cône formateur de l'épi. Les talles herbacées se forment activement (**CLEMENT et PRATS, 1970**).

3-2. La période reproductrice ;

Elle s'étend de la montaison à la floraison ;

3.2.1. Une phase de formation des ébauches;

Elle se manifeste à partir du stade épi à 1 cm, c'est la fin du tallage herbacé, elle est caractérisée par l'allongement des entre-nœuds et la différenciation des pièces florales. A cette phase, un certain nombre de talles herbacées commence à régresser alors que, d'autres se trouvent couronnées par des épis.

Pendant cette phase de croissance active, les besoins en éléments nutritifs notamment en azote sont accrus (**CLEMENT et PRATS, 1970**). La montaison s'achève à la fin de l'émission de la dernière feuille et des manifestations du gonflement que provoquent les épis dans la gaine.

3.2.2. Une phase de l'épiaison – floraison :

La durée de cette phase est d'environ 32 jours, Elle est marquée par la méiose pollinique et l'éclatement de la gaine avec l'émergence de l'épi. C'est au cours de cette phase que s'achève la formation des organes floraux (l'anthèse) et s'effectue la fécondation.

Cette phase est atteinte quand 50 % des épis sont à moitié sortis de la gaine de la dernière feuille (**GATE, 1995**). Elle correspond au maximum de la croissance de la plante qui aura élaboré les trois quarts de la matière sèche totale et dépend étroitement de la nutrition minérale et de la transpiration qui influencent le nombre final de grains par épi (**MASLE, 1980**).

3.2.1. La période de maturation ;

Concerne les stades de grossissement des grains puis de maturation de ces mêmes grains.

3.3.1.1. Le Grossissement du grain :

Cette phase marque la modification du fonctionnement de la plante qui sera alors orientée vers le remplissage des grains à partir de la biomasse produite. Au début, le grain s'organise, les cellules se multiplient. Les besoins des grains sont inférieurs à ce que fournissent les parties aériennes (plus de 3/4 de la matière sèche sont stockés au niveau des tiges et des feuilles). Par la suite, les besoins augmentent et le poids des grains dans l'épi s'élève, alors que la matière sèche des parties aériennes diminue progressivement. Seulement 10% à 15% de l'amidon du grain peut provenir de réserves antérieures à la floraison (**BOULELOUAH, 2002**). A l'issue de cette phase, 40 à 50 % des réserves se sont accumulées dans le grain qui, bien qu'il ait atteint sa taille définitive, se trouve encore vert et mou, c'est le stade «grain laiteux ».

L'autre partie des réserves se trouve encore dans les tiges et les feuilles qui commencent à jaunir.

3.3.1.2. L'accumulation des réserves :

Les réserves du grain proviennent en faible partie de la photosynthèse nette qui persiste dans les dernières feuilles vertes. Chez les variétés tardives, cette quantité est de 12 % contre 25 % chez les précoces. La majeure partie des réserves accumulées vient des tiges et les feuilles jaunissantes, mais non encore desséchées.

3.3.1.3. La dessiccation :

La phase de maturation succède au stade pâteux (45 % d'humidité). Elle correspond à la phase au cours de laquelle le grain va perdre progressivement son humidité en passant par divers stades (**GATE, 1995**). Elle débute à la fin du palier hydrique marqué par la stabilité de la teneur en eau du grain pendant 10 à 15 jours. Au-delà de cette période, le grain ne perdra que l'excès d'eau qu'il contient et passera progressivement aux stades « rayable à l'angle» (20 % d'humidité) puis, « cassant sous la dent» (15-16 % d'humidité).

Chapitre II : Le grain de blé

1. Le grain de blé :

Le grain de blé est un akène d'un type spécial. Le tégument de la graine et la paroi du fruit sont soudés en un tégument unique si bien que le grain de blé, tout en étant un vrai fruit, présente l'aspect d'une simple graine. Ce fruit sec qui est appelé caryopse est caractéristique des graminées. L'essentiel du grain est constitué par un organe de réserve appelé albumen formé d'amidon et de plus ou moins de gluten : chez les blés tendres l'albumen est pauvre en gluten, chez les blés durs l'albumen est plus riche en gluten. La plantule qui n'occupe qu'une petite partie du grain n'est formée que d'un seul cotylédon. Elle comprend la radicule et la gemmule logées dans des étuis. Radicule et gemmule s'allongent et percent les étuis pour donner les racines et la tige. La tigelle embryonnaire ne s'allonge pas et le grain qui ne lève pas reste dans le sol (**BARRON et al., 2012 ; SRAMKOVA et al., 2009**).

2. La composition de la graine

La graine de blé comporte trois parties distinctes (**FEILLET, 2000**).

2.1. L'albumen :

De 80 à 85% du grain, constitué de l'albumen amylicé (au sein duquel subsistent des cellules remplies de granules d'amidon dispersés au milieu d'une matrice protéique) et de la couche à aleurone. C'est l'albumen qui donnera la farine (**SRAMKOVA et al., 2009**).

2.2. Les enveloppes :

La graine et du fruit (13 à 17% du grain), constituées de six tissus différents : épiderme du nucelle, tégument séminal ou testa (enveloppe de la graine), cellules tubulaires, cellules croisées, mésocarpe et épicarpe. Les enveloppes sont éliminées pendant la mouture et deviennent les sons (**BARRON et al., 2012 ; SRAMKOVA et al., 2009**).

2.3. Le germe :

De 3% du grain, c'est l'ébauche de [a future plante. Il est riche en protéines et en Lipides et contient également des minéraux, des vitamines et des sucres solubles, composé d'un embryon (lui-même formé de coléoptile, de la gemmule, de la radicule, du coléorhize et de la coiffe) et du scutellum. Il est éliminé à la mouture pour éviter le rancissement et augmenter la durée de conservation (**BRANLARD et al., 2012**),

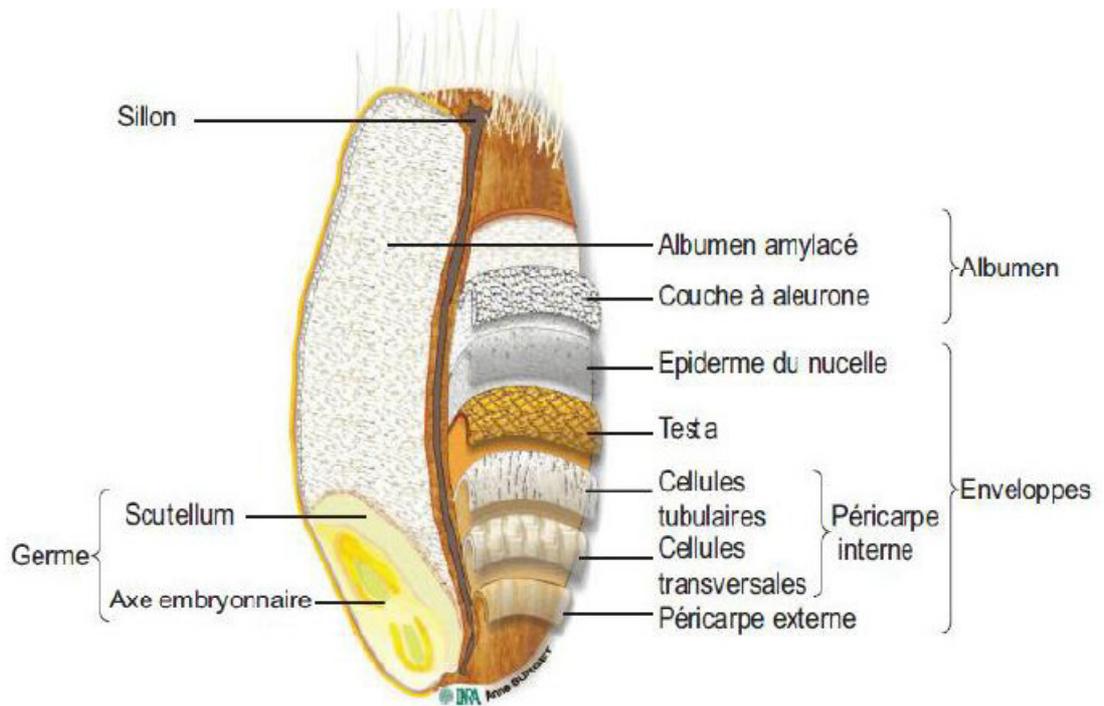


Figure 2 : Anatomie schématique du grain de blé (**BARRON et al., 2012**)

Chapitre III : le stress hydrique

1. Notion de stress hydrique et sécheresse

Selon les définitions le stress chez les plantes apparaît avec des significations différentes en biologie, qui convergent principalement en attribuant le stress à n'importe quel facteur environnemental défavorable pour une plante (**LEVITT, 1980**). Le stress hydrique a été défini comme une baisse ou un excès de la disponibilité de l'eau dans le milieu d'installation de telle culture, traduisant par une réduction de la croissance de la plante et/ou de sa reproduction par rapport au potentiel du génotype. La contrainte hydrique est le facteur où l'ensemble de facteurs ayant pour conséquence le stress. D'autres auteurs limitent la définition du stress aux seules conditions correspondant à une hydratation sub-optimale des tissus (**LAMAZE et al., 1994**)

En Agriculture, la sécheresse est définie comme un déficit marqué et soutenu des précipitations qui réduit significativement les productions agricoles (**MACKAY, 1986 ; WMO, 1990**). Chez le blé dur, la sécheresse est l'écart du bilan hydrique à sa valeur habituelle au cours de la période considérée (**ZAIR, 1991**).

Sur un plan plus opérationnel, on peut distinguer la sécheresse climatique, la sécheresse hydrologique et la sécheresse agronomique. La sécheresse climatique est généralement liée à l'insuffisance et à l'irrégularité des précipitations annuelles par rapport à une année normale. La sécheresse hydrologique est plus souvent en relation avec le dysfonctionnement des aquifères et des ressources en eaux souterraines.

Enfin la sécheresse agronomique résulte d'un déficit hydrique pouvant intervenir à des stades critiques de développement des cultures et affecte sérieusement les récoltes (**OUKARROUM, 2007**). La faiblesse et l'irrégularité des précipitations dans les pays du Maghreb sont des facteurs qui engendrent un risque d'apparition du déficit hydrique à n'importe quel moment du cycle du blé dur (**BENSEDDIK et BENABDELLI, 2000**).

En effet, il faut noter que cette espèce est confronté à plusieurs types de sécheresse qui l'affectent au cours de son cycle de développement, il s'agit de : la sécheresse au début de cycle végétatif et qui affecte l'installation de la culture ; la sécheresse au milieu de cycle végétatif et qui affecte principalement la fertilité des organes reproducteurs de la plante ; la sécheresse en fin de cycle végétatif qui affecte la formation et le remplissage du grain .

2. Influence de la sécheresse sur le développement et la productivité du blé dur ;

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**). Selon son intensité et sa date d'apparition au cours du cycle de développement, les blés subissent des déficits hydriques qui affectent plusieurs variables de la plante (**EL MOURID, 1988 ; EL FALAH et al., 1991 ; SAMARAH, 2005 ; TAMBUSSI et al., 2005**).

3. Influence de la sécheresse sur le développement racinaire du blé dur

La formation et la croissance des racines dépendent de la multiplication et l'expansion cellulaire et les conditions qui les régissent. Selon **LEPS (2000)**, les déficits hydriques longs se traduisent par des changements progressifs dans la structure de la plante.

La racine représente le premier organe de détection de stress hydrique et, en particulier, leur extrémité qui est le site principal pour une telle perception (**SHIMAZAKI et al., 2005**). Un consensus existe cependant sur le fait que les racines sont les organes dont la croissance est la moins affectée, par rapport aux parties aériennes, végétatives et reproductrices (**SOAR et LOVEYS, 2007**). Un système racinaire capable d'extraire l'eau du sol est une caractéristique essentielle pour la résistance à la sécheresse. Cette caractéristique revêt une importance particulière sur les cultures qui subissent régulièrement des déficits hydriques de fin de cycle (**KHALFAOUI, 1990 ; SUBBARAO et al., 1995**).

4. Adaptation des plantes au stress hydrique

L'adaptation se définit comme la capacité d'une plante à croître et à donner des rendements satisfaisants dans des zones sujettes à des stress de périodicités connues. Selon **BERTHET (2006)**, l'adaptation c'est la modification d'une structure ou d'une fonction, ou processus de modification d'une structure ou d'une fonction, dont on peut supposer ou démontrer qu'il est favorable à la survie de l'individu ou à sa multiplication dans un milieu donné.

5. Stratégies d'adaptation de la plante au stress hydrique :

La stratégie appliquée en amélioration variétale, pour réduire des effets des stress, consiste à raccourcir la durée du cycle de la variété. La phénologie rythme le développement de la plante et ajuste le cycle végétatif de manière à l'assortir aux conditions optimales de croissance de l'environnement de production (**BOUZERZOUR et al. 1998**).

5.1. L'esquive

L'esquive est une adaptation à l'environnement qui permet aux plantes d'éviter les périodes critiques pour leur bon développement. Les agriculteurs utilisent cette stratégie des plantes pour placer le cycle cultural pendant des périodes où les conditions sont favorables. Il s'agit, par exemple, d'éviter les cultures d'été ou de développer des variétés à cycle de développement plus court dans le but d'éviter les périodes de l'année les plus stressantes pour les plantes. L'esquive ne peut se raisonner qu'à l'échelle de l'exploitation agricole et des systèmes de culture.

La précocité à l'épiaison et à maturité est un mécanisme important d'esquive de la sécheresse tardive (**HADJICHRISTODOULOU, 1987**). Chaque jour de gagnée en précocité génère un gain de rendement variant entre 30 et 85 kg/ha (**FISCHER et MAURER, 1978**).

La précocité a joué un rôle très important dans la stabilité des rendements des blés dans les grandes plaines semi-arides, caractérisées par des températures excessives et des vents chauds et desséchants lors de la période de remplissage du grain (**SHARMA et SMITH, 1986**). En milieu où le gel tardif est une contrainte à la production des céréales, une précocité excessive n'est d'aucune utilité, au contraire, elle risque d'être une source d'instabilité des rendements en grains. Une précocité modérée peut cependant constituer un avantage lors de la reprise de la croissance après un bref stress (**BOUZERZOUR et al. 1998**).

5.2. Evitement à la déshydratation

L'évitement permet aux plantes de limiter les effets du stress, grâce à des adaptations comme le flétrissement, ou encore l'enroulement des feuilles. Cette stratégie permet la survie au dépend de la productivité (**MEKLIICHE et al., 2003**).

5.3. Tolérance à la déshydratation

La Tolérance permet à la plante d'assurer normalement ses fonctions physiologiques malgré une dégradation de son état hydrique interne consécutive à la sécheresse. Sur le plan agronomique où la préservation de l'état productif est primordiale dans le mécanisme d'adaptation à la sécheresse, seuls les mécanismes d'esquive et de maintien de l'absorption d'eau présentent un intérêt (**MEGHREBI et al., 2013**).

Partie 02 :

Partie Expérimentale

II. Matériels et méthodes

1. Objectif de travail

Le travail présenté tente à évaluer les variations structurales de la graine des 5 variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) cultivés sous trois régimes hydriques différents (100%CC, 60%CC, 30%CC).

2. Matériel végétal :

Le matériel végétal utilisé est constitué de 5 génotypes de blé dur, le choix de ces génotypes est géré par l'origine, le degré de tolérance à la sécheresse et la durée du cycle de développement

Tableau 02: Les caractéristiques des génotypes utilisés

| Nom du génotype | Origine | Tolérance à la sécheresse | Cycle végétative |
|-----------------|---------|---------------------------|------------------|
| WAHA | ICARDA | Elevée | Précoce |
| ACSAD1361 | ACSAD | Faible | Semi-tardif |
| MEXICAL75 | CIMMYT | Moyen | Précoce |
| OUAD ZENATI | LOCALE | Moyen | Tardif |
| LANGLOIS | LOCALE | Elevée | Tardif |

3. Condition de l'expérimentation

L'expérimentation est réalisée au niveau d'une serre en verre de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'Université IBN KHALDOUN de Tiaret (2018/2019).

3.1 Mode de conduite et application de déficit hydrique

Les graines germées sont repiquées dans des cylindres de 120 cm de longueur et 16 cm de diamètre, remplis d'un substrat homogène composé de sable, sol et terreau à des proportions respectives de 8 : 3 : 1 avec une capacité de rétention environ 28% à raison de 4 plantes par cylindre.



Figure 3: La germination et le repiquage des graines étudiées

3.2 Mode de culture

Le dispositif expérimental adopté est en randomisation total, il comporte trois traitements hydriques. Un lot témoin (SDH) conduit à un régime d'irrigation de 100% de la capacité au champ et deux autres traitements ayant subi des déficits hydriques progressifs de 60% (ADH1) et 30% (ADH2) de la capacité au champ au début de stade de montaison. L'eau d'irrigation est substituée 3 fois au long du cycle de développement de la plante par une solution nutritive de type ACTIVEG puissance20. Au niveau de chaque traitement hydrique, chacun des 5 génotypes est répété 6 fois.



Figure 4: photo de dispositif expérimentale au stade fin tallage

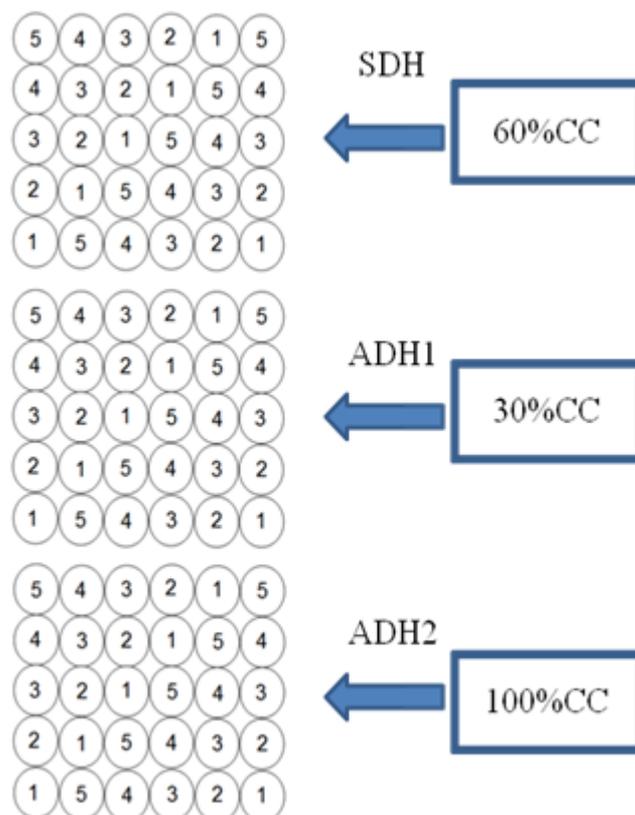


Figure 5 : Le dispositif expérimental (100%, 60% et 30% de la capacité) adopté, 1-WAHA, 2-ACSAD1361, 3-MEXICALI75, 4-OUED ZENATI, 5- LANGLOIS.

4. Les mesures effectuées

4.1. La teneur relative en eau

La teneur relative en eau est déterminée selon la méthode de **SANGAKKARA et al., (1996)**. Les feuilles excisées à la base sont immédiatement pesées, c'est le poids initial (P_i) elles sont ensuite introduites dans des tubes à essai contenant de l'eau distillée et placées à une température de 4°C pendant 24 heures à l'abri de la lumière.

Les feuilles sont retirées, délicatement essuyées par un papier buvard et pesées à nouveau, c'est le poids en pleine turgescence (P_{pt}), le poids sec des feuilles (P_s) est déterminé par passage à l'étuve à une température de 80°C pendant 48h. la teneur relative en eau est déterminée par la formule suivante :

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

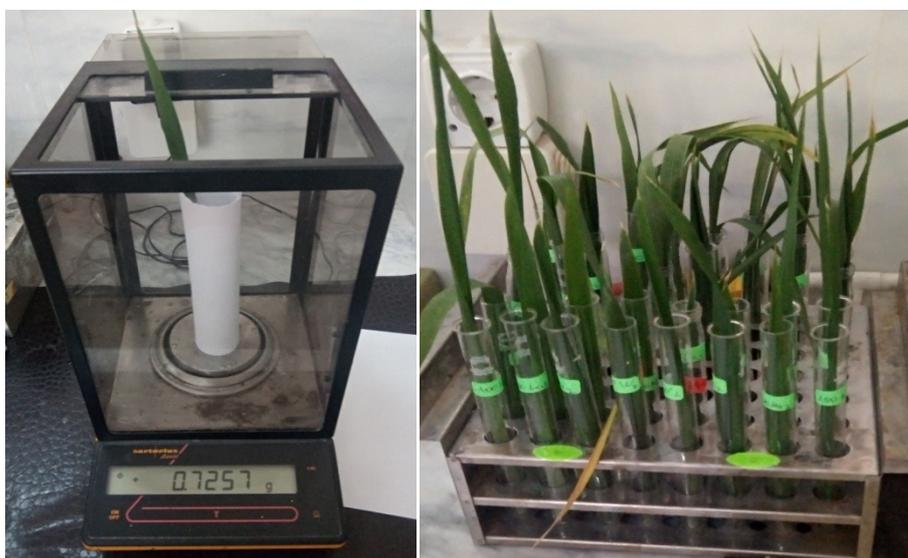


Figure 6 : prélèvement et pesée des feuilles pour la détermination de TRE

4.2. Prélèvement des empreintes de la feuille étandard

Des empreintes épidermiques sont réalisées sur la partie médiane du limbe de la 2ème, 3ème et 4ème feuille à la fin de son formation, au niveau des deux faces, supérieure et inférieure. La partie médiane a été nettoyée des poils et de cires par un ruban adhésif. Une couche de vernis à angle transparent a été appliquée, elle a été retirée après le séchage à l'aide d'un ruban adhésif transparent collée sur une lame de microscope.

Les observations et les mesures sont faites à l'aide d'un microscope assisté par ordinateur pour le comptage du nombre de stomates par unité de surface.

Ensuite les mesures portées sur :

- 1- la densité stomatique
- 2- la longueur et le diamètre des stomates dans la face inférieure et supérieure de la feuille
- 3- la longueur et le diamètre de l'ostiole dans la face inférieure et supérieure de la feuille

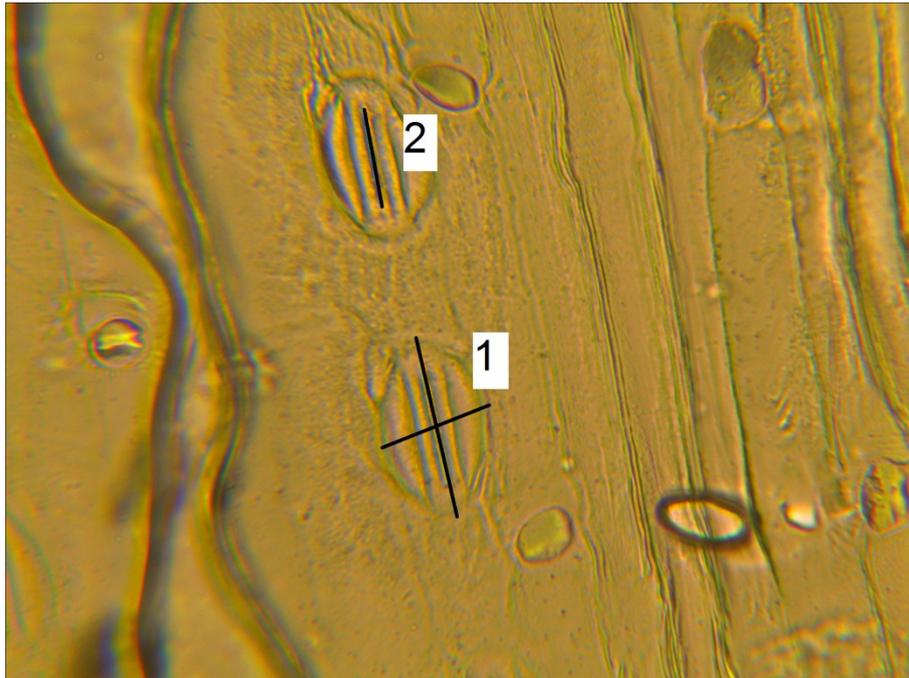


Photo 1 : les démentions des stomates, 1 : longueur et diamètre des stomates, 2 : longueur de l'ostiole (photo original) (Gx40)

4.3. Les mesures anatomiques de la graine

Une cinétique de prélèvements des graines à été réalisé après 12 jours de l'anthèse (début de formation des tissus de réserves au niveau de la graine). Immédiatement trompé dans un fixateur constitué d'un mélange d'éthanol et acide acétique (17 ; 3), pendant 24 heures. Les échantillonnes sont ensuite lavés avec l'eau courante pendant un temps égal à la durée de fixation. Après lavage, les échantillons sont déshydratés pas un passage dans des bains d'éthanol à concentrations croissantes (50°, 70°,100°) pendant 10 mn dans chaque bain. Les échantillons sont ensuite dispersés sous une binoculaire et colorés. Avec un microscope de vidéo muni d'un micromètre et logiciel de calcul de distances,

Les mesures sont portés sur :

- le diamètre des granules d'amidon
- Le diamètre de la couche d'albumen
- Le diamètre de la couche d'aleurone et les téguments de la graine

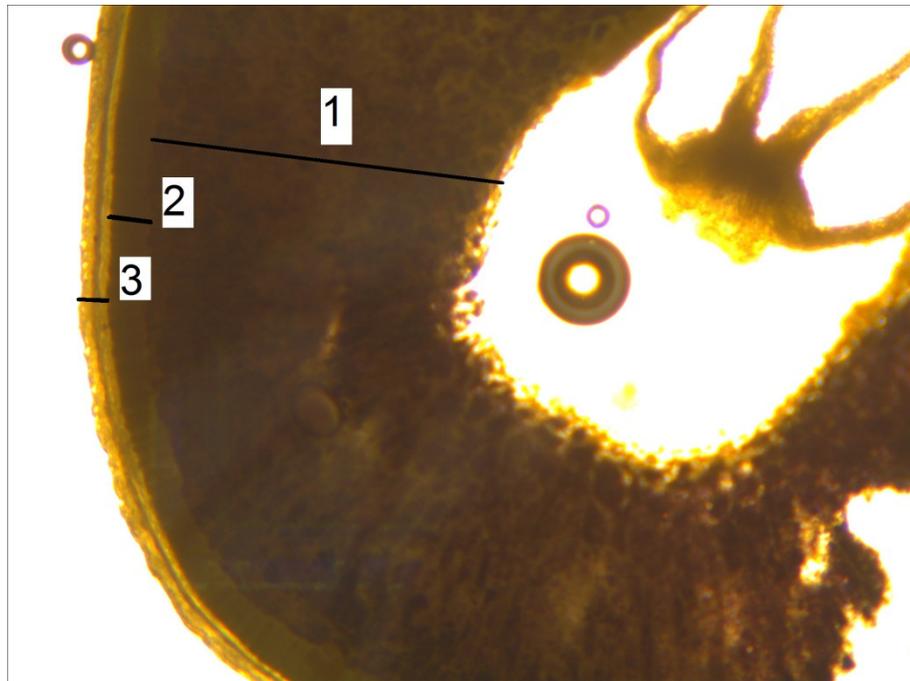


Photo 2 : coupe au niveau de la graine en formation, 1 : diamètre de l'albumen, 2, diamètre de la couche d'aleurone, 3 : diamètre des téguments (photo original) (Gx4)

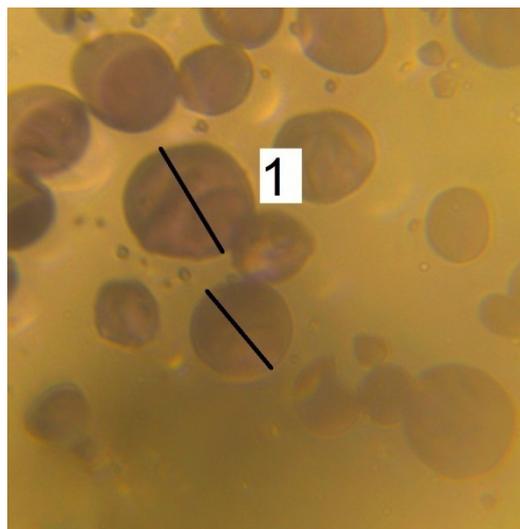


Photo 3 : diamètre des granules d'amidon (photo original) (Gx40)

5. Analyse statistique

Les données des différents essais que comporte cette étude ont fait l'objet d'une analyse statistique (ANOVA et Corrélation) par STATISTICA Version 8.0.

Partie 03:

Résultats

III. Résultats

1. La teneur relative en eau

L'étude des résultats obtenus (Tab.03) démontre que les variations de la situation hydrique et la variabilité génétique étudiés ne permet aucune variation significative dans l'expression de ce paramètre ($p>0.05$). Cette constatation indique L'interaction entre ces facteurs d'étude ne permet aucune variation significative dans l'expression de ce paramètre ($p>0.05$).

Les résultats moyens obtenus (Tab.4) indiquent que dans le lot témoin (100%CC), les valeurs de la teneur relative en eau s'avèrent élevées et dépassent la limite de 90%. Dans les mêmes conditions, les données de la teneur relative en eau sont comprises entre des extrêmes de 90.18% (OUED ZENATI) et 95.78% (WAHA). L'application du déficit hydrique à une intensité de 60%CC s'est accompagnée d'une faible réduction de la teneur relative en eau, où les valeurs relevées vacillent entre 76.09% (OUED ZENATI) et 96.27% (WAHA). Au niveau du traitement conduit à 30%CC, les valeurs de la ce paramètre sont compris entre 91.02 chez WAHA et 95.89 chez MEXICALI75. Ces valeurs se prononcent élevés.

Tableau 03: l'analyse de la variance de la teneur relative en eau (TRE)

| Teneur relative en eau | | |
|-------------------------------|---------|----------|
| Sources de variation | Test F | P |
| Génotype | 1,975ns | 0,156343 |
| Situation hydrique | 1,768ns | 0,161441 |
| Génotype x situation hydrique | 1,480ns | 0,206167 |

ns : non significatif

Tableau 04 : Résultats moyens de la teneur en eau dans la dernière feuille chez les différents génotypes par les trois traitements hydriques (%)

| Traitement Génotypes | 100%CC | 60%CC | 30%CC |
|-------------------------|--------|-------|-------|
| WAHA | 95,78 | 96,27 | 91,02 |
| ACSAD1361 | 91,85 | 91,35 | 95,42 |
| MEXICALI75 | 94,16 | 91,11 | 95,89 |
| OUED ZENATI | 90,18 | 76,09 | 94,86 |
| LANGLOIS | 92,65 | 92,43 | 93,05 |

2. Paramètre de la feuille

2.1. La densité des stomates dans la face supérieure et inférieure de la dernière feuille

La densité de stomates par unité de surface est déterminée sur les deux épidermes de la feuille, supérieure et inférieure. L'analyse des résultats (Tab.5) indique que ces paramètres sont grandement conditionnés par la variabilité testée ($P < 0.001$). Les variations du régime hydrique présente un effet hautement significatif sur la densité des stomates au niveau de la face supérieure ($P < 0.001$) que la face inférieure de la feuille ($p > 0.05$).

Au niveau de l'épiderme supérieur et à l'échelle du lot irrigué (Tab.6), le génotype LANGLOIS inscrit les plus hautes densités avec des valeurs respectives de 84 stomates par unité de surface. Les plus faibles valeurs sont données par le génotype MEXICALI75 avec une valeur de 56 stomates par unité de surface, dans les mêmes conditions, au niveau de la face inférieure, les valeurs sont comprises entre 36 (LANGLOIS) et 88 (OUED ZENATI).

A travers ces résultats, il se démontre que l'application du déficit hydrique de 60%CC s'est soldée par une nette augmentation du nombre de stomates au niveau de l'épiderme supérieure avec 104 stomate par unité de surface chez MEXICALI75 ET 100 stomates par unité de surface chez OUED ZENATI.

Dans la face inférieure, les valeurs de stomate par unité de surface, au niveau du traitement hydrique de 60%CC, sont comprises entre 47.93 et 59.54 chez MEXICALI75 et LANGLOIS respectivement.

Dans traitement conduit en 30%CC, la densité des stomates au niveau de la face supérieure fluctue entre 81.32 (MEXICALI75) et 89.31 (WAHA).

Sur la face inférieure (Tab.06), la densité des stomates fluctue entre 40.66 constatée chez LANGLOIS et 70.44 extériorisée par MEXICALI75.

Tableau 05 : l'analyse de la variance de la densité des stomates

| | La densité stomatique | |
|--------------------|-----------------------|-----------------|
| | Face supérieure | Face inférieure |
| Situation hydrique | 26,514*** | 0,673ns |
| Génotype | 26,353*** | 11,566*** |
| S*G | 30,423*** | 8,036*** |

*** : significatif à ($P < 0.001$), ns : non significatif

Tableau 06 : des résultats moyens de la densité des stomates
(Nombre de stomate /unité de surface)

| | Face supérieure de la feuille | | | Face inférieure de la feuille | | |
|-------------|-------------------------------|----------|---------|-------------------------------|-------|-------|
| | 100%CC | 60%CC | 30%CC | 100%CC | 60%CC | 30%CC |
| WAHA | 66,8054 | 47,1994 | 89,3159 | 43,57 | 53,01 | 61,96 |
| ACSAD1361 | 59,5439 | 62,9326 | 66,8054 | 39,94 | 54,46 | 51,31 |
| MEXICALI75 | 56,6393 | 104,0808 | 81,3283 | 60,03 | 47,93 | 70,44 |
| OUED ZENATI | 68,2577 | 100,2081 | 85,6851 | 88,11 | 57,12 | 60,03 |
| LANGLOIS | 84,2329 | 66,0792 | 81,3525 | 36,31 | 59,54 | 40,66 |

2.2. Les paramètres micro-morphologiques de la dernière feuille

2.2.1. La face supérieure

2.2.1.1. Les dimensions des stomates et l'ostiole de la face supérieure

L'analyse des résultats (Tab.07), révèle un taux de variation de la longueur et le diamètre de stomates important sous l'effet de régime hydrique adopté ($P < 0.01$). Au niveau du lot témoin (100%CC), La longueur des stomates varient entre 42.40 μm et 54.08 μm chez WAHA et Mexicali75 respectivement. Suivant les résultats moyens dégagés de ces dimensions, au niveau du lot 60%CC, il en ressort d'une faible réduction des grandeurs de la longueur des stomates. Ces valeurs fluctuent entre 40.81 μm (MEXICALI75) et 57.76 μm (WAHA).

Dans le lot conduit à 30%CC, une nette diminution de la longueur des stomates est trouvée chez l'ensemble des génotypes étudiées (Tab.08).

Concernant le diamètre des stomates, Au niveau du lot témoin (100%CC), La valeur de ce paramètre varient entre 20.79 μm et 30.14 μm chez OUED ZENATI et ACSAD1361 respectivement. Au niveau du lot 60%CC, une faible réduction des diamètres des stomates. Ces valeurs varient entre 22.39 μm (MEXICALI75) et 23.91 μm (ACSAD1361).

Au niveau du lot conduit à 30%CC, les valeurs obtenues vacillent entre 21.85 μm enregistré par WAHA et 29.36 μm donnée par le génotype MEXICALI75.

Concernant la longueur de l'ostiole (tab.08), et dans le lot témoin, les grandeurs de ce paramètres oscillent entre une valeur maximale de 28.26 μm chez WAHA, et une valeur minimale de 26.82 μm chez ACSAD1361.

Dans le lot conduit à 60%CC, les valeurs sont comprises entre 25µm donnée par le génotype MEXCICALI75 et 35.63µm enregistré par le génotype OUED ZENATI.

Tableau 07: Analyse de la variance des paramètres micro-morphologiques de la dernière feuille (face supérieure)

| Les paramètres étudiées \ Les facteurs de variations | Longueur des stomates | Diamètre des stomates | Longueur de l'ostiole |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Situation hydrique | 10.581** | 3.616** | 11.020** |
| Génotype | 1.222ns | 0.509ns | 0.611ns |
| S*G | 3.490** | 2.003ns | 3.682** |

** : significatif à (P<0.01), ns : non significatif

Tableau 08: Les résultats moyens des paramètres micro-morphologiques de la feuille (face supérieure) (µm)

| Génotype | situation hydrique | longueur de stomate | Diamètre de stomate | Longueur de l'ostiole |
|-------------|--------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| ACSAD1361 | 30%CC | 46,66 | 26,57 | 28,62 |
| | 60%CC | 52,53 | 23,91 | 32,84 |
| | 100%CC | 46,03 | 30,14 | 26,82 |
| LANGLOIS | 30%CC | 45,21 | 23,88 | 24,03 |
| | 60%CC | 52,53 | 23,66 | 27,04 |
| | 100%CC | 50,43 | 27,25 | 31,90 |
| MEXICALI75 | 30%CC | 42,00 | 29,36 | 26,92 |
| | 60%CC | 40,81 | 22,39 | 25,00 |
| | 100%CC | 54,08 | 26,40 | 32,50 |
| OUED ZENATI | 30%CC | 43,05 | 29,05 | 23,79 |
| | 60%CC | 52,71 | 22,73 | 35,63 |
| | 100%CC | 52,38 | 20,79 | 28,04 |
| WAHA | 30%CC | 36,13 | 21,85 | 19,16 |
| | 60%CC | 57,76 | 22,88 | 33,60 |
| | 100%CC | 42,40 | 31,48 | 28,26 |

2.2.2. La face inférieure

2.2.2.1. Les dimensions des stomates et l'ostiole de la face inférieure

L'analyse des résultats obtenus à travers l'estimation de la longueur et le diamètre des stomates révèle que leurs élaboration reste toutefois conditionnée par les variations de régime hydrique ($P < 0.01$) et ($P < 0.05$) respectivement (Tab.09). Les variations des génotypes au sein de la variabilité conduite ne provoquent aucune variation notable sur le diamètre de des stomates.

Ainsi, les résultats moyens obtenus (Tab.10) expose qu'au niveau de du traitement 100%CC, la longueur de stomate varie entre 40.24 μm dégagé par le génotype WAHA et 51.30 μm donné par le génotype LANGLOIS. Les mêmes tendances sont enregistrées par les génotypes conduits dans les conditions de 60 et 30%CC. Les grandeurs de ce paramètre se limitent entre 39.53 μm (MEXICALI75) et 49.57 μm (OUED ZENATI) et entre 39.44 μm (WAHA) et 46.06 (OUED ZENATI) respectivement.

Concernant le diamètre des stomates, Au niveau du lot témoin (100%CC), les valeurs sont comprises entre 22.01 μm et 27.22 μm chez WAHA et MEXICALI75 respectivement. Au niveau du lot 60%CC, Ces valeurs varient entre 20.61 μm (MEXICALI75) et 24.42 μm (ACSAD1361).

Dans le lot conduit à 30%CC, les valeurs obtenues oscillent entre 22.50 μm enregistré par WAHA et 26.53 μm donnée par le génotype ACSAD1361. Ainsi, pour la longueur de l'ostiole (Tab.10), les grandeurs de ce paramètres sont a la hauteur de 30 μm maximum dans les trois régimes hydriques adoptés.

Tableau 09 : Analyse de la variance des paramètres micro-morphologiques de la dernière feuille (face inférieure)

| Les paramètres étudiées / Les facteurs de variations | Longueur des stomates | Diamètre des stomates | Longueur de l'ostiole | Diamètre de l'ostiole |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Situation hydrique | 6.807** | 3.771* | 11.168** | 6.478** |
| Génotype | 3.800** | 0.356ns | 1.883ns | 1.219ns |
| S*G | 2.277** | 1.285ns | 1.224ns | 0.593ns |

** Significatif à ($P < 0.01$), * Significatif à ($P < 0.05$), ns : non significatif

Tableau 10: Les résultats moyens des paramètres micro-morphologiques de la feuille (face inférieure) (μm)

| Génotype | situation hydrique | longueur de stomate | Diamètre de stomate | Longueur de l'ostiole |
|-------------|--------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| ACSAD1361 | 30%CC | 41,10600 | 26,53603 | 27,05040 |
| | 60%CC | 46,42647 | 24,42093 | 27,07857 |
| | 100%CC | 47,93967 | 22,01550 | 30,68867 |
| LANGLOIS | 30%CC | 42,18890 | 24,99553 | 24,20903 |
| | 60%CC | 45,91297 | 20,72980 | 29,89870 |
| | 100%CC | 51,30710 | 26,43680 | 30,26183 |
| MEXICALI75 | 30%CC | 42,28553 | 23,80777 | 25,96663 |
| | 60%CC | 39,53907 | 20,61323 | 24,02097 |
| | 100%CC | 48,15373 | 27,22590 | 31,05310 |
| OUED ZENATI | 30%CC | 46,06897 | 25,66200 | 26,09013 |
| | 60%CC | 49,57593 | 22,58100 | 29,38347 |
| | 100%CC | 47,09423 | 23,63877 | 31,29793 |
| WAHA | 30%CC | 39,44243 | 22,50343 | 21,80793 |
| | 60%CC | 45,73920 | 21,55357 | 27,50323 |
| | 100%CC | 40,24930 | 24,09290 | 27,18517 |

3. Les paramètres anatomiques de la graine en formation

3.1. Le diamètre des granules d'amidon de blé dur

La diversité de taille des granules d'amidon est un critère important pour l'industrie. Les petits granules sont par exemple plus résistants aux influences externes et moins enclins aux transformations physico-chimiques. La répartition des granules d'amidon exerce une forte influence sur les propriétés physicochimiques et la fonctionnalité du blé dur.

Dans les premières phases de développement des granules d'amidon (fig.07), à 100%CC, la distribution des granules dans l'ensemble des génotypes présente une tendance similaire (Fig.07). Ces valeurs varient entre 0.015mm et 0.024mm chez OUED ZENATI et WAHA respectivement. Dans le deuxième prélèvement, les diamètres des granules s'annonce plus importants, la meilleur valeur est enregistré par le génotype WAHA avec 0.029mm. Dans le troisième prélèvement, la même tendance est enregistrée, les valeurs sont limitées entre 0.020mm (OUED ZENATI) et 0.032mm (WAHA).

Dans les conditions de déficit hydrique 60%CC et 30%CC, dans la première période, les grandeurs de ce paramètre varient entre 0.017mm (MEXICALI75) et 0.027mm (WAHA) et entre 0.013mm (LANGLOIS) et 0.024mm (ACSAD1361) respectivement.

L'accroissement des granules reste faible sauf chez le génotype LANGLOIS où les grandeurs sont de l'ordre de 0.013mm (1^{er} prélèvement), 0.015mm (2^{eme} prélèvement) et 0.023mm (3^{eme} prélèvement).

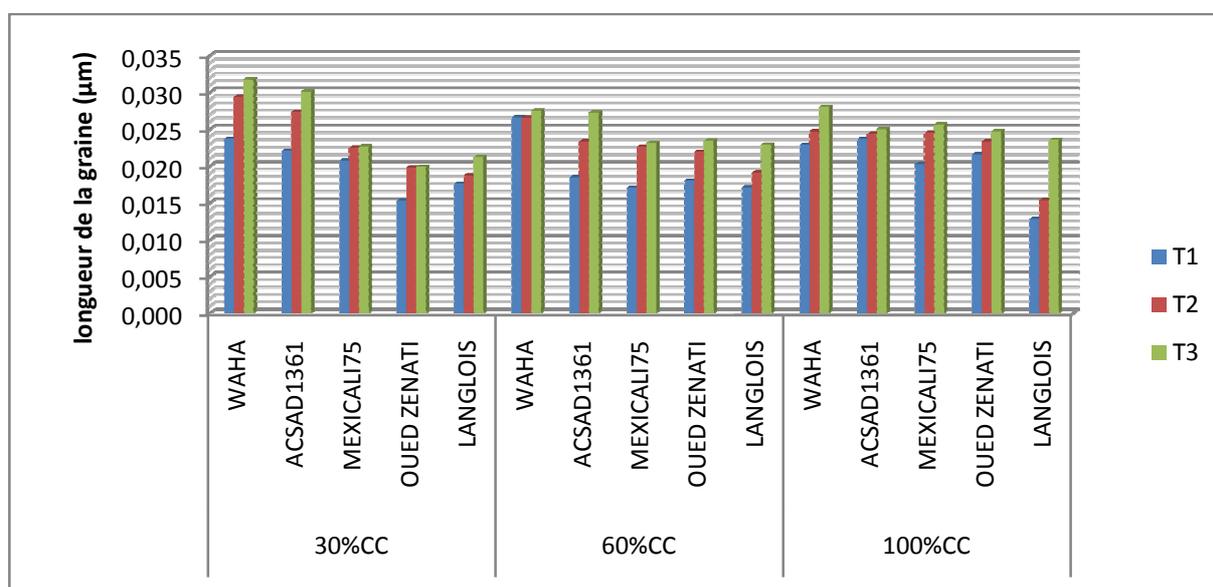


Figure 07 : La cinétique de l'évolution de diamètre des granules d'amidon en fonction de temps et le régime hydrique adopté

3.2. Le diamètre de la couche d'amidon

Concernant le volume occupé par l'albumen au niveau des grains, dans les conditions optimales (Fig.08), et dans la première période de prélèvement, les valeurs de ce paramètre varient entre 0.52mm donnée par MEXICALI75 et 0.89mm enregistré par ACSAD1361.

Au cours de deuxième prélèvement, les valeurs se prononcent très importantes chez les génotypes, WAHA, ACSAD1361 et MEXICALI75 avec des valeurs respectives de 1.02mm, 1.01mm et 0.99mm.

Dans le troisième prélèvement, la même tendance est enregistrée par les mêmes génotypes avec des valeurs respectives de 1.24mm, 1.14mm et 1.39mm respectivement et qui sont élevé.

De sont coté, ce paramètre présent des fortes variations dans les conditions déficientes, ainsi, dans le lot conduit a 60%CC, au cours de la 1^{ere} mesure, les valeurs oscillent entre 0.51mm donnée par OUED ZENATI et 0.94mm enregistré par ADCSAD136. Au cours de la deuxième mesure, les grandeurs de ce paramètre augment avec une faible acuité, et se limitent entre 0.83mm (MEXICALI75) et 0.98mm (WAHA). Au cours de la 3^{eme} mesure, on constate une forte augmentation de diamètre de la couche d'albumen ou les plus hautes

valeurs sont données par les géotypes ACSAD1361 et MEXICALI75 avec 1.25mm et 1.35mm respectivement.

Dans les conditions de 30%CC, dans la première période de mesure, les grandeurs de ce paramètre sont limitées entre 0.54mm chez OUED ZENATI et 0.75mm chez MEXICALI75 qui demeurent faible.

Dans la deuxième période de mesure, les grandeurs de ce paramètre augment d'une façon importante, ainsi, chez le géotype MEXICALI75, est de l'ordre de 1.34mm.

Au cours de la troisième période de mesure, les valeurs de ce paramètre s'accroîtront plus rapidement, et se limitent entre 1.12mm (OUED ZENATI) et 1.48mm (MEXICALI75).

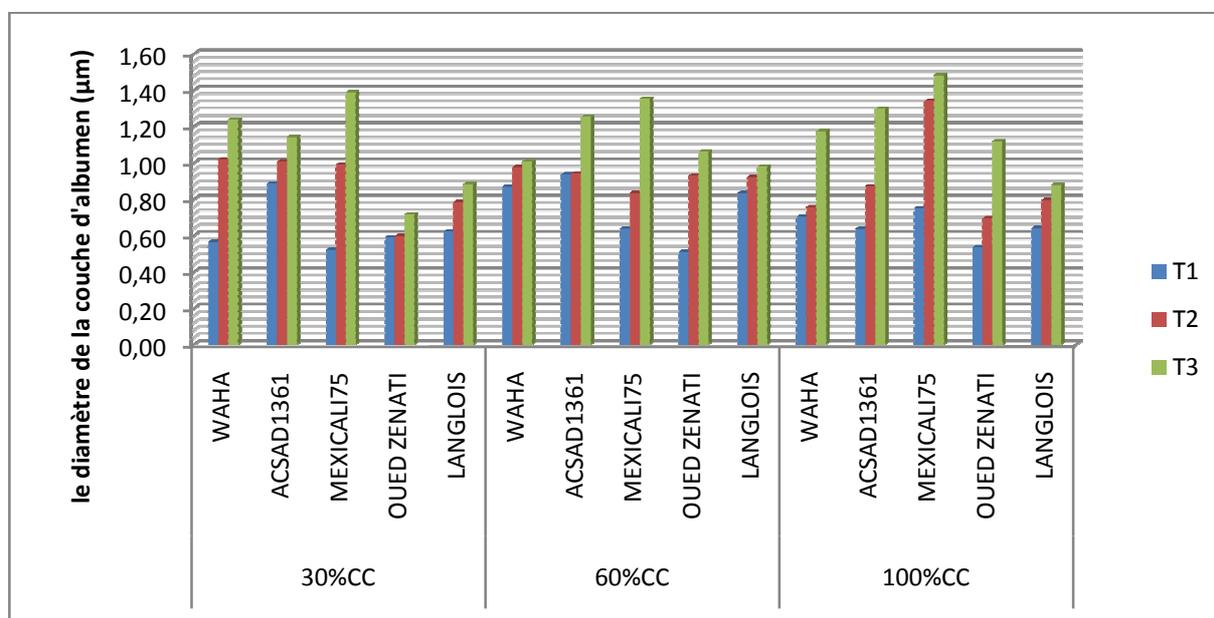


Figure 08: La cinétique de l'évolution de diamètre de l'albumen des grains de blé en fonction de temps et le régime hydrique adopté

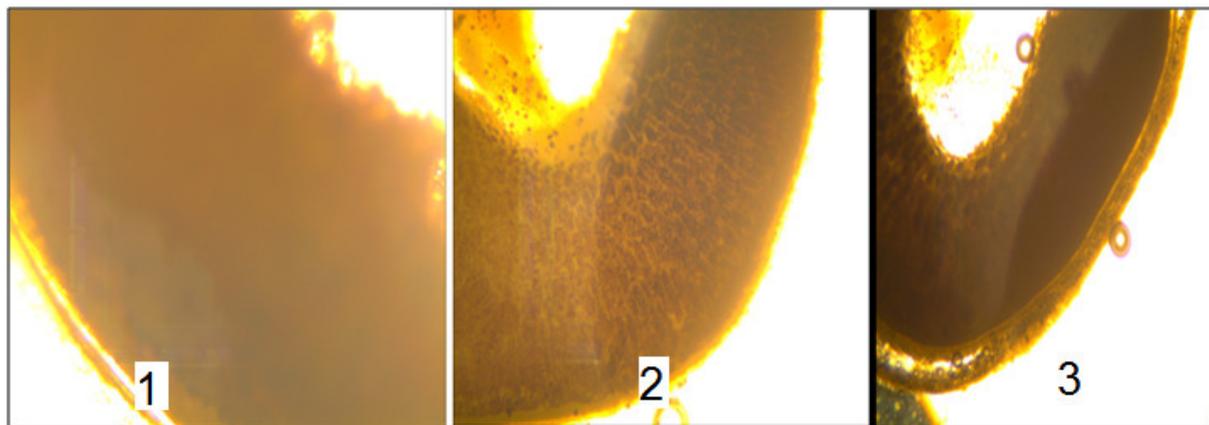


Photo 4: la variabilité de diamètre des grains chez le génotype WAHA dans les trois situations hydriques (100, 60 et 30%CC) (Gx10)

3.3. Le diamètre de la couche d'aleurone et les téguments de la graine

D'après les résultats obtenues (Fig.09 et 10), dans la 1^{er} période de mesure, les grandeurs de ces deux paramètres l'évolution s'annonce la plus importante au niveau Au niveau du traitement témoin conduit à 100%CC, de la plante et au cours de la première période, la seconde et la troisième période de mesure.

L'évolution du diamètre de la couche d'aleurone d'une part et des téguments de la graine d'autre part en fonction du temps et du traitement hydrique emprunte une tendance similaire au niveau des deux traitements hydriques conduits à 100 et 60%CC, à celle constatée pour l'évolution du volume occupé par l'albumen. Cette évolution présente s'annonce faible de la première au deuxième période de mesure. Par contre au niveau du lot où le déficit hydrique était la plus accentué, et au cours de la 3eme période de mesure, on constate que le diamètre des deux couches étudiées augment considérablement et se trouve significativement plus importante.

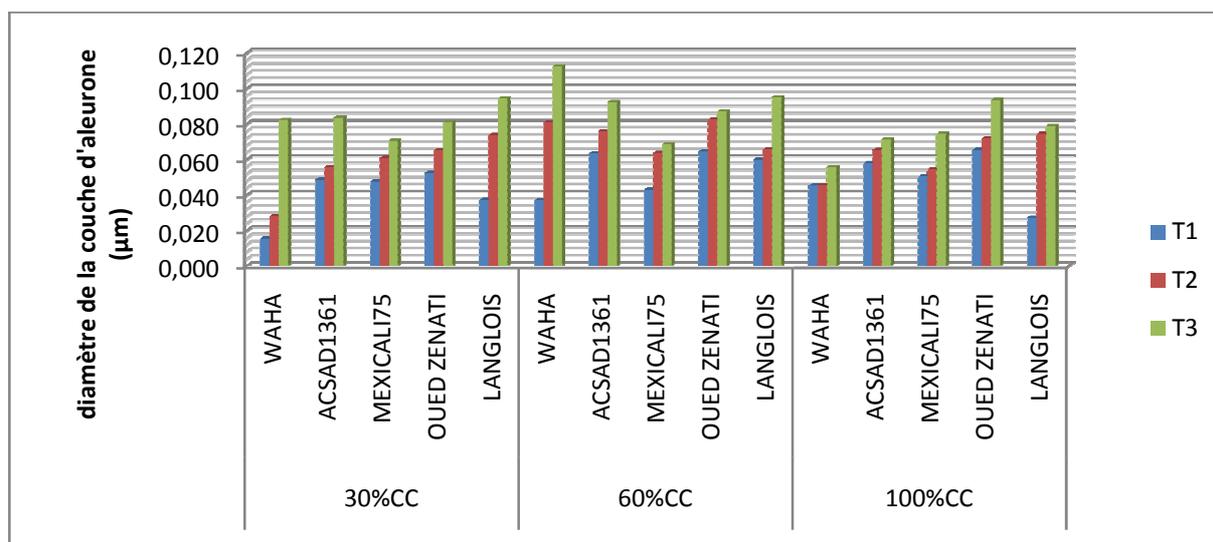


Figure 09 : La cinétique de l'évolution de diamètre de la couche d'aleurone en fonction de temps et le régime hydrique adopté

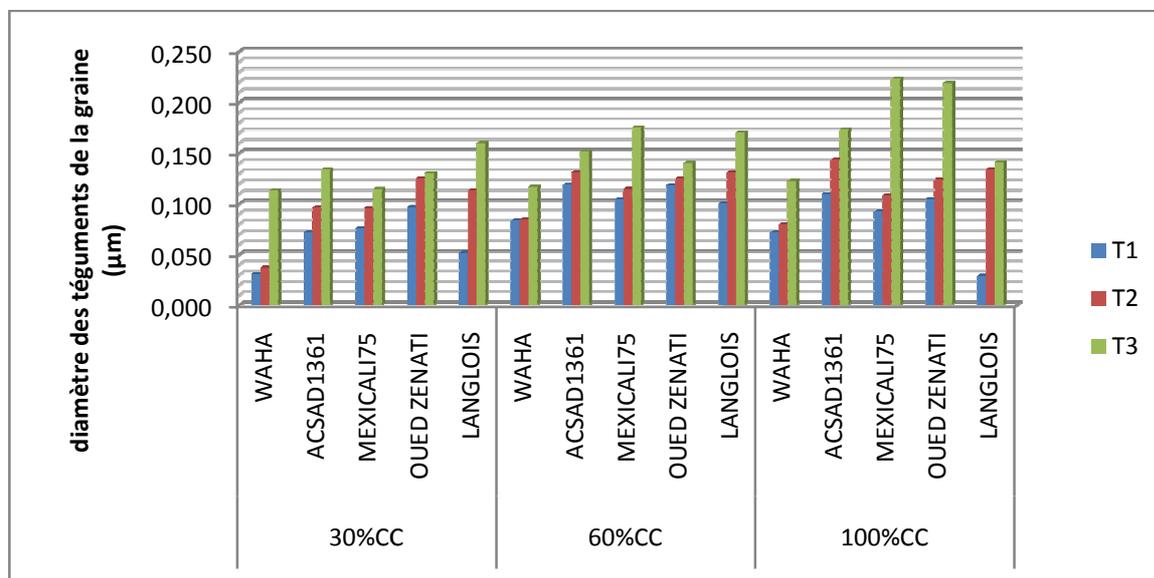


Figure10 : La cinétique de l'évolution de diamètre des téguments de la graine en fonction de temps et le régime hydrique adopté

Partie 04:

Discussion Des Résultats

IV. Discussion

D'après **MONNEVEUX (1992)**, le statut hydrique de la plante exprimé à travers la teneur relative en eau constitue un indice de référence d'adaptation des plantes au déficit hydrique. Les résultats de notre expérimentation n'indiquent aucune altération de la teneur relative en eau en conditions de déficit hydrique au stade anthèse. Le maintien de la teneur relative en eau à un niveau optimal et supérieur 90%, résulterait des mécanismes extériorisés par les plantes pour lutter contre le déficit hydrique. Parmi ces mécanismes, et qui est introduit dans notre étude, la limitation de la perte d'eau par la dernière feuille. Ainsi, l'analyse conjointe des résultats obtenus dans cette étude démontre que la préservation de l'état hydrique des plantes en situation de déficit hydrique est réalisée de manières diverses.

La première stratégie la limitation de la perte d'eau par la feuille étandard et qui joue un rôle déterminant dans le maintien d'une teneur relative en eau environ 90% chez l'ensemble des géotypes étudiées.

Plusieurs mécanises sont extériorisées par cette feuille, cependant, les résultats obtenus indique que le déficit hydrique permet une augmentation de la densité stomatique au niveau de la face supérieure que la face inférieure de la feuille. Ces résultats ce confirme à travers les travaux de **SLAMA et al., (2002)** et **LANG et al., (2002)** qui démontre que le déficit hydrique accentue le nombre de stomates par unité de surface de feuille de blé dur.

L'accroissement de la densité stomatique peut augmenter l'assimilation nette du CO₂ et diminuer la perte en eau. En effet, **HELL et al., 1990** et **JONES, 1998**, montrent que la réduction du nombre de stomates associée à une limitation de la transcription constitue un mécanisme efficace de la tolérance à la sécheresse.

Concernant les dimensions des stomates, le déficit hydrique tel qu'a été définit dans cette expérimentation semble être avec un effet sur les variations de ce paramètre. Ainsi, un nombre élevé de stomates peut engendrer des stomates de petite taille et à fermeture rapide. Ceci est expliqué par la diminution des dimensions des stomates dans les conditions des stress hydrique appliquées

La conservation de l'état hydrique élevé présente des relations avec les paramètres anatomiques des la graine retenus dans cette étude.

L'installation des tissus de réserves au niveau de la graine et l'accumulation de ces réserves au niveau de cette dernière sont fortement influencé par la nature de l'alimentation hydrique adoptée. Un fait très important à été remarqué et qui se rapporte à la diminution du

diamètre de l'albumen de la graine avec la situation hydrique adopté ($r=-0.69$). Ceci indique que l'accentuation de déficit hydrique est accompagnée par une diminution de diamètre de l'albumen suite au manque des réserves remobilisées vers la graine.

Un fait similaire a été remarqué lors de l'étude de relation entre l'état hydrique de la plante et les dimensions des téguments de la graines ($r=-0.44$). Ceci démontre que sous les conditions d'alimentation hydrique déficiente, on assiste une réduction d'épaisseur des téguments du grain. Cette réduction s'expliquerait par une perturbation de la division cellulaire où l'eau en constitue un élément moteur pour son déroulement.

La variabilité conduite plus que l'état d'alimentation hydrique des plantes a eu un effet important sur la différenciation des grains d'amidon au niveau des cellules du tissu de réserves. Ainsi, une variation assez prononcée a été constatée pour ces constituants ($r=-0.51$). Le caractère s'avère alors d'une forte héritabilité et constitue par conséquent un critère de sélection facilement décelable employé dans les programmes d'amélioration de cette espèce.



Conclusion

V. Conclusion

L'étude de la réponse au stress hydrique chez les cinq variétés de blé dur testées révèle l'existence d'une grande variabilité pour la plupart des paramètres mesurés. L'effet du stress hydrique est bien marqué suite à l'application de déficit hydrique (60 et 30%CC).

Lors l'essai conduit sous serre, nous avons étudié la réponse de cinq variétés de blé dur au stress hydrique par analyse de variance de quelques paramètres morphologiques de la feuille étendard au stade anthèse, après nous avons étudiées l'effet de ce stress sur l'évolution d'installation des tissus de réserves du grain durant son remplissage.

On a pu observer une diminution des dimensions de stomates sur les deux faces de la feuille, supérieure et inférieure. Ainsi, d'après les résultats, on a constaté une augmentation de la densité stomatique chez les géotypes étudiés au niveau de la face supérieure de la feuille étendard. Ces résultats se justifient par la préservation d'une teneur relative en eau élevée au niveau de la feuille étudiée.

Suite à la réalisation des coupes histologiques à main levée sur les graines en formation issues de différentes périodes de développement et remplissage, nous avons constaté que les variations de diamètre des différentes couches de la graine tels que la couche d'amidon (albumen), la couche d'aleurone, et les téguments de la graine sont liées à la situation hydrique appliquée. Ce dernier influe sur le diamètre de la couche d'aleurone et les téguments.

Ainsi, des corrélations négatives sont observées entre l'épaississement de l'albumen et des téguments de la graine et entre le déficit hydrique appliqué au stade anthèse.

Références

Bibliographiques

VI. Références Bibliographiques

1. **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.
2. **ALI DIB T., MONNEVEUX P., 1992.** Adaptation à la sécheresse et notion d'idéotype chez le blé dur. *Caractères Morphologiques d'enracinement. Agronomie*, 12, 371-379.
3. **AUSTIN R.B. ET JONES H.G., 1975.** The physiology of wheat—Annual Report-Plant breeds inst. Cambridge inst. England, pp: 327-355 .
4. **BARRON C., ABECASSIS S., CHAURAND M., LULLIEN P.,MABILLE F., ROUAU X., SADOUDI A., SAMSON M., 2012.** Accès à des molécules d'intérêt par fractionnement par voie sèche .*Innovation Agronomique*, 19 :51-62.
5. **BARRON C., ABECASSIS S., CHAURAND M., LULLIEN P.,MABILLE F., ROUAU X., SADOUDI A., SAMSON M., 2012.** Accès à des molécules d'intérêt par fractionnement par voie sèche .*Innovation Agronomique*, 19 :51-62.
6. **BELAID D., 1987.** Aspects de la céréaliculture Algérienne. Edition OPU. Alger, 207 p.
7. **BENSEDDIK B., BENABDELLI K., 2000.** Impacts du risque climatique sur le rendement du blé dur (*Triticum durum* Desf.) en zone semi-aride : approche écophysiole. *Sécheresse* 11(1).Ed.John Libbey Euro text.Paris, pp : 45-51.
8. **BERTHET J., 2006.** Dictionnaire de biologie. De Boeck et Larcier s.a. 1ère édition. Edition De Boeck Université : 15-16.
9. **Bonjean A. et Picard E.,(1990).** Les céréales à paille :Origine –Histoire-Economie-Sélection.*Softword/ITM*.Pp :14-167.
10. **BOULAL H., ZAGHOUANE O., EL MOURID M., REZGUI S., 2007.** Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie).Ed.ITGC, INRA, ICARDA.176P
11. **BOULELOUAH N., 2002.** Analyse de la variabilité génotypique de l'absorption de l'azote chez le blé tendre. DEA.INA. Paris Grignon, 33p.
12. **BOUZERZOUR H., A BENMAHAMMED., N BENKHARBACHE., KL**

- HASSOUS, 2002.** Contribution des nouvelles obtentions à l'amélioration et à la stabilité du rendement d'orge (*Hordeum vulgare L.*) en zone semi-aride d'altitude. Revue Recherche Agronomique de l'INRAA, 10, 45-58.
13. **BRANLARD J., PUJOS E., NADOUD L., BENCEL E., PIQUET A., 2012.** Nouveaux outils pour une analyse fine de la composition des grains. Innovations Agronomiques, 19: 37-49.
14. **CLEMENT G., 1971.** Les céréales, « grand court ». Coll. Agro. Alimentaire. Lavoisier. Pp. 78-91.
15. **CROSTON RP., WILLIAMS JT., 1981.** A world survey of wheat genetic resources. IBRGR. Bulletin /80/59, 37 pages.
16. dur dans la contribution du rendement en grains en irrigué et en conditions de déficit hydrique. Thèse de doctorat en biologie. Tunis.
17. **EL FALAH M., CHALBI N., EL GUAZZAH M., 1991.** Analyse de l'adaptation à l'aridité de quelques ressources génétiques locales d'orge (*Hordeum vulgare L.*) comparativement à des variétés améliorées. In Amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides (AUPELF-UREF eds). John Libbey Eurotext, Paris. pp. 197-205.
18. **EL MOURID M., 1988.** Performance of wheat and barley cultivars under different soil moisture regimes in a semi-aride region. Ph .D thesis, Iowa state university. 229p.
19. **ELIARD J.L., 1979.** Manuel d'agriculture générale. Ed. J.B. Bailière, Paris, 344 p.
20. **FEILLET P., 2000.** Le grain de blé. Composition et utilisation. Mieux comprendre. INRA. ISSN: 1144- 7605. ISBN:2- 73806 0896- 8. p 308.
21. **FELDMAN M., LEVY A., 2005.** Allopolyploidy –a chaping force in the evolution of wheat genomes. Cytogenet Gynomes,109: 250-258.
22. **GATE P., 1995.** Ecophysiologie du blé. Ed. ITCF. Technique et Documentation. Lavoisier, Paris, 419 p.
23. **HADJICHRISTODOULOU A., 1987.** The effects of optimum heading date and its stability on yield and consistency of performance of barley and durum wheat in dry areas. J. Agric. Sci. Camb, 108: 599 - 608.
24. **HAZMOUNE T., 2000.** Erosion des variétés de blé dur cultivées en Algérie,

- perspectives. Options méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens,40 :192-194.
25. **JAHIER J., BOULOS C., ALAIN C., 2006.** La domestication des plantes de la cueillette à la poste-génomique .biofutur,22 :266p.
26. **KHALFAOUI J.L.B. 1990.** Genetic of adaptation to drought of cultivated species and consequences on plant breeding. Bull. Soc. bot. Fr., 137, Actual. bot. (1), 125-137.
27. **LAMAZE T. TOUSCH D. SARDA X. GRIGNON C. DEPIGNY-THIS D. MONNEVEUX P et BELHASSEN E., 1994.** Résistance de plantes a la sécheresse : mécanismes physiologiques. Le sélectionneur Français 45 : 75-85.
28. **LEPS (Laboratoire d'Ecophysiologie des Plantes sous stress environnementaux). 2000.**
29. **LEVITT J., 1980.** Responses of plant to environmental stresses. In water radiation, salt and other stresses. 2 eds. Academic press, New York pp. 275-282.
30. **MASLE-MEYNARD J., 1980.** L'elaboration du nombre d'épis chez le blé d'hiver. Influence de différentes caractéristiques de la structure du peuplement sur l'utilisation de l'azote et de la lumière. Thèse de Docteur- Ingénieur. INA-PG, Paris, 274p.
31. **MCKAY GA., 1986.** La sécheresse : une perspective globale. In : La sécheresse : la crise est- elle imminente ? compte rendu du symposium canadien d'hydrologie n0 : 16 p.
32. **MEGHREBI A., MEHDADI Z., TOUMI F., MOUEDDENE K.,BOUADJRA B., 2013.**tolérance à la sécheresse du blé dur (*Triticum Durum* desf.) et identification des paramètres morfo-physiologiques d'adaptation dans la région de sidi bel- abbés (Algérie occidentales). Marchell University, 1072954 :37-41.
33. **MEKLCHE A., BOUKECHA D. et EIT HANIFI-MEKLCHE L., 2003.** Etude de la tolérance à la sécheresse de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.). L'effet de l'irrigation de complément sur les caractères phénologiques, morphologiques et physiologique. Annales de l'Institut National, Agronomique. El Harrach-Vol. 24. N° 1 et 2. 97-110.
34. **MESTIRI I., VÉRONIQUE C., MARIE A., CECIL H., VIRGINIE H.,BELCRAM H.,OLIVIER C., BOULOS C.,JAHIER J.,2010.** Newly synthesized wheat allohexaploids display progenitor – dependent meiotic stability and aneuploidy

- but structural genomique additivity. *New Phytologist*, 186: 86-101.
35. **OUKARROUM A., 2007.** Vitalité des plantes d'orge (*Hordeum vulgare* L.) en conditions de stress hydrique et thermique analysée par la fluorescence chlorophyllienne. Thèse Doctorat à l'université de GENÈVE, 195p.
 36. **SAMARAH N.H., 2005.** Effects of drought stress on growth and yield of barley. *Agron. Sustain. Dev.* 25:145-149.
 37. **SHIMAZAKI Y, OOKAWA T, HIRASAWA T., 2005.** The root tip and accelerating region suppress elongation of the decelerating region without any effects on cell turgor in primary roots of maize under water stress. *Plant Physiol*;139:458–65.
 38. **SLAMA A. 2002.** Étude comparative de la contribution des différentes parties du plant du blé dur dans la contribution du rendement en grains en irrigué et en conditions de déficit hydrique. Thèse de doctorat en biologie. Tunis.
 39. **SLAMA A., BEN SALEM M., BEN NACEUR M., ZID E., 2005.** Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. *Article De Recherche*, 16 : 225-9.
 40. **SOAR C.J., LOVEYS B.R., 2007.** The effect of changing patterns in soil-moisture availability on grapevine root distribution, and viticultural implications for converting full- cover irrigation into a point-source irrigation system. *Australian Journal of Grape & Wine Research* 13:2-13.
 41. **SOLTNER D., 2005.** Les grandes productions végétales. 20ème Edition. Collection science et techniques agricoles. Pp : 303-308.
 42. **SRAMKOVA Z., GREGOVA E., ERNEST S., 2009.** Chemical composition and nutritional quality of wheat grain. *Acta Chimica Slovaca*, volume(2) n°1: 115-138.
 43. **TAMBUSSI E.A., NOGUES S., FERRIO P., VOLTAS J., ARAUS J.L., 2005.** Does higher yield potential improve barley performance in Mediterranean conditions? *Field Crop Research* 91 :149-160.
 44. **WMO., 1990.** World Meteorological Organization : Glossary of terms used in agrometeorology. Genève :n° 40,WMO/TD n° 391,pp: 223.
 45. **YOKOTA A., TAKAHARA K., AKASHI K., 2006.** Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants. Ed. Springer. 15–39.
 46. **ZAIR M., 1991.** Contribution à l'étude de l'influence du déficit hydrique sur le

développement du blé en zone semi-aride.Rev.Céréaliculture n°24. Ed.ITGC, pp: 3-19.

Résumé

Notre étude se borne principalement à la détermination de l'influence du déficit hydrique sur la formation de tissus de réserve au niveau des grains du blé dur. D'après les résultats obtenus, on constate que le maintien de la teneur relative en eau à un niveau optimal et supérieur 90%, résulterait des mécanismes extériorisés par les plantes pour lutter contre le déficit hydrique. Ce dernière permet une augmentation de la densité stomatique au niveau de la face supérieure que la face inférieure de la feuille.

La variabilité conduite plus que l'état d'alimentation hydrique des plantes a eu un effet important sur la différenciation des grains d'amidon au niveau des cellules du tissu de réserves, également sur le diamètre de la couche d'amidon et les téguments de la graine.

Mots clés : Blé dur, déficit hydrique, composition de la graine, organe végétatif.

ملخص

تقتصر دراستنا بشكل أساسي على تحديد تأثير نقص الماء على تكوين الأنسجة الاحتياطية في حبوب القمح الصلب. من النتائج التي تم الحصول عليها ، تبين أن الحفاظ على المحتوى المائي النسبي بمستوى مثالي و أعلى من 90% ، ينتج عن الآليات الخارجية من قبل النباتات لمحاربة نقص الماء. هذا الأخير يسمح بزيادة كثافة الفتحات في الوجه العلوي على الوجه السفلي للورقة.

إن تغير إمدادات المياه للنباتات تأثير كبير على تمايز حبوب النشاء على مستوى خلايا الأنسجة الاحتياطية ، وكذلك على قطر طبقة النشاء ومعطف البذرة.

الكلمات المفتاحية : القمح الصلب ، نقص الماء ، تركيب البذرة ، الجهاز النباتي.