

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"

Filière : "Biologie"

Spécialité : " Amélioration des plantes "

Présenté et soutenu publiquement par

CHAHBI M'barka

GUIDOUM Mohamed

THÈME

Étude de l'implication des organes végétatifs dans le remplissage du grain chez le blé tendre (*Triticum aestivum*)

JURY:

President: Mr Boubkeur A

Promoteur : Mr ADDA A.

Examineur : Mme Soualmi N

Docteur, Faculté SNV Tiaret

Professeur, Faculté SNV Tiaret

Docteur, Faculté SNV Tiaret

Promotion 2020/2021

Remerciement

Notre premier remerciement va à Allah Taala

Nous tenions remercier vivement notre encadrant M Adda. A pour sa disponibilité et sa contribution générale à l'élaboration de ce travail.

On exprime nos remerciements aux honorables membres de jury :

Au président du jury Monsieur BOUBKEUR A, qui nous a fait l'honneur de présider le jury de notre mémoire.

A l'examineur madame SOUALMI N de nous avoir honorée en acceptant de juger ce

Modeste travail.

Enfin, nous tenions à remercier tous ceux qui ont du pré ou du loin contribuée à la

Réalisation de ce travail. On présent notre remerciement et notre gratitude

Dédicace

Je tiens vivement, à dédier ce travail en signe de respect

Et de reconnaissance à :

A la mémoire de mon très chère frère Khaled

Et à

Deux personnes très chères qui ont partagé mes joies

Et mes peines, qui ont toujours à mes côtés, qui ont

Fait moi ce que je suis aujourd'hui

Mes chers parents

Mes adorables frères

Mes charmantes sœurs

Mes neveux Islem et Khaled et ma jolie nièce Leila

A toute ma famille

Et à tous mes amis proches sans exception, Wafaa, Fatima, Kika, Fazoo et à mes
chères Sarah, Jasmine et Assia

A

Tous ceux qui ont contribué à m'aider à la réalisation de ce mémoire

M'barka

Dédicace

Avant toute chose, je tiens à remercier « Allah » qui m'a donné la force et la volonté pour terminer ce modeste travail.

Mes chers parents sur qui j'ai pu compter et me ressourcer d'affection et de bénédictions durant toute ma vie.

À

Mes deux frères Salah et Adel et ma sœur Rachida

À

Tous les membres de ma famille GUIDOUM

À

Mes amis et surtout mon ami MERZOUGUI Youcef et mes chères sœurs Jasmine et Sara, pour tous.

Mohamed

ملخص

تواجه زراعة القمح العديد من المعوقات خاصة تلك المرتبطة بالأنظمة المناخية، ومن الواضح أن الجفاف يؤثر على الإنتاجية من خلال الحد من ملء الحبوب.

في هذه الدراسة، قمنا بتقييم عملية ملء حبات القمح اللين من خلال توضيح مشاركة نشاط التمثيل الضوئي للأعضاء النباتية المختلفة (الورقة الأخيرة، وعنق السنبل، وشوكة السنبل والسنبله بأكملها). للقيام بذلك، نظرنا في تأثيرات تظليل واستئصال هذه الأجزاء الخضراء من النبات. تشير النتائج التي تم الحصول عليها إلى أن مساهمة كل عضو من أعضاء النبات مرتبطة ارتباطاً وثيقاً بطبيعة التركيب الوراثي ومستوى إمدادات المياه

من خلال النتائج المتحصل عليها، يتم ضمان حشو الحبوب بشكل أساسي من خلال نشاط التمثيل الضوئي للسنبله. بالنسبة للورقة الأخيرة ولحية السنبل، فإنهما يمتلكان أيضاً مساهمات كبيرة إلى حد ما في هذه العملية. يعتمد الأخير بشكل أساسي على نشاط التمثيل الضوئي للأعضاء المعنية في ظل ظروف المياه المثلى، بينما في حالة الجفاف، فإن آلية نقل احتياطيات النبات هي التي تضمن ملء الحبوب في القمح اللين.

كلمات مفتاحية: امتلاء الحبوب، القمح الصلب، نقص الماء، الأعضاء النباتية

Résumé

La culture du blé est confrontée à de nombreuses entraves particulièrement celles qui lient d'ordres climatiques, la sécheresse affecte clairement la productivité par une limitation de remplissage du grain.

Dans cette étude, nous avons évalué le processus de remplissage des grains de blé tendre en élucidant l'implication d'activité photosynthétique des différents organes végétatifs (la dernière feuille, le col de l'épi, la barbe de l'épi et l'épi entier). Pour cela, nous avons examiné les effets de l'ombrage et l'excision de ces parties vertes de la plante. Les résultats obtenus indiquent que la contribution de chacun des organes de la plante est intimement liée à la nature du génotype et au niveau d'alimentation en eau.

À travers les résultats obtenus, le remplissage des grains est assuré essentiellement par l'activité photosynthétique de l'épi. Pour la dernière feuille et la barbe de l'épi détiennent également des parts de contribution assez importante dans ce processus. Ce dernier dépend principalement de l'activité photosynthétique des organes concernés dans des conditions hydriques optimales, alors qu'en cas de sécheresse, le mécanisme de translocation des réserves de la plante est celui qui assure le remplissage du grain chez le blé tendre.

Mots clés : Remplissage du grain, le déficit hydrique, blé tendre, organes végétatifs

Abstract

Wheat cultivation is confronted with many constraints, particularly those related to climatic conditions. Drought clearly affects productivity by limiting grain filling.

In this study, we evaluated the process of grain filling of soft wheat by elucidating the involvement of photosynthetic activity of different vegetative organs (the last sheet, collar of ear, the beard and the whole ear). For this purpose, we examined the effects of shading and excision of these green parts of the plant. The results obtained indicate that the contribution of each of the organs of the plant is intimately related to the nature of the genotype and the level of water supply.

From the results obtained, grain filling is essentially ensured by the photosynthetic activity of the ear. The last sheet and the beard of the ear also hold shares of quite important contribution in this process. And under the optimum conditions of life this last depends mainly on the photosynthetic activity of the organs concerned, whereas in case of drought, the mechanism of translocation of the plant reserves is the one that ensures the filling of the grain in soft Wheat.

Keywords : Grain filling, Water deficit, soft wheat, Vegetative organs

Liste des tableaux

Tableau 01 : Les caractéristiques des géotypes utilisés	15
Tableau 02 : Les opérations culturales de la première expérimentation.	17
Tableau 03 : test de teneur en chlorophylle.....	20
Tableau 04 : Analyse et résultats moyens des paramètres agronomiques des géotypes testés.	21
Tableau 05 : Relation entre les paramètres morphologiques et les composantes du rendement chez les géotypes testés.	23

Liste des figures

Figure 01 : Anatomie schématique du grain de blé et proportion relative des principaux tissus de grain (BARRON et al., 2012	4
Figure 02 : Protocole expérimentale pour évaluer la contribution des différents organes dans le processus de remplissage du grain chez le blé tendre.	7
Figure 03 : Le dispositif expérimental (sans et avec déficit hydrique).	17
Figure 04 : La contribution relative des différents organes de la plante sous les deux situations hydriques (100% CC, 50% CC) chez tous les génotypes.	23
Figure 05 : La contribution relative des différents organes de la plante sous les deux situations hydriques (100% CC, 50% CC) chez le génotype HIDHAB.	24
Figure 06 : La contribution relative des différents organes de la plante sous les deux situations hydriques (100% CC, 50% CC) chez le génotype CaL/NH.....	25
Figure 07 : La contribution relative des différents organes de la plante sous les deux situations hydriques (100% CC, 50% CC) chez le génotype SOKOLL*2.....	26
Figure 08 : La contribution relative des différents organes de la plante sous les deux situations hydriques (100% CC, 50% CC) chez le génotype CN079.	27
Figure 09 : La contribution relative des différents organes de la plante sous les deux situations hydriques (100% CC, 50% CC) chez le génotype FLORANCE.....	28

Liste des photos

Photo 01 : stade de la levé (17/02/2021).	5
Photo 02 : stade de tallage (15/03/2021).	6
Photo 03 : stade de montaison et gonflement (22/04/2021).....	7
Photo 04 : la phase d'épiaison (03/05/2021).	7
Photo 05 : phase de maturité physiologique de blé tendre (20/06/2021).....	9
Photo 06 : Le dispositif expérimental de l'essai n°01 (22/04/2021).....	18

Liste des abréviations

ADH :	Avec Déficit Hydrique
CC :	Capacité Au Champ
PMG :	Poids De Mille Grains
SDH :	Sans Déficit Hydrique
HP :	Hauteur de la plante
LDE :	Longueur du dernier entre nœud
LCE :	Longueur du col de l'épi
LE :	Longueur de l'épi
NG/E :	Nombre de grains par épi
NE/E :	Nombre d'épillet par épi
V1 :	Hidhab
V2 :	Cal/NH
V3 :	SOKOLL*2
V4 :	CN079
V5 :	FLORANCE

Sommaire

ملخص.....	I
Résumé	II
Abstract	III
Sommaire	IV
Liste des figures	V
Liste des photos	VI
Liste des tableaux	VII
Liste des abréviations	VIII
Introduction générale.....	2
I. Généralité.....	3
I.1 L'origine du blé tendre (<i>Triticum aestivum</i>)	3
I.2 L'historique de blé tendre	3
II.Composition histologique et chimique du grain de blé	3
II.1 Enveloppes.....	4
II.2 Le germe	4
II.3 Albumen	5
III. Cycle de développement du blé.....	5
III.1 La période végétative	5
III.1.1 Stade de la levée	5
III.1.2 Stade de tallage	6
III.2 La période reproductrice	6
III.2.1 Phase montaison – gonflement.....	6
III.2.2 Phase épiaison – floraison	7
IV. Le remplissage du grain de blé tendre	8
IV.1 Phase du grain à l'état laiteux.....	8
IV.2 Phase du grain à l'état pâteux	8

IV.3 Phase de la maturité physiologique.....	8
V.Source de remplissage du grain.....	9
V.1 La photosynthèse courante	9
V.1.1 L'épi	9
V.1.2 Les barbes.....	9
V.1.3 Le col d'épi.....	10
V.1.4 La dernière feuille	10
VI. L'impact du stress sur la culture du blé tendre	10
VI.1 Notion de stress.....	10
VI.2 Le déficit hydrique	11
VI.3 Effet du déficit hydrique sur le remplissage du grain de blé.....	11
VI.4 Stratégies de la tolérance de la plante au déficit hydrique	12
VI.4.1 Les traits phénologiques.....	12
VI.4.2 L'évitement de la sécheresse.....	13
VI.4.3 La tolérance au déficit hydrique.....	13
I. Matériel végétale utilisé.....	15
II.Conditions de conduite de l'essai	15
III.Le Protocol expérimental adopté pour l'évaluation de la contribution des organes dans le remplissage	16
Mesures effectuées	18
IV.1Teneur chlorophylle	18
IV.3 Les composantes du rendement	18
IV.4 La contribution relative des organes dans le remplissage du grain.....	19
I. Résultats.....	20
I.1 Caractérisation agronomique des génotypes utilisés	20
I.1.1 Les caractéristiques morphologiques.....	20
I.1.2 Les composantes du rendement	21
I.2 La contribution relative des organes dans le remplissage du grain.....	22

Génotype V1	23
Génotype V2	24
Génotype V3	25
Génotype V4	26
Génotype V5	27

IV. Discussion et Conclusion générale

Références Bibliographiques

Introduction générale

Les produits des céréales à paille représentent la base de l'alimentation de presque tous les peuples du monde (**SOUILLAH., 2009**). En Algérie, la céréaliculture est la principale spéculation de la production végétale (**LAMARA ; BENGUEDOUDJ., 2019**). Elle occupe une superficie de 2,7 millions d'hectares et ses produits constituent un élément clé dans le modèle alimentaire dominant de la population locale (**BENBELKACM., 2013**). Parmi ces espèces, le blé et particulièrement le blé tendre détient une place prépondérante parmi les différentes spéculations agricoles en Algérie. Néanmoins, sa production reste largement faible pour satisfaire les besoins continuellement croissants. De ce fait, notre pays a toujours recours à l'importation du produit à partir des marchés mondiaux et le plaçant parmi les premiers pays importateurs du blé tendre dans le monde.

Les faibles productions enregistrées reflètent les faibles rendements enregistrés au fil des campagnes. Ainsi, la culture du blé est confrontée à de nombreuses entraves particulièrement celles d'ordres climatiques (**FELLAHI., 2017**). En effet, la pluviométrie faible et irrégulière constitue le principal stress abiotique responsable des réductions considérables de la productivité du blé tendre (**MELKI., 2008**). Pour améliorer les niveaux des rendements chez cette espèce, il est indispensable d'adopter des stratégies améliorant une meilleure efficacité d'utilisation des ressources hydriques disponibles (**BENDERADJI., 2013**).

A cet effet, l'application d'irrigation d'appoint reste une solution inaccessible dans la plupart des exploitations agricoles et ce par la rareté des ressources d'eau et les difficultés d'accès aux techniques de sa mise en pratique. Une seconde stratégie repose sur la création et la conduite des cultivars plus adaptés à la sécheresse.

La création de la variabilité et sa sélection pour la création des variétés plus tolérantes au déficit hydrique imposent préalablement l'étude et la définition des critères impliqués. Il faut noter que de nombreuses études ont été menées dans ce domaine, sauf qu'elles demeurent insuffisantes pour illustrer ceux conditionnant le remplissage du grain sous la déclaration de la sécheresse tardive ou post-anthèse.

Le travail réalisé dans la présente étude s'inscrit dans cette filière des recherches des critères de tolérance au déficit hydrique survenant à la fin du cycle de développement de la céréale. Il consiste en l'évaluation de l'implication d'activité photosynthétique des différents organes de la plante dans le processus de remplissage du grain de blé tendre et l'élaboration de

son poids à la maturité physiologique. Pour cela, cinq génotypes d'origines et de tolérance au déficit hydrique, différentes ont été utilisés. Ils ont été conduits sous deux régimes hydriques, optimal (100%CC) et déficient (50%CC) appliqués à partir de la phase post-anthèse. Des dispositifs différents par ombrage et excision des organes ont été adoptés pour évaluer la contribution relative dans le remplissage du grain. Ces dispositifs concernent la dernière feuille, le col de l'épi, la barbe de l'épi et l'épi entier.

Le travail est présenté selon trois parties. Dans une première est exposée une synthèse des travaux menés dans ce domaine. La deuxième partie supporte le matériel et les méthodes utilisés dans la réalisation des différentes manipulations. Enfin dans une dernière partie sont présentés les résultats obtenus ainsi que leur discussion.

CHAPITRE I

Recherche Bibliographique

I. GENERALITE

I.1 L'origine du blé tendre (*Triticum aestivum*)

Le blé tendre est une céréale monocotylédone de la famille des graminées et du genre *Triticum*. Le grain du blé sous forme d'un fruit sec appelé caryopse et composé de graine et le fruit (FEUILLET., 2000).

La différenciation des espèces du blé tendre passe par des évènements de polyploïdisation successifs, après les croisements interspécifiques entre les trois espèces diploïdes ancestrales. Le premier croisement s'est fait entre *Triticum Monococcum* et *Aegilops speltoides*, ce qui a donné un blé dur tétraploïde et le deuxième croisement par la polyploïdisation entre le blé dur tétraploïde et un autre blé diploïde (*Aegilops Tauschii*), (*Triticum aestivum*) qui produit un blé tendre hexaploïde avec $2n = 2x = 42$ chromosomes, où x est une base égale à 7(CHALHOUB., 2005).

I.2 L'historique de blé tendre

La domestication du blé est un jalon dans l'histoire de la société humaine, marquant le début de l'ère néolithique, qui conduira à l'adoption d'une économie de production basée sur l'agriculture et l'élevage. C'était environ 10 000 ans avant JC. On pense que le blé a été domestiqué dans la zone du « croissant fertile » entre les fleuves Tigre et Euphrate avec l'origine comme centre. Les données archéologiques fournissent des preuves tangibles de la synchronisation entre le début de la culture du blé et les organisations sociales sédentaires, marquant ainsi la fin de la période nomade, au cours de laquelle la chasse et la cueillette étaient les principaux moyens de subsistance. L'histoire de la culture du blé peut être divisée en trois étapes principales : la révolution de la technologie agricole, la révolution de la domestication et l'expansion agricole (SHEWRY et al., 2009).

II. Composition histologique et chimique du grain de blé

Le grain de blé au stade de maturité est formé de trois compartiments principales le germe, l'albumen et les enveloppes. Il est principalement composé d'amidon, qui représente environ 70% de la matière sèche des céréales et des protéines (OKREFI et BOUREZG., 2020)

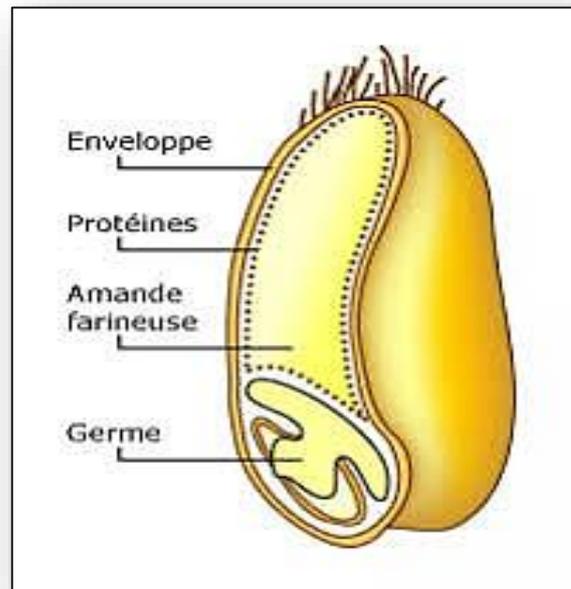


Figure 01 : Anatomie schématique du grain de blé et proportion relative des principaux tissus de grain (**BARRON *et al.*, 2012**)

II.1 Enveloppes

Les enveloppes (13-15% du grain de blé) comprennent à la fois celles des fruits en périphérie et celle de la graine (**OKREFI et BOUREZG., 2020**). Le rôle principale de l'enveloppe c'est la protection de la graine et du fruit contre l'humidité et les organismes pathogènes par des tissus qui forment essentiellement des fibres (**BOUNNECHE Hayette in : OKREFI et BOUREZG., 2020**)

II.2 Le germe

Le germe provient de la fusion des gamètes mâles et femelles (**LAMARA ; BENGUEDOUDJ., 2019**) et représente une réserve riche en protéine et les lipides (vitamine B1, B6), le germe forme environ 2,5% à 3% du grain de blé il comprend deux parties : la plantule et le cotylédon (**BOUMDOUHA ; KRIM., 2019**)

II.3 Albumen

L'albumen est le constituant le plus important du grain de blé, il présente environ 80% en masse. Il est composé essentiellement de granules d'amidon environ 70% en volume, Cette partie de la graine est très développée dans laquelle s'accumulent les réserves qui servent au développement de la plante lors des premiers stades végétatifs (**BOUNNECHE Hayette., 2014**). Ils sont une source d'acides aminés nécessaires à la germination des graines (**Barron, 2005 in : OKREFI ; BOUREZG., 2020**)

III. Cycle de développement du blé

III.1 La période végétative

Le blé tendre est une plante monocotylédone annuelle composée d'un système végétatif herbacé, avec des tiges cylindriques creuses et des feuilles gainées. Les feuilles apparaissent en premier, suivies d'une tige avec des épis terminaux. L'épi contient 15 à 25 épillets et se compose de 2 à 3 fleurs fertiles. Le grain du blé est produit à partir de l'autofécondation (**BENDERRADJI., 2013**).

III.1.1 Stade de la levée

C'est le premier stade du cycle de développement du blé, C'est l'initiation du passage à une vie autotrophe grâce à la chlorophylle contenue dans la première feuille. Le taux de la levée et sa vitesse dépend de la faculté et de l'énergie germinative de la semence.



Photo 01 : Stade de la levée (17/02/2021)

III.1.2 Stade de tallage

La formation de la première talle se fait au stade 3 feuilles. La première talle primaire (maitre-brin) apparaît à l'aisselle de la première feuille du blé. La 2eme et la 3eme talle apparaissent à l'aisselle de la 2eme et la 3eme feuille (**SALMI., 2015**). La fin tallage est celle de la fin de la période végétative. Elle marque le début de la phase reproductive, conditionnée par la photopériode et la vernalisation qui autorisent l'élongation des entre-nœuds (**GATE., 1995 ; BENBLOUAR., 2020 ; SALMI, 2015**)



Photo 02 : Le stade de tallage (15/03/2021)

III.2 La période reproductrice

III.2.1 Phase montaison – gonflement

La montaison débute à la fin du tallage, elle est caractérisée par l'allongement des entrenœuds 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, (**CHERFIA., 2010**). 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.



Photo 03 : Stade de montaison et gonflement (22/04/2021)

III.2.2 Phase épiaison – floraison

Elle est marquée par la méiose pollinique et l'éclatement de la gaine avec l'émergence de l'épi. C'est au cours de cette phase qu'on distingue l'anthèse et s'effectue l'autofécondation. (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 (CHERFIA., 2010)



Photo 04 : présente la phase d'épiaison (03/05/2021)

IV. Le remplissage du grain de blé tendre

La phase de remplissage réalisée lors d'une période de 40 jours (**MOSTEFAOUI et MOHAMADI., 2019**). le stade de l'anthesis c'est le signal de début de remplissage par la libération des anthères hors de fleur.

Le remplissage des grains va être assuré par le fonctionnement d'organes végétatifs suivant ; l'épi, le col de l'épi, la barbe et la dernière feuille de la plante (**BEN SLIMANE., 2010**). Le remplissage de grain de blé tendre passe par plusieurs phases, qui déterminent la structure de grain et sa valeur nutritive à cause de la photosynthèse. Le développement du grain se déroule selon trois phases marquantes.

IV.1 Phase du grain à l'état laiteux

La maturité laiteuse est caractérisée par la migration des substances de réserve vers le grain et la formation des enveloppes. Le grain est de couleur vert clair, d'un contenu laiteux et atteint sa dimension définitive (**SALI et BEN RICHE., 2018**).

IV.2 Phase du grain à l'état pâteux

Cette phase est caractérisée par l'augmentation du volume du grain qui est induite par une intense polymérisation de sucres simples en amidon et un dépôt des protéines. Les taux d'amidon et des protéines se stabilisent au cours de cette phase, l'humidité de cette période est comprise entre 40% et 45% (**SHEWRY et al., 2009**)

IV.3 Phase de la maturité physiologique

Elle est marquée par l'arrêt de la migration des réserves vers le grain et une diminution de son humidité (15% à 16%) et son poids final est atteint (**Gate., 1995**)



Photo 05 : La phase de maturité physiologique de blé tendre (20/06/2021)

V. Source de remplissage du grain

V.1 La photosynthèse courante

La majeure partie du rendement des grains provient de l'activité photosynthétique qui a lieu pendant la pré-anthèse (**BAHLOULI et al., 2005**), un feuillage plus dense d'où un poids spécifique foliaire élevé permettant une consistance de l'appareil photosynthétique et un meilleur rendement de remplissage du grain (**BELKHARBOUCHE.,2009**), le feuillage et particulièrement les constituants de l'épi, la barbe et la dernière feuille sont représentés les principaux organes responsables de la photosynthèse.

V.1.1 L'épi

Selon (**BORT et al., 1994**) L'épi joue un rôle essentiel, fournissant des assimilats dans la phase de remplissage du grain par son activité photosynthétique. Sa contribution oscille entre 13 % et 76 % à la photosynthèse de la plante entière (**BISCOPE et al., 1975 ; ; BOURAK., 2018**).

En condition de déficit hydrique, l'épi représenterait l'organe primordiale dans l'élaboration du rendement (**GATE et al., 1993 ; AROUS., 2021**).

V.1.2 Les barbes

Les longues barbes présentent un avantage sous les conditions de stress hydrique et thermique. Elles assurent une meilleure ventilation de l'épi et une meilleure utilisation de l'eau. Ce caractère est suggéré comme critère de sélection de variétés de blé tolérantes à la

sécheresse (**BLUM., 1986 ; FELLAHI., 2017**). les barbes augmente l'efficacité d'utilisation de l'eau et l'élaboration de la matière sèche au cours de la phase de maturation du grain (**NEMMAR., 1980 ; BOURAK., 2018**). Selon **FEBRERO et al. (1990)**, les épis à barbes courtes contribuent à la limitation de cette perte d'eau.

V.1.3 Le col d'épi

Le rôle de cette partie de la tige est consolidé par son activité photosynthétique actuelle durant la phase de remplissage du grain et les assimilats stockés à son niveau susceptible à être transférés vers le grain en développement, essentiellement en situation de déficit hydrique terminal (**GATE et al., 1992**). **BAHLOULI et al. (2005)** ont rapporté que les assimilats de cet organe se sont avérés plus élevés dans des conditions climatiques déficientes par rapport aux conditions optimales. Cependant, une corrélation positive a été relevée entre la longueur du col de l'épi et la hauteur de la plante (**El- HAKIMI, 1992**)

V.1.4 La dernière feuille

Au cours de la phase d'épiaison-maturité, la dernière feuille est responsable d'une grande partie du rendement final en grain par sa contribution dans l'élaboration du rendement est fonction des conditions climatiques du milieu, de sa surface, de sa longévité et de son activité photosynthétique. (**BELGUENDOZ, 2008**). Selon (**Clarke**) 1987 et **Monneveux (1991)** la longévité de la dernière feuille estimée par l'évolution de sa surface verte informe sur le niveau de fonctionnement de l'appareil photosynthétique en condition de déficit hydrique

VI. L'impact du stress sur la culture du blé tendre

VI.1 Notion de stress

Le terme de stress a plusieurs significations mais, en général, il s'agit d'une condition physiologique altérée, causée par des facteurs qui tendent à perturber l'équilibre des systèmes d'une plante (**MAHPHARA et al., 2015**)

Selon **LAMARA et BENGUEDOUDJ., (2019)**, les stress abiotiques entraînent des changements morphologiques, physiologiques et moléculaires chez les plantes qui altèrent leur croissance et leur productivité. Par la variation de leurs intensités et de leurs durées, Ils causent des dommages non réversibles selon le stade végétatif à la fonction ou au développement d'une partie ou de la globalité d'une plante (**FELLAHI, 2017**).

VI.2 Le déficit hydrique

La sécheresse a toujours été liée au stress hydrique (KARA, 2014), La sécheresse sous ses diverses formes, est l'un des principaux facteurs limitant la croissance, le développement et la productivité des différentes espèces végétales (ADDA et al., 2013). Les conditions de stress hydrique ont un impact significatif sur les caractéristiques morphologiques et physiologiques des végétaux. (MISBAH et al., 2015).

Chez les céréales, comme le blé, le déficit hydrique est un stress abiotique courant qui fait chuter le rendement en grain (ARAUS et al., 2002 ; MAYDUP et al., 2010). Le déficit de consommation en eau provoque une baisse de potentiel de la plante suite à une perturbation de son activité physiologique (MOUELLEF ; 2010). Le stress hydrique est un phénomène relativement courant dans les sols à faible réserve en eau, sous des cultures pluviales ou insuffisamment irriguées (TSHIABUKOLE, 2018).. Il affecte plusieurs variables de la physiologie végétale, comme la régulation de la température des feuilles la conductance stomatique, la surface foliaire, ainsi que la photosynthèse (TSHIABUKOLE, 2018).

Le déficit hydrique diminue le taux de photosynthèse (Lawlor, 2002) et accélère la sénescence des feuilles par rapport à la feuille étendard, le taux de photosynthèse des parties de l'épi (MAYDUP et al., 2010)

Le stress hydrique provoque le déclenchement d'un régime de stabilisation de l'eau dans la plante qui se manifeste par la fermeture des stomates et la régulation du potentiel osmotique (LABDELLI et al.,2016).

VI.3 Effet du déficit hydrique sur le remplissage du grain de blé

Les stress environnementaux, en particulier le déficit hydrique, limitent sévèrement la croissance et la productivité des plantes (BOUZID ; MOULAYET., 2015), l'influence de la sécheresse sur la composition des grains et la qualité technologique est dépendante du niveau de contrainte et du moment de l'application (FLAGELLA et al., 2010 ; BOUZID et al., 2020). L'état hydrique de l'albumen et l'accumulation de la matière sèche sont liés de manière étroite. Une des raisons de la réduction des différentes activités métaboliques pendant la phase de maturation semble être cette perte massive d'eau, la taille des grains est réduite par un stress hydrique qui raccourcit la période de remplissage des grains sans modifier le taux d'accumulation des réserves. Lors de la dessiccation du grain, son statut hydrique chute à 10-15% (GUERIN., 2019)

La sénescence des feuilles est provoquée par la sécheresse, ce qui entraîne la dégradation de la chlorophylle et la désorganisation de l'appareil photosynthétique (NAWAZ, 2013). La réduction du poids de 1000 grains dans des conditions de déficit hydrique peut être causée par une efficacité perturbée de l'absorption des nutriments et de la translocation de la photosynthèse dans la plante, qui produit des grains échaudés en raison de la maturité accélérée. Ceci est possible à cause du manque d'humidité qui impose à la plante d'achever la formation de ses grains dans un temps relativement plus court (KHAKWANI et al., 2012)

Les principales assimilats qui participent au remplissage des grains sont comme suit, la photosynthèse de la feuille étendard, la retranslocation des assimilats de pré-anthèse, surtout les fructanes cumulés dans la tige, et la photosynthèse des parties vertes de l'épi (MAYDUP et al., 2010 ; MAYDUP et al 2014). La sécheresse réduit significativement la longueur de l'épi, le poids du grain, le rendement du grain et l'indice de récolte du blé (NAWAZ et al., 2013). Ainsi, il entraîne la réduction de la taille des grains (échaudage) (KARA 2015), Le nombre de grains par épi du blé tendre étant compris entre 42 et 53 grains, si ce blé est soumis à un déficit hydrique, ce nombre se réduit à 36-50 (MELKI., 2008)

VI.4 Stratégies de la tolérance de la plante au déficit hydrique

Selon MELKI, (2008) l'adaptation des plantes au stress se fait par leurs compétences à croître et à donner des résultats satisfaisants, c'est un mécanisme de survivance très important dans un environnement où l'eau est limitée (MAHPARA et al., 2014)

Certaines régularités sont conférées à la culture par des mécanismes phénologiques, morphologiques et physiologiques (LAMARA ; BENGUEDOUD, 2019).

Les couverts végétaux sont capables d'appliquer en réponse au stress qui subit une plante au cours de son cycle trois types de stratégies : échapper, résister et/ou tolérer le stress (GOUACHE et al., 2014)

VI.4.1 Les traits phénologiques

L'échappement vis-à-vis du stress par la mise en place des phases les plus sensibles en dehors du moment du déficit (GOUACHE et al., 2014). Quelques variétés achèvent leur croissance avant l'apparition du stress hydrique, afin de ne pas subir les contraintes du développement (LAMARA et BENGUEDOUDJ, 2019)

Une meilleure gestion de l'eau est assurée par la précocité, les génotypes à croissance plus rapide et à maturité précoce, en produisant la plus forte biomasse, font en effet un meilleur usage de l'eau disponible sont moins exposés aux stress environnementaux que les génotypes tardifs. La précocité d'épiaison est un des importants traits par lequel les plantes s'adaptent au stress hydrique et peut ainsi être utilisée comme paramètre de sélection pour améliorer la productivité dans les zones sèches (**MOUELLEF, 2010**)

VI.4.2 L'évitement de la sécheresse :

La compatibilité du rendement en cas de déficit hydrique est fondée sur résistance à la sécheresse, les génotypes "résistants à la sécheresse" sont qui montrent de peu de variations sous différents environnements de stress (**FARSHADFAR et al., 2013**). La résistance à un haut potentiel hydrique (ou " tardiveté de la déshydratation (**MEKLCHE., 2014**) est fonction de réduire les pertes d'eau. La plante modifie son architecture, comme l'enroulement des feuilles ou un meilleur contrôle de l'ouverture des stomates, une accumulation de solutés compatibles impliqués dans l'ajustement des stomates et une charge d'énergie lumineuse réduite contribuent à cette stratégie (**LAMARA et BENGUEDOUD, 2019**)

VI.4.3 La tolérance au déficit hydrique

La tolérance au déficit hydrique est un paramètre assez complexe correspondant à la capacité des végétaux à être partiellement déshydratés et à repousser une fois que les précipitations se poursuivent (**ARASH et al., 2013**). Cette tolérance au potentiel hydrique réduit est marquée par une diminution du potentiel hydrique (Ψ), et par un maintien du potentiel de turgescence où l'accumulation d'osmotocums peuvent assurer l'ajustement du potentiel osmotique (**MEKLCHE., 2014**)

La tolérance des géotypes est basée sur le rendement acceptable à la présence d'un déficit et rendement élevé dans les environnements sans déficit (**FARSHADFAR et al., 2013**). De point de vue de la sélection, la tolérance est plus bénéfique que l'échappement ou l'évitement car elle s'exprime dans toutes les conditions (**FELLAHI, 2017**)

CHAPITRE II

Partie Expérimentale

I. Matériel végétale utilisé

Le matériel végétal utilisé est constitué de cinq génotypes de blé tendre, Le choix de ces génotypes est géré par l'origine, les paramètres phénologiques, les paramètres morphologiques et le degré de tolérance à la sécheresse, qui s'avèrent très contrastes chez ces derniers.

Tableau 01 : Les caractéristiques des génotypes utilisés

Code de génotype	Nom du génotype	Tolérance à la sécheresse	Cycle végétative
01	Hidhab	Elevé	Précoce
02	Cal /NH	Moyen	Semi-tardif
03	SOKOLL*2	Elevé	Précoce
04	CN079	Faible	Tardif
05	FLORANCE	Elevé	Précoce

II. Conditions de conduite de l'essai

L'essai a été conduit dans une serre semi-automatique de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'Université IBN KHALDOUN de Tiaret.

Le semis direct des grains a été effectué dans des cylindres en PVC de 120cm de long et 20cm de diamètre, remplis d'un substrat homogène composé de sable, sol et terreau à des proportions respectives 3 :1 :1. Après levée, les plants ont été ramenés à un seul par cylindre.

Les cylindres sont disposés en randomisation totale, selon deux traitements hydriques avec et sans déficit hydrique (ADH, SDH). Dans chaque traitement, chacun des génotypes est répété 3 fois, ce qui donne un total de 15 cylindres par traitement et 30 cylindres au niveau de l'expérimentation.

Les plants dans le lot témoin (SDH) ont été conduits sous un régime d'irrigation de 100% de la capacité au champ. Ceux du lot ADH, ont subis les mêmes apports d'irrigation jusqu'au stade anthèse où on a procédé par un changement du régime. A ce niveau, la fréquence d'irrigation était d'une fois sur deux par rapport à celui du traitement sans déficit hydrique.

Au niveau des deux traitements, l'eau d'irrigation était substituée chaque semaine par une solution nutritive commerciale de type ACTIVEG, dont la composition est présentée dans le tableau.

III. Le Protocole expérimental adopté pour l'évaluation de la contribution des organes dans le remplissage

Pour évaluer la contribution relative des organes retenus dans le remplissage du grain, un dispositif (Figure 02) a été adopté. Deux types de manipulation au stade post-anthèse nous ont permis cette évaluation, l'excision et l'ombrage des organes concernés. Au niveau des deux traitements hydriques, on a procédé par l'excision des barbes et la dernière feuille. L'ombrage de l'épi et du col de l'épi a été réalisé par du papier aluminium finement perforé.

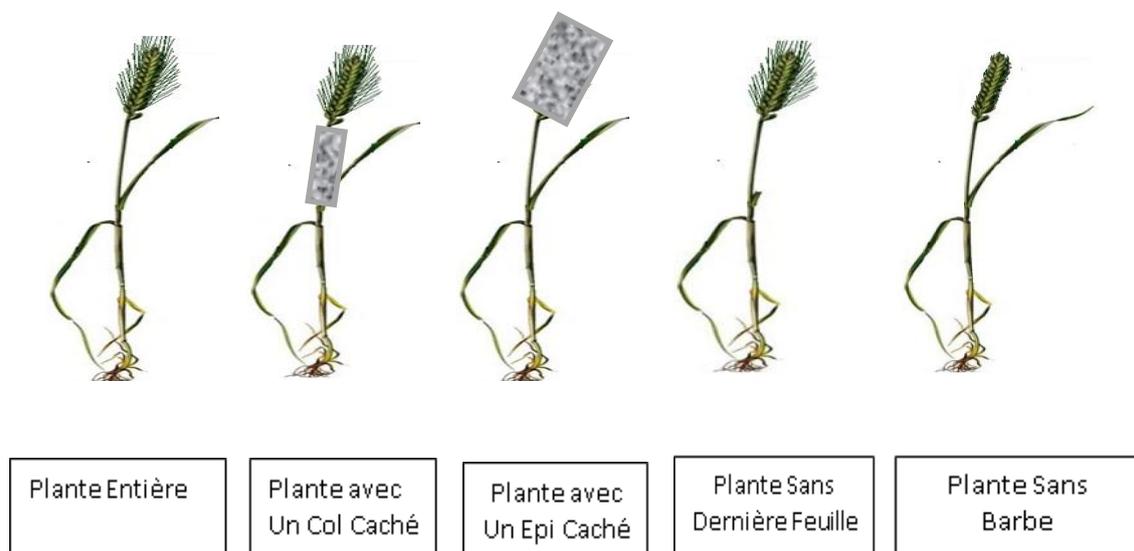


Figure 02 : Protocole expérimental pour évaluer la contribution des différents organes dans le processus de remplissage du grain chez le blé tendre.

Tableau 02 : Les opérations culturales de l'expérimentation

Toutes les variétés	Piquage	10/02/2021
1 Hidhab 2 Cal/NH 3 SOKKOL*2 4 CN079 5 FLORANCE	La levé	16/02/2021 16/02/2021 17/02/2021 17/02/2021 16/02/2021
Toutes les variétés	Début de tallage	08/03/2021
Toutes les variétés	L'épiaison	22/04/2021
1 Hidhab 2 Cal/NH 3 SOKKOL*2 4 CN079 5 FLORANCE	La floraison	03/05/2021 03/05/2021 05/05/2021 07/05/2021 03/05/2021

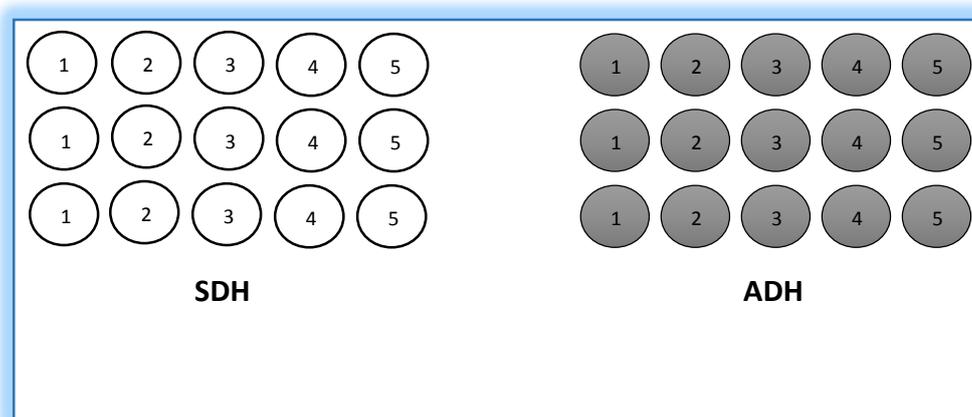


Figure 03 : Le dispositif expérimental (sans et avec déficit hydrique).



Photo 05 : Le dispositif expérimental de l'essai n°01 (22/04/2021)

IV. Mesures effectuées :

IV.1 Teneur chlorophylle

Au stade anthèse, la teneur en chlorophylle a été mesurée sur la dernière feuille à l'aide d'un Chlorophyllomètre, SPAD de marque MINOLTA (Japan).

IV.2 La caractérisation morphologique des génotypes expérimentés

A la maturité physiologique, une caractérisation morphologique des cinq génotypes a été effectuée et a porté sur les traits suivants :

- La hauteur de la plante (cm)
- La longueur du dernier entre nœud (cm)
- La longueur du col de l'épi (cm)
- La longueur de l'épi (cm)

IV.3 Les composantes du rendement

A la maturité physiologique, les composantes du rendements suivants ont été évaluées

- Le nombre d'épillets par épi
- Le nombre de grains par épi
- Le rendement en grains par épi (g)

1. La contribution relative des différents organes dans le remplissage du grain

IV.4 La contribution relative des organes dans le remplissage du grain a été évaluée selon la méthode de Maydup (2014), selon la formule suivante :

$$CR (\%) = \left(\frac{\text{Poids des grains ajusté de la plante témoin} - \text{Poids des grains ajusté de la plante traitée}}{\text{Poids des grains ajusté de la plante témoin}} \right) 100$$

CR : contribution relative (%)

Plante traitée : organes excisés ou ombrés

CHAPITRE III

Résultats

I. Résultats

I.1 Caractérisation agronomique des géotypes utilisés

I.1.1 Les caractéristiques morphologiques

Les paramètres morphologiques retenus se rapportent à la hauteur de la plante, la longueur du dernier entre nœud, la longueur du col de l'épi et la longueur de l'épi. L'analyse des résultats obtenus (Tab 3) indique que la nature des géotypes a permis des différences très hautement significatives des valeurs obtenues des mesures de l'ensemble de ces paramètres ($p < 0.001$).

Les résultats moyens de la hauteur de la plante oscillent entre $78.44\text{cm} \pm 2.29$ et $108.17\text{cm} \pm 2.46$ enregistrées respectivement par les géotypes V4 et V3. D'une manière générale, les cinq géotypes utilisés dans cette étude se distinguent en deux groupes, ceux à paille haute, représentés par V3 et V5 et ceux dits à paille courte et constitués par les géotypes V1, V2 et V4.

Tableau 03 : Analyse et résultats moyens des paramètres agronomiques des géotypes testés. Degré de signification des différences est représenté par le test F

Géotype	HP (cm)	LDE (cm)	LCE (cm)	LE (cm)	NE/E	NG/E	PMG
s							
V1	85,61±2.24	43,56±1.8 6	20,83±1.8 3	12,39±0.1 1	20,33±0.3 3	74,33±1.4 5	41,04±1.8 8
V2	78,67±0.33	38,67±0.8 3	17,11±0.5 3	10,78±0.1 1	19,00±0.0 0	55,00±0.5 8	38,54±0.4 8
V3	108,17±2.4 6	48,39±1.4 0	24,56±1.1 8	12,61±0.4 5	18,00±0.5 8	55,67±3.1 8	45,16±1.7 2
V4	78,44±2.29	42,11±1.0 6	20,00±0.3 8	10,50±0.3 5	15,33±0.3 3	39,00±1.5 3	28,81±2.7 0
V5	93,94±2.33	44,06±1.9 5	22,83±2.0 4	10,89±0.4 0	18,33±0.6 7	67,00±4.1 6	38,48±3.3 1
Test F	36.02***	5.58***	4.31***	9.51***	16.83***	28.05***	7.25***

*** significatif au seuil de 0.001; HP hauteur de la plante ; LDE longueur du dernier entre nœud ; LCE longueur du col de l'épi; LE longueur de l'épi; NG/E nombre de grains par épi; PMG poids de mille grains; NE/E nombre d'épillets par épi.

Les résultats des mesures de la longueur du dernier entre nœud sont également très variables parmi les géotypes expérimentés. Les valeurs obtenues sont comprises dans l'intervalle délimité par $38,67\text{cm} \pm 0.83$ et $48,39\text{cm} \pm 1.4$ extériorisées dans l'ordre par les géotypes V2 et V3. Les mêmes géotypes (V2, V3) inscrivent les valeurs extrêmes de la longueur du col de l'épi avec un minimum de $17,11\text{cm} \pm 0.53$ détenu par V2 et un maximum de

24,56cm±1.18 relevé chez V3. Enfin les données concernant la longueur de l'épi vacillent entre 10,50cm±0.35 et 12,61cm±0.45 enregistrées respectivement par les génotypes V4 et V3.

I.1.2 Les composantes du rendement

Les résultats des composantes du rendement retenues dans cette étude, le nombre d'épillets par épi, le nombre de grains par épi et le poids de mille grains sont hautement variables (Tab.4) en fonction de la nature des génotypes ($p < 0.001$).

Le nombre d'épillets par épi oscille dans un intervalle délimité par des valeurs extrêmes de 20,33±0.33 et 15,33±0.33, détenues dans l'ordre par les génotypes V1 et V4. Le nombre de grains par épi s'annonce élevé pour l'ensemble des génotypes et atteint une donnée maximale de 74,33±1.45 extériorisée par le génotype V1. A l'opposé et pour la même composante la plus faible valeur a été relevée chez le génotype V4 avec 39,00±1.53. Concernant le poids de mille grains, les résultats obtenus varient entre 45,16g±1.72 et 28,81g±2.70, enregistrées respectivement par les génotypes V3 et V4.

Les résultats démontrent que les génotypes ayant inscrits les plus haute taille se caractérisent par les longueurs du dernier entre nœud ($r=0.8701^{**}$) et du col de l'épi ($r=0.8320^{**}$) les plus élevées. L'importance de ces paramètres morphologiques a induit une augmentation du poids de mille grains (Tab 5), particulièrement avec la hauteur de la plante ($r=0.6540^{**}$) et la longueur du dernier entre nœud ($r=0.5310^{**}$).

Le poids de mille grains est également plus élevé chez les génotypes ayant enregistrés les plus longs épis ($r=0.6990^{**}$), le nombre d'épillets par épi le plus élevé ($r=0.5698^{**}$) et le plus grand nombre de grains par épi ($r=0.5347^{**}$).

Tableau 04 : Relation entre les paramètres morphologiques et les composantes du rendement chez les génotypes testés

	HP	LDE	LCE	LE	NE/E	NG/E
LDE	0,8701**					
LCE	0,8320**	0,9549**				
LE	0,6325**	0,6379**	0,4776			
NE/E	0,0979	-0,0424	-0,1035	0,5043		
NG/E	0,2239	0,1151	0,1050	0,4972	0,8862**	
PMG	0,6540**	0,5310**	0,5117	0,6990**	0,5698**	0,5347**

I.2 La contribution relative des organes dans le remplissage du grain

L'analyse des résultats obtenus (Tableau 5) démontre que le remplissage du grain dépend du régime hydrique appliqué et des traitements imposés (Tableau 5). L'effet de la nature des génotypes est très faible. L'interaction de la nature des génotypes et de la situation hydrique constitue également une source de variation importante. Cette influence indique que ces génotypes manifestent des réactions divergentes vis-à-vis des variations de l'alimentation hydrique.

Les résultats moyens de la contribution des organes retenus indiquent que le remplissage des grains est assuré essentiellement par l'activité photosynthétique de l'épi. Ainsi la contribution de cet organe s'impose de façon très importante au niveau des deux situations hydriques, 100%CC et 50%CC et ce chez l'ensemble des génotypes expérimentés. La contribution moyenne de cet organe dans le processus de remplissage atteint 33.02% dans le lot conduit à 100%CC et 28.55% dans le traitement hydrique maintenu à 50%CC.

La dernière feuille et la barbe de l'épi détiennent également des parts de contribution assez importante dans le remplissage du grain. Ainsi, pour la dernière feuille, la contribution moyenne est de 17.35% et 6.20% enregistrée respectivement chez les plantes conduites sous les traitements hydriques de 100%CC et 50%CC. La part de la contribution de la barbe de l'épi a atteint des valeurs moyennes de 18.64% et 10.85%, inscrite dans l'ordre chez les plantes des lots de 100%CC et 50%CC.

La contribution du col de l'épi s'annonce très variable et ce en fonction du régime adopté pour les plantes. En effet, la contribution du col de l'épi dans le remplissage du grain est positive chez les plantes conduites à un régime hydrique déficient (50%CC) et atteint une valeur de 4.19%. A l'opposé, sous les conditions hydriques optimales (100%CC) la contribution du col de l'épi est négative pour inscrire une valeur moyenne de -1.44%.

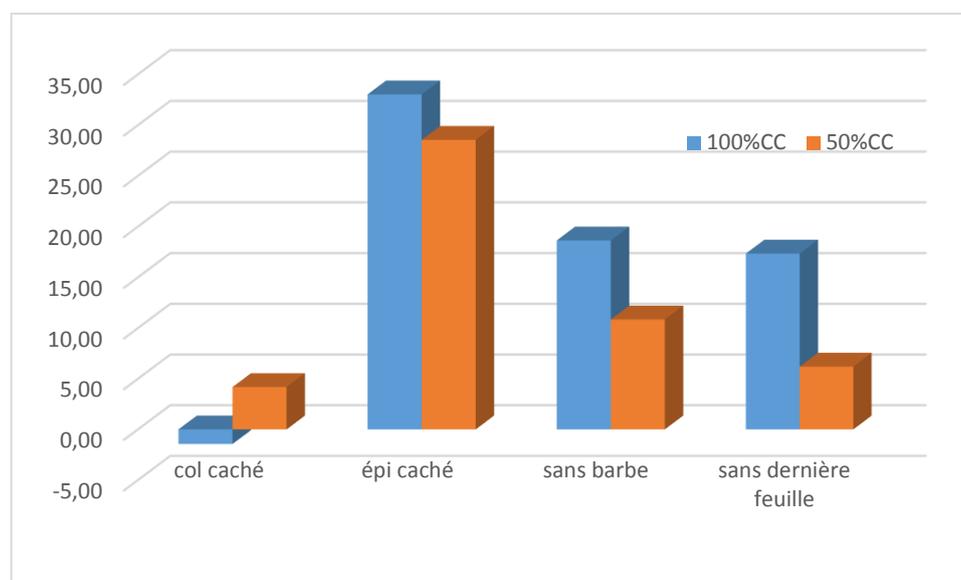
Toutefois la contribution des différents organes dans le remplissage du grain reste très variable distinctement parmi les génotypes testés.

Tableau 05 : effet du génotype, de la situation hydrique, de la nature de l'organe et de leur interaction sur la contribution relative dans le remplissage du grain

	Test F	Probabilité
Génotype	0,3281ns	0,858357
Situation hydrique	3,8533*	0,053124
Traitement	28,8933***	0,000000
Génotype * situation hydrique	14,8664***	0,000000
Génotype * situation hydrique* traitement	1,2361ns	0,273833

Significatif à $p < 0.01$; significatif à $p < 0.001$; ns non significatif

Figure 04 : La contribution relative des différents organes de la plante sous les deux situations hydriques (100% CC, 50% CC) chez tous les génotypes



Le génotype Hidhab

Les résultats retenus montrent que l'épi est la principale source de remplissage des grains, sa contribution moyenne est de l'ordre de 43.29% et 28.78% respectivement au niveau des traitements hydriques, témoin (100%CC) et déficient (50%CC).

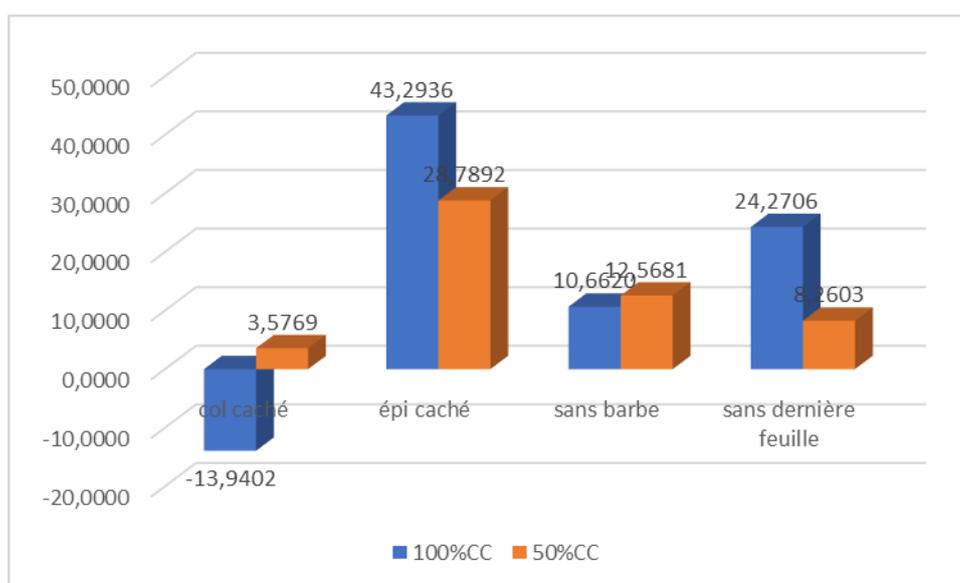
Concernant les autres organes, la contribution dépend du régime à lequel sont soumises les plantes. Ainsi, la dernière feuille semble être significativement impliquée dans le remplissage du grain et ce sous les conditions hydriques optimales. Sous ces conditions elle atteint une

valeur de 24.27%. L'implication de cet organe diminue en condition de déficit hydrique, où sa contribution est équivalente à 8.26%.

Sous les conditions de déficit hydrique, la barbe de l'épi détient une contribution plus importante qu'en conditions hydriques optimales. Ainsi, les contributions évaluées sont de l'ordre de 10.66% et 12.56%, respectivement dans les lots témoin (100%CC) et de déficit hydrique (50%CC).

L'implication du col de l'épi dans le remplissage s'annonce plus favorable en conditions de sécheresse où on a relevé une valeur de 3.57%. A l'opposé, son activité s'avère contraignante en conditions hydrique optimales, qui à ce niveau elle enregistre une valeur moyenne négative de l'ordre de -13.94%.

Figure 05 : La contribution relative des différents organes de la plante sous les deux situations hydriques (100% CC, 50% CC) chez le géotype Hidhab



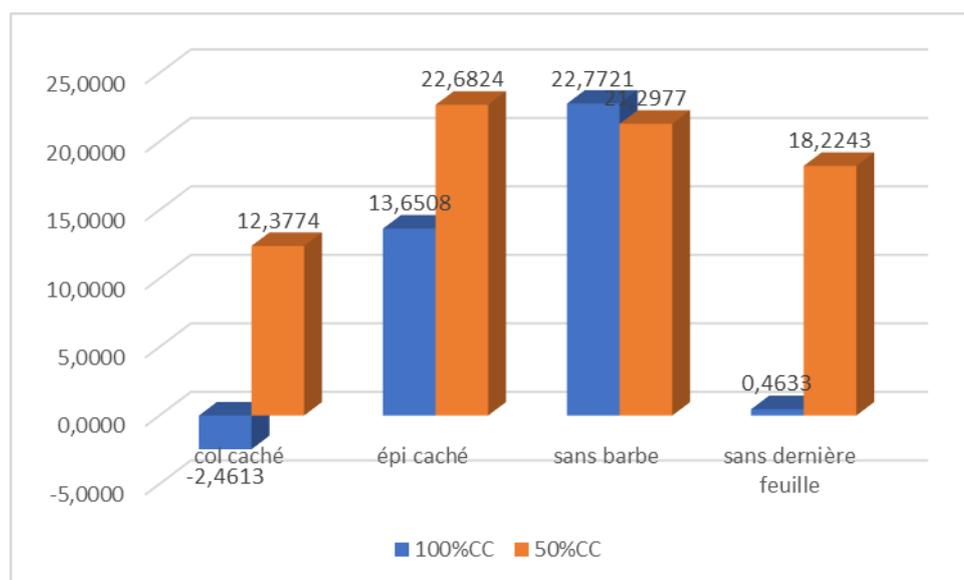
Le géotype CaL/NH

La contribution des organes dans le remplissage des grains est grandement conditionnée par la situation hydrique adoptée pour les plantes. Ainsi, d'une façon générale les taux de contribution de l'activité photosynthétique de l'épi et de la barbe de l'épi s'annoncent les plus élevés au niveau des deux traitements hydriques, témoin et déficient.

Au niveau du traitement hydrique mené à 50%CC, l'activité photosynthétique de l'épi, de la barbe et du col de l'épi et la dernière feuille s'annonce la plus impliquée dans le remplissage du grain en inscrivant des taux respectifs de 22.68%, 21.29%, 12.37% et 18.22%. Au niveau du

lot témoin (100%CC), deux organes, l'épi et la barbe se distinguent par leur contribution importante dans le remplissage du grain en inscrivant dans l'ordre des valeurs de 13.65% et 22.77%. Sous ces conditions hydriques, la contribution de la dernière feuille et du col d'épi s'avèrent très faibles et même négative pour le cas du dernier organe.

Figure 06 : La contribution relative des différents organes de la plante sous les deux situations hydriques (100% CC, 50% CC) chez le génotype CaL/NH



Génotype SOKOLL*2

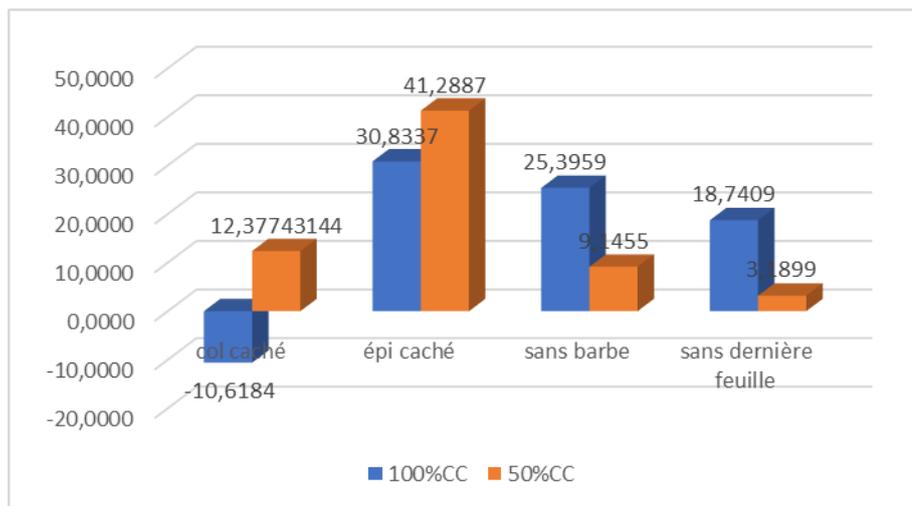
Les résultats retenus (Figure 07) montrent que l'épi est la principale source de remplissage des grains, sa contribution moyenne est de l'ordre de 30.83% et 41.28% respectivement au niveau des traitements hydriques, témoin (100%CC) et déficient (50%CC).

La barbe détient également une part importante dans le processus de remplissage du grain en atteignant des valeurs 25.39% et 9.14% évaluée respectivement sous les conditions hydriques de 100%CC et 50%CC.

La dernière feuille se distingue par une contribution élevée sous les conditions hydriques optimales en inscrivant une valeur de 18.74%. Tandis que sous les conditions hydriques déficientes son implication dans le remplissage s'avère faible en inscrivant une part évaluée à 3.18%.

La contribution de l'activité photosynthétique du col de l'épi est controversée parmi les deux situations hydriques. Elle est positive et faible dans le lot mené à 50%CC avec une valeur de 12.37%. A l'opposé, son implication s'annonce négative sous les conditions hydriques optimales.

Figure 07 : La contribution relative des différents organes de la plante sous les deux situations hydriques (100% CC, 50% CC) chez le génotype SOKOLL*2

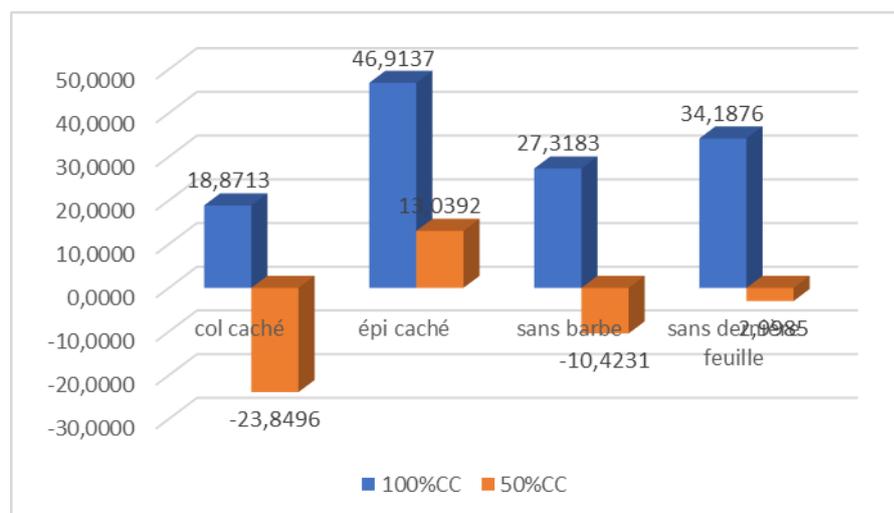


Génotype CN079

Chez ce génotype, l'implication des différents organes dans le remplissage s'avère différente d'une situation hydrique à une autre. Ainsi, l'épi détient la part la plus importante dans le remplissage du grain, particulièrement dans le traitement hydrique témoin (100%CC) en inscrivant un taux de 46.91%. L'activité photosynthétique de cet organe a contribué à la hauteur de 13.03% sous les conditions hydriques déficientes (50%CC).

Dans le lot témoin (100%CC), l'activité photosynthétique du col de l'épi, de la barbe et de la dernière feuille détiennent des taux de contribution relative respectifs de 18.87%, 27.31% et 34.18%. L'implication de ces organes dans le remplissage sous les conditions hydriques déficientes (50%CC) est négative où les taux sont de l'ordre de -23.87%, -10.42% et -2.99% respectivement pour le col de l'épi, la barbe de l'épi et la dernière feuille.

Figure 08 : La contribution relative des différents organes de la plante sous les deux situations hydriques (100% CC, 50% CC) chez le génotype CN079



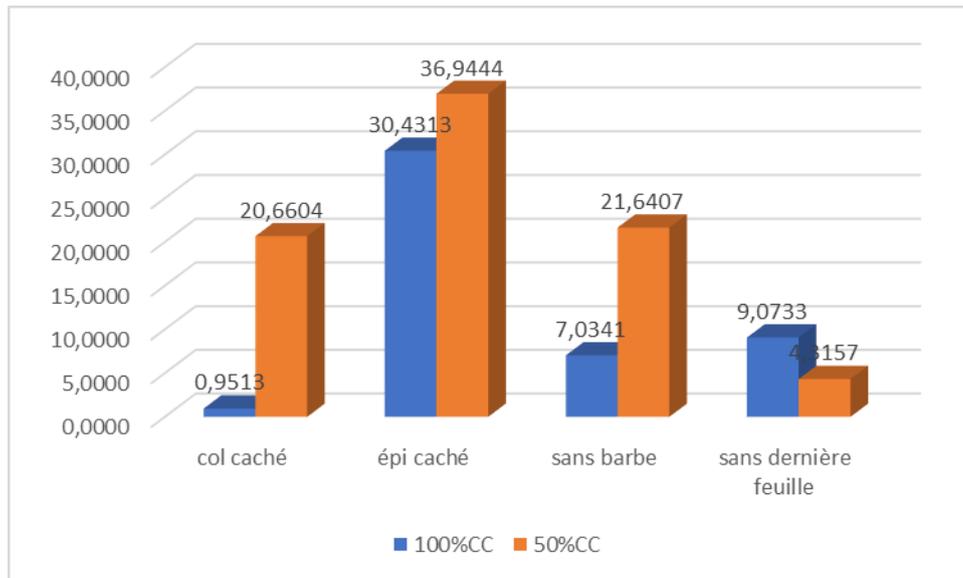
Génotype FLORANCE

La contribution des différents organes retenus se révèle différente d'une situation hydrique à une autre, Ainsi l'épi présente la part la plus importante dans le processus de remplissage du grain. Les valeurs de sa contribution sont de l'ordre de 30.43% et 36.94% au niveau des lots, témoin (100%CC) et déficient (50%CC).

La barbe et le col de l'épi ont manifesté des contributions moyennes plus élevées dans les conditions de la sécheresse qu'en condition optimale. Ainsi, les valeurs sont de l'ordre de 21.64% et 7.03% respectivement dans les traitements 50%CC et 100%CC. La part du col de l'épi dans le remplissage des grains s'avère très importante en conditions de sécheresse (50%CC) où elle détient une valeur est de l'ordre de 20.66%. La contribution relative de cet organe en conditions d'alimentation hydrique optimales s'annonce très faible en inscrivant une valeur de 0.95%.

Enfin, la contribution relative de la dernière feuille atteint des valeurs moyennes de l'ordre de 4.31% et 9.07% inscrites respectivement dans les traitements hydriques menés sous 50%CC et 100%CC.

Figure 09 : La contribution relative des différents organes de la plante sous les deux situations hydriques (100% CC, 50% CC) chez le génotype FLORANCE



Discussion et conclusion générale

Discussion et conclusion générale

Le processus de remplissage du grain du blé tendre détermine son poids final et sa qualité. Cependant, les stress abiotiques, particulièrement le déficit hydrique survenant durant les phases post-anthèse affectent négativement son déroulement et réduisent par conséquent le poids du grain et modifient sa composition (**FAROOQ et al., 2014**).

Le processus du remplissage du grain dépend de la disponibilité des assimilats, principalement les sucres solubles et les acides aminés qui leur transformation en amidon et protéines constituent les réserves du grain à la maturité physiologique. Les résultats du présent travail évaluent l'implication de l'activité photosynthétique courante des différents organes situés au-dessus du dernier nœud. Ils démontrent que l'activité photosynthétique des constituants de l'épi occupe une place prépondérante dans le remplissage du grain. Ceci se justifie par sa contribution relative élevée dans ce processus et ce chez l'ensemble des géotypes étudiés dans le présent travail. Ce résultat est prouvé par les travaux de et **Arous**

et al., (2020) qui ont démontré qu'en plus de la disposition immédiate au voisinage du grain en formation, les enveloppes des grains s'avèrent moins sensibles à la sécheresse, grâce à leur faible conductance stomatique et leur grande capacité d'ajustement osmotique. Selon **Arous et al. (2020)**, **Araus et al (1993)** ont démontré que chez le triticale, les différentes parties de l'épi assurent la disponibilité d'une grande partie des photosynthétats, essentiels pour le remplissage du grain.

Chez certains géotypes, la contribution des barbes était élevée dans le remplissage du grain. Toutefois, comme l'ont démontré **Merah et Monneveux (2015)** et Merah et al. (2018), la contribution de cet organe dans le remplissage est étroitement liée à la nature du géotype et la qualité de l'alimentation hydrique des plantes.

L'activité photosynthétique du col de l'épi détient également une part importante dans le remplissage du grain. Sa contribution est plus perceptible sous les conditions d'alimentation hydrique déficiente. Des résultats similaires ont été obtenus par **Lingan et al. (2010)** qui avaient prouvé que le col de l'épi est un organe photosynthétique actif qui produit des photosynthétats et apporte ainsi une contribution élevée à la formation du grain, en particulier lors des dernières étapes de son remplissage. Enfin, Takahashi et al. (2001) ont rapporté que le système foliaire de la plante et particulièrement la dernière feuille détient une part importante dans le remplissage du grain par sa protection et son activité photosynthétique pour la disponibilité des photoassimilats.

On retient des présents résultats, que le déficit hydrique réduit significativement le poids final du grain. Toutefois, le processus du remplissage du grain est conditionné par l'activité photosynthétique des organes situés au-dessus du dernier nœud. Ainsi les constituants de l'épi, le col de l'épi et la barbe détiennent un rôle déterminant dans le remplissage du grain en conditions de déficit hydrique.

Références 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.

AROUS., 20121. La contribution des parties vertes de la plante dans le remplissage des grain chez le blé dur. Thèse Doctorat

AROUS A., ADDA A, BELKHODJA L, BOUZID A and MERAH O 2020 The contribution of green plant parts to grain filling of durum wheat under water deficit. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 26 (No 4) 2020, 809–815

BAHAR, B., & YILDIRIM, M.,2010. Heat and drought resistances criteria in spring bread wheat: Drought resistance parameters. Scientific Research and Essays, 5(13), 1742–1745.

BAHLOULI F., BOUZERZOUR H., BENMAHAMMED A. AND HASSOUS, K. L., 2005. Selection of high yielding and risk efficient durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars under semi-arid conditions. Agro, 4 : 360-365.

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

BELAGROUZ 2013 : Analyse du Comportement du Blé Tendre, Variété El WIFAK (*Triticum Aestivum* L.) Conduite en Labour Conventionnel, Travail Minimum et Semis Direct sur Les Hautes Plaines Sétifiennes

BELKHARCHOUCHE H., FELLAH S., BOUZERZOUR H., BENMHAMMED A., CHELLAL N., 2009. Vigueur de Croissance, Translocation Et Rendement En Grains du blé dur (*Triticum Durum* Desf) Sous Conditions Semi Arides. Courrier Du Savoir ,09 :17-24.

BENBELKACEM A., 2013. Rapport national des activités du projet : INRA-ICARDA, 2012/2013 : 45p.

BENBLOUAR D., 2020 : Étude du comportement agronomique de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) en milieu semi-aride.

BENDERRADJI L., 2013 : Sélection in vitro pour la tolérance aux stress salin t thermique chez le blé tendre (*Triticum aestivum*)Constantine, Université.

BEN SLIMANE R., 2010. Effets de la septoriose foliaire sur la sénescence et les flux d'azote pendant le remplissage des grains chez le blé tendre.

BISCOPE P.V., GALLAGHER J., LITTELON E.J., MONTHEINTH K.L. et Scott R.K., 1975. Barley and its environment. Sources of assimilates. J. Appl. Eco ; 12 : 395.

BLUM A., 1989.Crop responses to drought and interpretation of adaptation. plant growth regulation 20, 135- 148

BOGARD M2011 : Analyse génétique et écophysologique de l'écart à la relation teneur en protéines - rendement en grains chez le blé tendre (*Triticum Aestivum* L.)

BOUMDOUHA S., KRIM K., 2019 : Quelques Caractères physiologiques et morphologiques de tolérance de blé dur (*Triticum durum* Desf.) de deux génotype (WAHA et GTA) à la salinité.

BORT J., A FEBRER O., AMARO T., ARAUS J.,1994. Role of awns in ear water-use efficiency and grain weight in barley. Agronomie, EDP Sciences,14 :133-139

BOUNNECHE H., 2014 : Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Magister en Sciences Alimentaires.

BOURAK K., 2018. Sélection assistance par marqueurs SNP et étude phénotypique du blé tendre (*Triticum aestivum*). Mémoire Master, Université Sidi Mohamed ben Abdallah

BOUZID, A., AROUS, A., FELOUAH O., MERAH, O., & ADDA, A. 2020. Contribution of current photosynthesis and reserves remobilization in grain filling and its composition of durum wheat under different water regimes. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 68(6), 937–945. <https://doi.org/10.11118/actaun202068060937>

BOUZID A., MOULAYET L., 2015. Effet du déficit hydrique sur le remplissage du grain chez le blé dur (*Triticum Durum* Desf.). Mémoire Master. Université IBN6Khalidoun. Tiaret

CHALHOUB. B., 2005 : Blé tendre ou blé dur ; Une histoire de chromosome, communiqué de presse INRA, Paris.

CHERFIA R., 2010 Etude de la variabilité morpho-physiologique et moléculaire d'une collection de blé dur algérien (*Triticum durum* Desf).

EI- HAKIMI,1995. Sélection sur la base physiologique et utilisation des espèces tétraploïdes du genre *Triticum* pour l'amélioration génétique de la tolérance à la sécheresse du blé .Thèse du. Doctorat. Montpellier 220 pages.

FAROOQ M., HUSSAIN M., SIDDIQUE K 2014. Drought Stress in Wheat during Flowering and Grain-filling Periods. *Critical Reviews in Plant Sciences* 33(4)

FEBRERO A., ROBER J., BROWN RH., ARAUS JL., 1990. The role of durum wheat ear as photosynthetic organ during grain filling. In : *Advanced trends in photosynthesis*, Malorca, Spain (unpublished).

FAESHADFAR, E., POURSIHABIDI, M., & Pour, A. R. 2012. Repeatability of drought tolerance indices in bread wheat genotypes. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 4(13), 891–903.

FELLAHI Z., 2017. Analyse génétique d'un croisement line x tester, réponse à la sélection et tolérance des stress du blé tendre (*Triticum aestivum* L.) sous conditions semi-arides. Thèse, Université Ferhat Abbas Sétif 1

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

FLAGELLA, Z., GIULIANI, M., GUIZIO, L., VOLPI, C., & MASCI, S. 2010. Influence of water deficit on durum wheat storage protein composition and technological quality. *European Journal of Agronomy*, 33(3), 197–207. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2010.05.006>

GATE P., 1995 : Ecophysiologie du blé : de la plante à la culture. Ed Lavoisier. 429p.

GOUACHUI D., BANCAL P.2, de SOLAN B.1, G. P. 2014. Tolérance du blé tendre aux stress biotiques et abiotiques Gouache. *Innovations Agronomiques* 35 (2014), 75-87.

GUERIN C., 2019. Analyse des facteurs de transcription de la famille NAC chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) et leur implication dans la réponse à des stress abiotiques. Thèse, Université Clermont Auvergne

Labdelli, A., HALIS, Y., ADDA, A., & Soualem, S. 2016. Study of parameters of osmotic adjustment of some genotypes of Durum Wheat (*Triticum durum* Desf) under water deficit *Journal Algérien des Régions Arides*. June.

LAMARA A., BENGUEDOUDJ S., 2019. Etude du comportement variétal du blé tendre (*Triticum aestivum* L.) vis-à-vis du stress hydrique dans la région de Sétif. Mémoire Master. Université BBA

LESAGE V., 2011. Contribution à la validation fonctionnelle du gène majeur contrôlant la dureté/tendreté de l'albumen du grain de blé par l'étude de lignées quasi-isogéniques

LINGAN, A., & GOPALSAMY, P. 2010 Sustainable Solid Waste Management with Special Reference to Controlled Composting in Puducherry and Cuddalore Towns , India Sustainable Solid Waste Management with Special Reference to Controlled Composting in Puducherry and Cuddalore Towns , India.

KARA K., KARA Y., 2015. Thème Interactions génotype-milieu de variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) sous stress hydrique.

KHAKWANI A., DENNET, M. D., MUNIR, M., & ABID, M. 2012. Growth and yield response of wheat varieties to water stress at booting and anthesis stages of development. *Pakistan Journal of Botany*, 44(3), 879–886

MAHPHARA, S., HUSSAIN, S. T., & FAROOQ, J. 2015. Drought Tolerance Studies in Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Cercetari Agronomice in Moldova*, 47(4), 133–140.

MAYDUP, M. L., ANTONIETA, M., GUIAMET, J. J., GRACIANO, C., LOPEZ, J. R., & TAMBUSI, E. A. 2010. The contribution of ear photosynthesis to grain filling in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Field Crops Research*, 119(1), 48–58.

MAYDUP M.L., ANTONIETTA C., GRACIANO M., GUIAMET J.J., TAMBUSI E.A., 2014. The contribution of the awns of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) to grain filling : Responses to water deficit and the effects of awns on ear temperature and hydraulic conductance. *Field Crops Research* 167 :102–111.

MELKI M., 2008 : Comportement différentiel de quelques variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) Vis-à-vis le stress hydrique.

MEKLIICHE A., Mohamed, M. O. S., & Mohamed, M. M. (2020). THÈSE Présentée pour l'obtention du diplôme de Doctorat LMD 3.

MERAH O., & MONNEVEUX, P. 2014. Contribution of Different Organs to Grain Filling in Durum Wheat under Mediterranean Conditions I. Contribution of Post-Anthesis Photosynthesis and Remobilization. 1–9. <https://doi.org/10.1111/jac.12109>

MISBAH S, GHULAM S, AWAIS R, ALVINA G TARIQ M AND ABDUL MUJEEB-K. 2015. Performance of diverse wheat genetic stocks under moisture stress condition. *Pak. J. Bot.*, 47(1) : 21-26, 2015.

MOUELLEF A., 2010. Mémoire Thème Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (*Triticum durum* Desf.) au stress hydrique. Mémoire master, Université Mentouri, Constantine.

MONNEVEUX P., 1991. Quelles stratégies pour l'amélioration génétique de la tolérance au déficit hydriques des céréales d'hiver. I n : l'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. AUPELF-UREF. Ed. John Libbey. Eurotest .pp: 165- 186.

MOSTRFAOUI W., MOHAMMADI A., 2019. Etude de la diversité morphologique de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.).Mémoire Master. Univ Msila

NAWAZ, A., FAROOQ, M., CHEEMA, S. A., YASMEEN, A., & WAHID, A. 2013. Stay green character at grain filling ensures resistance against terminal drought in wheat. International Journal of Agriculture and Biology, 15(6), 1272–1276.

NEMMAR M., 1980. Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L). Étude de l'accumulation de la proline sous l'effet du stress hydrique .Thèse D.A.A. ENSA. Montpellier. 65p.

NEZHADAHMADI, A., PRODHAN, Z. H., & FARUQ, G. 2013. Drought tolerance in wheat. The Scientific World Journal, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/610721>

OKREFI Z et BOUREZG N 2020. Caractérisation biochimique in vitro au stade tallage chez quelques variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) sous stress salin.

SALI Y., BEN RICHE C 2018. Etude comparative de quelques variétés de blé tendre oasisien sous système traditionnel.

SALMI 2015. Caractérisation morpho-physiologique et biochimique de quelques générations F2 de blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous conditions semi-arides.

SHAMSI, K., PETROYSAN M., NOOR-MOHAMMADI, G., HAGHPARAST A., KOBRAE, S., & RASEKHI, B. 2011. Differential agronomic responses of bread wheat cultivars to drought stress in the west of Iran. *African Journal of Biotechnology*, 10(14), 2708–2715. <https://doi.org/10.5897/ajb10.1133>

SHEWRY *et al.*, 2009 : Variation in mineral micronutrient concentrations in grain of wheat lines of diverse origin *Wheat Journal of experimental botany*. 60(6) : 15-37.

SOUILAH N., 2009. Diversité de 13 génotypes d'orge (*Hordeum vulgare* L) et de 13 génotypes de bl2 tendre (*Triticum aestivum* L.) Etude des caractères de production et d'adaptation. Mémoire Master, Université Mentouri. Constantine

TSHIABUKOLE, J.-P. K. (2018). Evaluation de la sensibilité aux stress hydrique di Mais (*Zea Mays* L.) cultive dans la savane du sud-ouest de la RD CONGO, cas de mvuazi. Thèse, 161. <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-02062632/>