



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: " génétique moléculaire et Amélioration des plantes "

Présenté et soutenu publiquement par

AMARA Sabrina

KELIKHI Fatima Zohra

SMAIL Messaouda

THÈME :

Effet de l'alimentation hydrique sur la teneur en amidon et en protéine des grains matures chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.)

JURY:

Président: M^r DELLAL A.

Professeur, Faculté SNV Tiaret

Promoteur :M^r ADDA A.

Professeur, Faculté SNV Tiaret

Co-promotrice : M^{elle} BOUZID A.

Doctorante, Faculté SNV Tiaret

Examinatrice: M^{me} MOKHFI F.Z.

MAB. Faculté SNV Tiaret

Promotion 2018/2019



Dédicace

Je Dédie ce modeste travail à la source de tendresse et de bonheur, A ceux qui ont consacré toute leur vie pour moi, Mes très chers parents : TAMI et FATMA

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous.

Je prie Dieu du fond du cœur qui il accepte mes vœux et désir.

A mon très cher professeur : Mr ADDA Ahmed, Un remerciement particulier et sincère pour tous l'importance que vous m'avais accordé, puisse dieu, le tout puissant te préserve et t'accorder santé, longue vie et bonheur.

À mes frères : Allal, said, et Mohamed et mes chers sœurs Halima, fouzia, Sabrina et Wiame a tout ma famille et ce qui me sont chers

À mon fiancé : Oussama et tout ça famille Taibi

À mes amies : Soumia, Wafaa, Fatima Z, Amel, Hadjer, Ikram, Wissam, Ilham, Fatima, Fadhila, Fatima B

A tous mes collègues de la promotion

" Amélioration Des Plantes 2019 "

Sabrina



Dédicace

Je Dédie ce modeste travail à la source de tendresse et de bonheur, A ceux qui ont consacré toute leur vie pour moi, Mes très chers parents : Mohamed et Mama

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous.

Je prie Dieu du fond du cœur qui il accepte mes vœux et désir.

A mon très cher professeur : Mr ADDA Ahmed, Un remerciement particulier et sincère pour tous l'importance que vous m'avais accordé, puisse dieu, le tout puissant te préserve et t'accorder santé, longue vie et bonheur.

A mes frères Abdelhafidh et Mounir

A mes sœurs Karima HoudaImen Rachida et Kheiraa tout ma famille et ce qui me sont chers

A mon fiancé Abdessamed et toute sa famille Rabahi

A mes amies Manel Fatima Asmaa Noura Hanan Nadjat Semsouma Fatima Wafaa Sabrine Khadidja

Mes cousins Abdellatif et Nadjat

Mes oncles et mes tantes

Toute la famille Kelikhi et Kalakhi

A tous mes collègues de la promotion

*"Amélioration Des Plantes 2019" **Fatima***



Dédicace

Je Dédie ce modeste travail à la source de tendresse et de bonheur, A ceux qui ont consacré toute leur vie pour moi, Mes très chers parents :Alia et Ahmed

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous.

Je prie Dieu du fond du cœur qui il accepte mes vœux et désir.

A mon très cher professeur : Mr ADDA Ahmed, Un remerciement particulier et sincère pour tous l'importance que vous m'avais accordé, puisse dieu, le tout puissant te préserve et t'accorder santé, longue vie et bonheur.

A chères frères kamel et kacem ...A mes chéressoeureszahira , soria ,Hannen , Affef , Messaouda et Hadil ... A mes petits frères abdo , abd el illeh , mohamed , ahmed ,Tasnim, Sirine , Toulà , Ilyas , Kacimo , Wassim et les jumeaux; Hassen et Houssin ...tout ma famille er ce qui me sont chers

A mon fiancé et tout la famille tifouri

A mesamies

Djamila ,Hind, Hadjer , Imen, nadjat, Ikram, , karima,Mbarka

A tous mes collègues de la promotion

“ Amélioration Des Plantes 2019”

Messaouda

REMERCIEMENT

Ce mémoire est consacré à Effet du déficit hydrique et la nature de l'organe sur la qualité biochimique du grain de blé dur (Triticum durum Desf.) A ce titre, Nous tenons à remercier l'ensemble des personnes ayant contribué à ces travaux :

Nous tenons à remercier très chaleureusement mon encadreur

Pr. ADDA Ahmed

pour sa sympathie, sa disponibilité d'être toujours accueillant à mon égard et de mon avoir fait bénéficier de ses grands compétences scientifiques et intellectuelles, ses orientations, ses conseils, ses remarques pertinentes et surtout son aide pendant tout cette année et tout au long de la réalisation de ce travail.

MERCI MONSIEUR

*Nous tenons à remercier **Doc. BOUZID Assia** pour sa participation dans la réalisation de ce travail.*

Nous exprimons nos remerciements aux honorables membres de jury :

*Au président du jury, **Pr DELLAL A.** qui nous a fait l'honneur de présider le jury de notre mémoire.*

*A l'examinatrice **Mme MOKHFI F.Z.** de nous avoir honorée en acceptant de juger ce modeste travail.*

*Nous remercions beaucoup les membres de laboratoire de L'ITMA en particulier **Mr AGGED** et **Mr LABDELLI** qu'ils trouvent ici l'expression de notre reconnaissance le plus sincère, MERCI.*

*Nous remercions beaucoup les membres de laboratoire du Biotechnologie et Physiologie végétale en particulier Mme **MOKHFI Fatima Z.** et **BENCHOÛRA Atika***

Enfin, nous remercions tous ceux qui ont du pré ou du loin contribué à la réalisation de ce travail. Je présente mes remerciements et mes gratitude.

Sommaire

Sommaire	V
Liste des figures	VIII
Liste des tableaux	IX
Liste des abréviations	X
Introduction	2
Chapitre I : Recherche bibliographique.....	3
I. Généralité sur le blé dur (<i>Triticum durum</i> Desf.).....	3
1. Historique, origine et classification.....	3
2. Les conditions favorables de la culture de blé dur :	3
3. La morphologie de la plante	4
4. Le grain de blé.....	4
4.1. Les composants de la graine de blé	5
4.1.1. Albumen:	5
4.1.2. Germe ou embryon.....	5
4.1.3. Les enveloppes	6
4.1. Les principaux constituants du grain de blé	6
4.1.1. L'amidon.....	6
a. L'amylose	6
b. L'amylopectine.....	6
4.1.2. Les protéines du grain de blé.....	6
4.1.2.1. Les types de protéines du blé	7
a. Les protéines de structure et de fonction	7
b. Les protéines de réserves.....	7
4. Le remplissage du grain	8
4.1 La photosynthèse courante	8
4.2 La remobilisation des réserves	8

5. Le rendement en grain et le remplissage	9
6. Réponses des plantes au déficit hydrique	9
6.1. Introduction	9
6.1.1. L'esquive.....	10
6.1.2. L'évitement :	10
6.1.3. La tolérance :	10
6.1.4. La résistance :	10
Chapitre III : matériels et méthodes	12
1. L'objectif de l'expérimentation.....	12
2. Matériel végétale utilisé	12
3. Le Protocole expérimental adopté.....	13
4. Les mesures effectuées.....	14
4.1 Dosage de l'amidon.....	14
a. Mode opératoire.....	14
a.1. Préparation de la courbe d'étalonnage.....	14
a.2. Préparation de l'échantillon à analyser :	14
4.2 Dosage des protéines par la méthode Bradford.....	14
a.1. Préparation de la solution d'étalonnage	14
a.2. Dosage des protéines	15
4.3 Analyse statistique.....	15
Chapitre IV : Résultats	16
1. Effets de la nature du génotype, de la situation hydrique et la nature des organes sur la teneur en amidon ($\mu\text{g/ml}$)	16
2. Effets de la nature du génotype, de la situation hydrique et la nature des organes sur la teneur en Amylose ($\mu\text{g/ml}$).....	16

3. Effets de la nature du génotype, de la situation hydrique et la nature des organes sur la teneur en Amylopectine ($\mu\text{g/ml}$)	16
4. Effets de la nature du génotype, de la situation hydrique et la nature des organes sur la teneur en protéine ($\mu\text{g/ml}$).....	17
1- effet de l'organe, le génotype et la situation hydrique sur l'accumulation des réserves au niveau des grains de blé dur (<i>Triticum durum</i> Desf.).....	18
1.1. La teneur en amidon, amylose et amylopectine dans les grains de blé dur conduites a 100, 60 et 30%CC	18
1.1. La contribution du col de l'épi dans l'accumulation des réserves (amidon, amylose, amylopectine).....	19
1.1. La contribution de l'épi dans l'accumulation des réserves (amidon, amylose, amylopectine).....	20
1.1. La contribution de la dernière feuille dans l'accumulation des réserves (amidon, amylose, amylopectine).....	22
2. Effets de la nature du génotype, de la situation hydrique et la nature des organes sur la teneur en protéine ($\mu\text{g/ml}$).....	23
V. Discussion des résultats.....	26
VI. Conclusion	28
Références Bibliographiques.....	29

Liste des figures

Figure01: Evolution et origine des blés tétraploïdes et hexaploïdes (MESTIRI <i>et al.</i> ,2010).....	03
Figure02: Anatomie schématique du grain de blé et proportion relative des principaux tissus de grain (BARRON <i>et al.</i> , 2012).....	04
Figure 03 :: Protocole expérimentale pour évaluer la contribution des différents organes dans le processus de remplissage du grain chez le blé dur (1- les plants témoins, 2- les plantes avec un col caché, 3- les plantes avec un épi caché, 4- des plantes sans la dernière feuilles.....	13
Figure04 : l'accumulation de l'amidon, amylose et amylopectine au niveau des grains sous l'effet de l'organe, le génotype et la situation hydrique.....	19
Figure05 : Effet de l'implication de la photosynthèse du col de l'épi sur les variations de l'amidon, amylose et amylopectine au niveau des grains.....	20
Figure06 : Effet de l'implication de la photosynthèse de l'épi sur les variations de l'amidon, amylose et amylopectine au niveau des grains.....	21
Figure07 : Effet de l'implication de la photosynthèse de la feuille étendard sur les variations de l'amidon, amylose et amylopectine au niveau des grains.....	23
Figure08 : Effet de des variations génotypiques et la nature de l'organe sur la teneur en protéine à 100%CC	25
Figure09 : Effet de des variations génotypiques et la nature de l'organe sur la teneur en protéine à 60%CC	26
Figure10 : Effet de des variations génotypiques et la nature de l'organe sur la teneur en protéine à 30%CC	26

Liste des tableaux

Tableau 01 : les caractéristiques des génotypes utilisés.....	12
Tableau 02 : Les opérations culturales de la première expérimentation	14
Tableau 03 : Effets de la nature du génotype, de la situation hydrique et la nature des organes sur la teneur en amidon, amylose et amylopectine.....	17

Liste des abréviations

ACSAD:	Arab Center For The Studies Of Arid Zones And Dry Lands
ADH:	Avec Déficit Hydrique
CC:	Capacité Au Champ
ER:	Evolution Relative
ICARDA:	International Center For Agricultural Reaserch In The Dry Areas
PMG:	Poids De Mille Grains
SDH:	Sans Déficit Hydrique

Introduction

Introduction

La presque totalité de la nutrition de la population mondiale est fournie par des aliments en grain dont 95% sont produits par les principales cultures céréalières. Ces dernières constituent une part importante des ressources alimentaires de l'homme.

Parmi ces céréales, le blé dur (*Triticum durum* Desf.) occupe une place prépondérante avec une production annuelle d'environ 30 millions de tonnes (BENBELKACEM *et al.*, 2000).

En Algérie, ses produits constituent un élément de base d'alimentation de la population locale (ADDA *et al.*, 2005). Cependant, les niveaux de production de cette espèce demeurent faibles pour satisfaire les besoins exprimés et qui ne cessent de croître. Cette situation s'explique les faibles rendements enregistrés durant les campagnes agricoles et qui expriment l'impact de nombreux stress abiotiques. En effet, suivant la répartition de la culture dans les plaines intérieures et les hauts plateaux intégrés dans les aires semi-arides méditerranéennes, le déficit hydrique constitue le principal facteur représentatif de ces stress qui limite grandement l'élaboration du rendement et par conséquent la productivité de l'espèce.

L'amélioration de la production chez le blé dur repose sur la qualité des solutions apportées à ces entraves et par conséquent l'accroissement du rendement (ERCOLI *et al.*, 2008). La lutte contre la sécheresse impose la disponibilité des ressources hydriques et leur meilleure gestion par le matériel végétal cultivé. L'introduction de l'irrigation d'appoint s'heurte au problème de la rareté des disponibilités hydriques et la conduite d'un matériel végétal caractérisé par une efficacité élevée d'utilisation d'eau constitue une solution de référence de lutte contre la sécheresse. Cependant, la création du matériel végétal plus tolérant à ce stress impose préalablement une étude des mécanismes impliqués.

L'impact de la sécheresse sur la productivité du blé dur dépend de son intensité et l'époque de sa déclaration. Durant le cycle de développement de la plante du blé dur, on évoque que certaines phases s'annoncent plus sensibles au manque d'eau que d'autres. La phase de formation du grain compte parmi les stades les plus sensibles au déficit hydrique dont l'expression réduit sensiblement l'élaboration du rendement. C'est au cours de cette période que se différencient les constituants du grain, dont les tissus de réserve et l'accumulation des nutriments à leur niveau. Il est constaté une forte activité photosynthétique pour la disponibilité des photoassimilats ainsi que leur transformation en substances de réserves. Dans cette situation une meilleure efficacité d'utilisation d'eau disponible s'impose. L'élaboration du poids final du grain se réalise par une activité photosynthétique courante des

organes impliqués et d'une translocation des réserves emmagasinés dans les différentes parties de la plante. Il est évident que leur longévité soit déterminante pour accomplir ce processus. La synthèse courante des photoassimilats est gouvernée essentiellement par les constituants de la plante qui sont situées au dessus du dernier nœud. En effet, la dernière feuille, le col de l'épi, la barbe, les enveloppes des graines et les grains représentent les principales sources des substances assurant le remplissage du grain.

Le travail réalisé dans cette recherche tente d'élucider la contribution des organes évoqués précédemment dans l'élaboration de la qualité du grain, sous des régimes hydriques différents. Les paramètres permettant d'évaluer la qualité dans ce travail se rapportent à la teneur en protéines et en polysaccharides. A cet effet, cinq génotypes de blé dur ont été conduits sous trois régimes hydriques différents.

Le travail réalisé est présente dans ce mémoire selon trois parties. Dans une première est présentée une étude bibliographique se rapportant au sujet traité. Dans la seconde partie sont présentées les démarches et les méthodes utilisées. Enfin, les résultats obtenus ainsi que leurs discussions sont présentés dans une troisième partie.

Chapitre I :

Recherche
bibliographique

Chapitre I : Recherche bibliographique

I. Généralité sur le blé dur (*Triticum durum* Desf.)

1. Historique, origine et classification

Les espèces de blé (genres *Triticum* et *Aegilops*) ont été particulièrement évoluées suite à des allopolyploïdisations (MESTIRI *et al.*, 2010 ; FELDMAN *et al.*, 2005).

Le blé dur (*Triticum durum* Desf.) est une plante de la classe des Monocotylédones de la famille des *poaceae*, de la tribu des Triticées et du genre *Triticum*. Elle présente un génome tétraploïde (génome AA BB) (FEILLET *et al.*, 2000).

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 et chaque génome est constitué de 7 paires de chromosomes homéologues (SIMÕES *et al.*, 2011). 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 (MESTIRI, 2010). En termes de production commerciale et d'alimentation humaine, cette espèce est la deuxième plus importante du genre *Triticum* après le blé tendre.

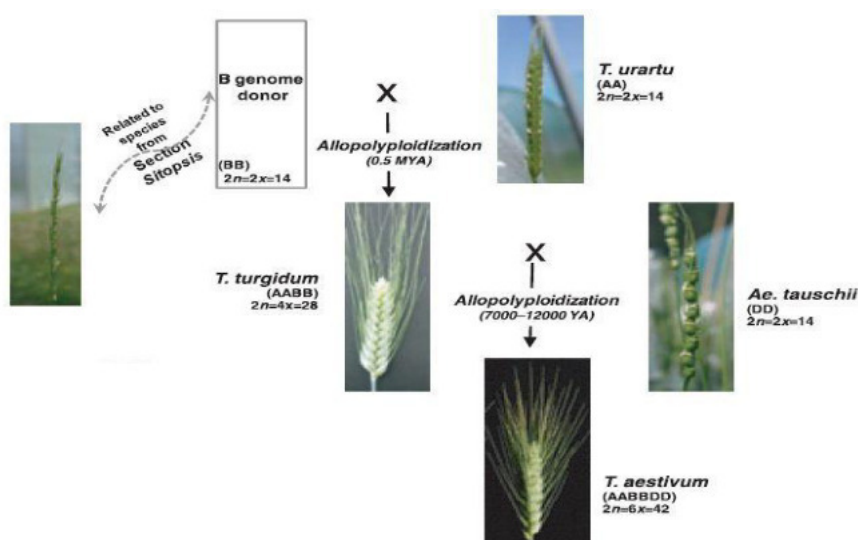


Figure 01 : Evolution et origine des blés tétraploïdes et hexaploïdes (MESTIRI *et al.*, 2010)

2. Les conditions favorables de la culture de blé dur :

Le blé dur est bien adapté aux régions à climat relativement sec, où il fait chaud le jour et frais la nuit durant la période végétative, ce qui est typique des climats méditerranéens et

tempérés. Les semences peuvent lever à aussi peu que 2 °C, même si la température optimale est de 15 °C (**BOZZINI, 1988**). La plus grande partie du blé dur produit dans le monde est constituée de blé de printemps. Toutefois, il existe des variétés de blé dur d'hiver (qui ont besoin de vernalisation pour amorcer la transition de la phase végétative à la phase reproductrice) (**DOMNEZ et al., 2000; SCHILLING et al., 2003**).

3. La morphologie de la plante

1. L'appareil végétatif :

L'appareil végétatif comprend l'appareil racinaire et l'appareil aérien (**GATE et GIBAN, 2003**).

L'appareil racinaire de blé comme toute graminée dispose au cours de son développement de deux types de racines qui apparaissent successivement « le système racinaire séminale et adventive » (**GATE, 1995**). Ce système est de type fasciculé où chaque axe se ramifie pour donner naissance à des racines secondaires et tertiaires (**CLEMENT, 1971**).

Le système aérien est formé d'un certain nombre d'unités biologiques, les talles, les feuilles et les gaines, le talle est formé d'une tige feuillée ou chaume portant à son extrémité une inflorescence (**CLEMENT, 1971 ; MOULE, 1980 ; GATE, 1995**). Le premier talle apparu est appelé brin-mâitre. Il se forme à partir de bourgeons axillaires aux nœuds à la base de la tige principale (**BOZZINI, 1988**). Le système aérien est formé d'un certain nombre d'unités biologiques, les talles, les feuilles et les graines.

4. Le grain de blé

Le grain de blé dur (*Triticum durum* Desf.) est un fruit sec indéhiscant (caryopse) (**CLERGE et al., 2011**), dans lequel les enveloppes du fruit sont intimement soudées à celles de la graine (**SAULNIER et al., 2012**). De la surface externe vers le centre du grain se trouvent successivement le péricarpe externe (épicarpe) (**BOUTIGNY et al., 2007**), et le péricarpe interne constitué par le mésocarpe et l'endocarpe. Viennent ensuite la testa et l'épiderme du nucelle (ou couche hyaline) (**SURGET & BARRON et al., 2005**). La taille du grain (de 5 à 7 mm de long, de 2,5 à 4 mm de large et de 2,5 à 3,5 mm d'épaisseur) et son poids (entre 20 et 50 mg) (**SURGET & BARRON et al., 2005**). La croissance du grain suit une courbe sigmoïde avec une phase de faible accumulation de matière sèche, une phase

linéaire et enfin un plateau (TRIBOI *et al.*, 1990).

Le grain de blé dur est formé de trois types de tissu: le germe (3%), les enveloppes (13-16% du grain) et l'albumen (80-85% du grain) (KENT & EVERS *et al.*, 1994 ; BARRON *et al.*, 2007).

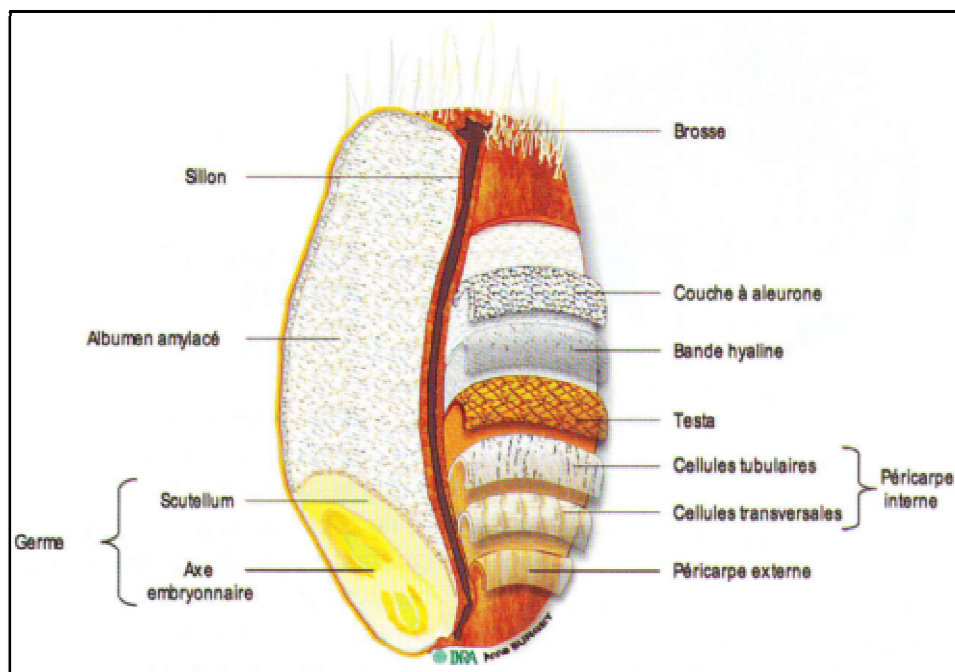


Figure 02: Schéma d'un grain de blé en coupe longitudinale (BARRON *et al.*, 2005)

4.1. Les composants de la graine de blé

4.1.1. Albumen:

Représente le tissu le plus abondant du grain (KENT & EVERS *et al.*, 1994), on trouve deux tissus distincts dans l'albumen :

1. La couche à aleurone ou assise protéique (aleurone loyer) : Elle est composée de cellules vivantes hexagonales de taille 37-65 μm x 25-75 μm . Cette couche riche en protéines et en lipides, présente aussi de fortes teneurs en micronutriments
2. L'albumen amylopectique (starchy endosperme) : de l'extérieur vers l'intérieur du grain, on distingue les cellules sous-aleurone, les cellules prismatiques et les cellules centrales.

4.1.2. Germe ou embryon

C'est l'ébauche de la future plante. Il est riche en protéines et en Lipides et contient également des minéraux, des vitamines et des sucres soluble (SONG *et al.*, 1998). Le germe

se décompose en deux parties : l'axe embryonnaire et le scutellum (**BARRON *et al.*, 2005**).

4.1.3. Les enveloppes

Les enveloppes du grain sont composées de cinq tissus superposés, chacun de ces tissus possède une épaisseur et une nature différente (**BARRON *et al.*, 2007**).

4.1. Les principaux constituants du grain de blé

4.1.1. L'amidon

D'après **SURGET *et al.*, (2005)**, l'albumen est le principal constituant de l'albumen des grains des céréales. Chez le blé, il présente une distribution bimodale avec des gros grains (15 à 35µm de diamètre) et des grains plus petits (environ 10µm de diamètre) (**SAULNIER, 2012**). Ce polysaccharide de réserve est un mélange de deux polymères de D-glucopyranose qui s'organisent en grains semi- cristallins (**BATTAIS *et al.*, 2007 ; FEILLET, 2000**).

L'amidon est un mélange de deux polymères de D-glucopyranose, l'amylose et l'amylopectine (Figure04), qui se diffèrent entre elles par le degré de polymérisation et le nombre de ramification (**SESTILI *et al.*, 2010**).

a. L'amylose

L'amylose est un long polymère linéaire d'unité de D-glucose avec des liaisons de type α -(1-4) (**SAULNIER, 2012**), qui peut aussi posséder quelques ramifications avec des liaisons α -(1,6) (25-55% des molécules d'amylose) (**DEBITON, 2010**), dont le degré de polymérisation est inférieur à 10^4 unités (**SESTILI *et al.*, 2010**).

b. L'amylopectine

L'amylopectine est le polymère hautement ramifié de l'amidon, il est représenté par une structure branchée avec des liaisons α - (1-4) et 5 à 6% de liaisons α - (1-6) qui est à l'origine des ramifications (**SAULNIER, 2012**). Selon **SESTILI *et al.*, (2010)**, le degré de polymérisation des amylopectine est environ 10^5 - 10^6 unités.

4.1.2. Les protéines du grain de blé

Le grain de blé contient entre 10 et 15% de protéines selon la variété. Plusieurs auteurs (**BATTAIS *et al.*, 2007 ; SAULNIER, 2012 et AYAD *et al.*, 2010**) ont adopté la classification des protéines par OSBORNE selon leur solubilité et définir quatre groupes :

- les albumens solubles dans l'eau,
- les globulines solubles dans les solutions salines,

- les gliadines solubles dans une solution eau/éthanol,
- les gluténines partiellement solubles dans les solutions diluées d'acide et dans certains détergents ou dissociant.

Selon la qualité et la quantité des protéines essentiellement le gluténine, les variétés de blé sont groupés dans différents classes (AYAD *et al.*, 2010).

4.1.2.1. Les types de protéines du blé

Selon BATT AIS *et al.*, (2007) et SAULNIER *et al.*, (2012), Le grain de blé est constitué par deux types de protéines, les protéines de structures et de fonction représentant environ 20% des protéines totales et constitués des albumens et globulines et les protéines de réserves (prolamines ou gluten) qui représentent environ 80%.

a. Les protéines de structure et de fonction

a.1. Albumines et globulines

Dans le blé, les albumines et les globulines sont les protéines les plus petites, ils sont concentrés dans les enveloppes, les cellules d'aleurone et le germe et avec des concentrations inférieurs dans l'endosperme (SRAMKOVA *et al.*, 2009).

b. Les protéines de réserves

b.1 Prolamines :

Selon BATT AIS *et al.*, (2007), D'OVIDIO *et al.*, (1991), et SAULNIER *et al.*, (2012); ces protéines sont caractérisées par une composition riche en proline et glutamine et constituées par environ 50% de gliadines (monomériques) et 50% de gluténines (polymériques).

b.2 Les gliadines

Représentent 20-30% de la teneur en protéines totale du grain et consiste principalement en polypeptides à chaîne unique (FERRISE *et al.*, 2014). Elles sont subdivisées en quatre groupes selon leur mobilité électrophorétique à pH acide, les α -, β -, γ - et ω -gliadines (BATT AIS *et al.*, 2007).

b.3 Les gluténines

Représentent environ 40% des protéines totales, selon leurs masses moléculaires,

peuvent être divisées en deux sous-unités :

Les sous-unités de faibles poids moléculaire (FPM) et les sous-unités de haut poids moléculaire (HPM) (**GREGOVA *et al.*, 2012**).

- Les FPM représentent 60–80% des gluténines totales et ont une composition en acides aminés proche de celle des gliadines.

- Les séquences des HPM montrent un domaine répétitif très important. Elles sont les prolamines les mieux caractérisées car de nombreuses études ont établi des corrélations entre la présence de certaines HPM et la qualité boulangère des farines (**BATTAIS *et al.*, 2007**).

4. Le remplissage du grain

L'amidon et les protéines de réserve du grain sont accumulés dans l'albumen constitué de la couche à aleurone périphérique et de cellules internes riches en amidon (**BARRON *et al.*, 2012**).

Au cours du déroulement de la phase de remplissage, la cinétique d'accumulation de la matière sèche du grain est assurée par deux sources principales d'assimilats, la photosynthèse courante et la remobilisation des réserves (**BLUM *et al.*, 1991**) :

4.1 La photosynthèse courante

L'essentiel du rendement en grains vient surtout de l'activité photosynthétique qui a lieu au cours du pré-anthèse (**BAHLOULI *et al.*, 2008**). Ce processus contribue d'une façon très importante dans le remplissage du grain. Selon **BELKHARCHOUCHE *et al.*, (2009)**, Un feuillage plus dense d'où un poids spécifique foliaire élevé permettant la consistance de l'appareil photosynthétique, une grande fertilité des épis, un nombre d'épi par m² le plus élevé et un poids du grain élevé.

4.2 La remobilisation des réserves

Au cours de la période végétative, qui s'étale du semis à floraison, l'architecture de la plante de blé se met en place au niveau aérien (émission de phytomères successifs) et souterrain (croissance et développement du système racinaire). Cette phase du développement impacte fortement les performances en termes de rendement en grains et de teneur en protéines. En effet, c'est au cours de cette phase que sont mises en place les capacités de stockage et d'assimilation de l'azote et du carbone (**BOUGARD, 2012**). La translocation de ces assimilats participe efficacement au remplissage du grain et par conséquent à

l'augmentation du poids moyen du grain (**BELKHARCHOUCHE *et al.*, 2009**).

L'importance relative de ces assimilats est dépendante de la quantité de matière sèche accumulée au stade épiaison qui détermine le potentiel des assimilats stockés et celui de sites à remplir (**BAHLOULI *et al.*, 2008**). Une vitesse ou une durée d'accumulation de la matière sèche élevée tout le long de la phase de remplissage du grain permet le transfert du maximum des assimilats stockés et produits (**BELKHARCHOUCHE *et al.*, 2009**).

5. Le rendement en grain et le remplissage

Le rendement en grains est l'un des principaux objectifs en sélection (**FELLAH *et al.*, 2002**). Pour le blé, le remplissage du grain contribue largement au rendement final en grain par son effet sur le poids du grain (**EL FAKHRI *et al.*, 2011**).

Sous système de culture pluviale et sous environnement contraignant, le rendement est la résultante de la durée, de la vitesse de remplissage et de la capacité de translocation des assimilats stockés dans la tige. Une longue durée de remplissage est souvent indicatrice d'une activité photosynthétique optimale, par contre une vitesse de remplissage élevée est indicatrice des effets des stress hydriques (**BAHLOULI *et al.*, 2008**).

DHOU EL DJABINE *et al.*, (2012) a montré que le rendement d'une culture est influencé par deux types de facteurs : les facteurs génétiques (intrinsèques à la plante) et les facteurs environnementaux. Selon ses résultats, il a démontré que quand les stress environnementaux abiotiques affectent une culture, ils peuvent occasionner des pertes de rendement considérables.

6. Réponses des plantes au déficit hydrique

6.1. Introduction

La sécheresse sous ses différentes formes, constitue l'un des facteurs majeurs limitant la croissance, le développement et la productivité des différentes espèces végétales. L'irrégularité de la sécheresse fait que son impact sur les plantes, dépend de son intensité et l'époque de sa déclaration. L'aire céréalière en Algérie est localisée principalement dans les plaines intérieures et les hauts plateaux où les déficits hydriques persévérants limitent significativement l'expression des potentialités (**AHMED *et al.*, 2013**).

Les céréales s'adaptent aux hautes températures par trois voies essentielles : l'échappement, l'évitement et la tolérance (**BLUM *et al.*, 1988 ; DHAOU-EL-DJABINE and YUCEF *et al.*, 2012**). La sécheresse ont été classés par (**TURNER *et al.*, 1979 et**

JONES *et al.*,1981).

6.1.1. L'esquive

Permet à certains génotypes d'échapper au stress en accomplissant leur cycle de développement en dehors des périodes de sécheresse. Ce phénomène est largement expliqué par la phénologie. Mais la sécheresse est imprévisible et les plantes sont forcément confrontées au stress une année ou l'autre (**CURTIS *et al.*,2002; BRIGGLE&CURTIS *et al.*,1987).**

6.1.2. L'évitement :

Un mécanisme d'évitement des stress thermiques et hydriques fréquemment observés en fin de cycle cultural. Dans le cadre de l'amélioration variétale pour ces régions, la manipulation de la date de floraison doit donc se faire indépendamment des gènes de sensibilité à la photopériode, notamment à travers l'utilisation des loci impliqués dans la voie autonome. Les gènes appartenant à la voie autonome ne sont pas connus à l'heure actuelle bien que des positions du génome contrôlant cette voie aient été identifiées (**HANOCQ *et al.*, 2007; GRIFFITHS *et al.*, 2009**). L'évitement de la déshydratation ou résistance qui permet le maintien d'un potentiel hydrique élevé dans la plante, elle peut être définie du point de vue physiologique, par sa capacité à survivre et à s'accroître, et du point de vue agronomique, par l'obtention d'un rendement plus élevé que celui des plantes sensibles (**MADHAVA RAO *et al.*, 2006**).

6.1.3. La tolérance :

La tolérance à la sécheresse est un phénomène complexe, faisant intervenir de nombreux mécanismes interagissant entre eux, et à déterminisme génétique complexe. Face à cette réalité, l'amélioration génétique de la tolérance à la sécheresse devrait se concevoir selon une stratégie qui valorise les apports potentiels des différentes disciplines (génétique, physiologie, biotechnologies, agro-météorologie, modélisation...) et qui prend en compte plusieurs niveaux d'intégration.

6.1.4. La résistance :

Une meilleure compréhension des mécanismes physiologiques impliqués dans la résistance au stress hydrique est de ce fait indispensable en vue de la sélection de cvs résistants chez cette espèce. L'ajustement osmotique (AO) apparaît aujourd'hui comme un mécanisme majeur d'adaptation des plantes à ce stress. Cependant, en dépit de l'abondante

littérature consacrée à ce mécanisme, il n'existe, à l'heure actuelle, qu'un nombre limité de travaux se rapportant au blé dur (**KAMELI et LÖSEL, 1996; REKIKI *et al.*, 1998; BAJJI *et al.*, 1999**).

Le système racinaire est moins affecté que la partie aérienne à la plus faible intensité de stress entraînant une augmentation du rapport Système racinaire/Partie aérienne, plus marquée dans le cas des 2 cas résistants (**BAJJI, 1999**). Une croissance soutenue du système racinaire en conditions de stress serait, selon certains auteurs, un facteur de résistance au stress hydrique (**MONNEVEUX et BELHASSEN, 1996**).

Chapitre III :

Partie

Expérimentale

Chapitre III : matériels et méthodes

1. L'objectif de l'expérimentation

Le travail initié dans cette recherche tente d'élucider l'effet de l'alimentation hydrique sur la teneur en amidon et en protéines au niveau du grain de blé dur (*Triticum durum* Desf.), sous l'implication des différents organes de la plante essentiellement, les enveloppes de l'épi, le col de l'épi et la dernière feuille .

Les caractéristiques retenues dans cette étude sont d'ordre biochimique pour évaluer l'effet de la nutrition hydrique sur l'accumulation de ces réserves au niveau du grain du blé dur.

2. Matériel végétale utilisé

L'étude a porté sur cinq variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.)(Tableau 01).Les grains étudiés sont issus d'un essai réalisé au niveau de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'Université IBN KAHLDOUN de Tiaret(2017/2018)et faisant l'objet de la préparation d'un travail de recherche, « **Etude de l'effet de déficit hydrique et la nature de l'organe sur l'activité des enzymes de formation de l'Amidon lors de remplissage du graine chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.)** »

Tableau 01: Les caractéristiques des génotypes utilisés

Code de génotype	Nom du génotype	Origine	Tolérance à La sécheresse	Cycle végétative
01	WAHA	ICARDA	Elevée	Précoce
02	ACSAD1361	ACSAD	Faible	Semi-tardif
03	MEXICALI 75	CIMMYT	Moyen	Précoce
04	OUED ZENATI	LOCALE	Moyen	Tardif
05	LANGLOIS	LOCALE	Elevée	Tardif

3. Le Protocole expérimental adopté

Le dispositif expérimental adopté comporte trois traitements hydriques (Fig.03). Un traitement 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 niveau de chaque traitement hydrique chacun des 5 génotypes est répété 4 fois.

Afin d'atteindre l'objectif escompté, après l'anthèse, un dispositif qui comprend principalement trois traitements est réalisé, à savoir, les plants témoins, les plantes avec un col caché, les plantes avec un épi caché et des plantes sans la dernière feuille. Les différents organes sont cachés par utilisation du papier aluminium. De très fines perforations sont réalisées au niveau du film en aluminium dans le but de permettre une meilleure circulation de l'air et un échange gazeux avec l'environnement.

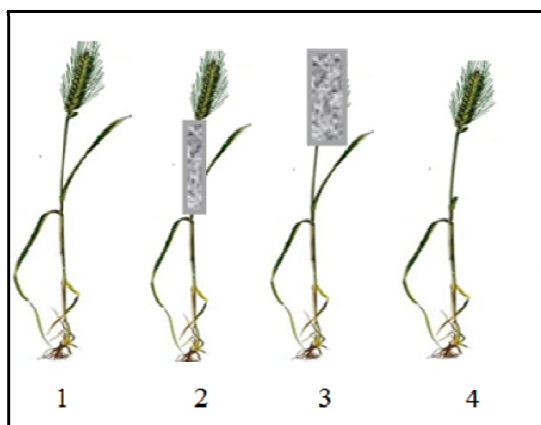


Figure 03 : Protocole expérimentale pour évaluer la contribution des différents organes dans le processus de remplissage du grain chez le blé dur (1- les plants témoins, 2- les plantes avec un col caché, 3- les plantes avec un épi caché, 4- les plantes sans la dernière feuilles)

4. Les mesures effectuées

4.1 Dosage de l'amidon

a. Mode opératoire

a.1. Préparation de la courbe d'étalonnage

Dans un bécher 250 ml, disperser 0,5g d'amidon dans 20 ml d'eau distillée. Y ajouter 80 ml d'eau distillée bouillante. Agiter légèrement le mélange et continuer l'ébullition pendant 5 min sur une plaque chauffante pour obtenir une solution d'amidon limpide. Refroidir le mélange, le transférer dans une fiole jaugée 100 ml et le compléter au trait de jauge avec l'eau distillée. Ceci constitue une solution mère d'amidon à 5 mg/ml.

a.2. Préparation de l'échantillon à analyser :

Prendre 0.1 g de la poudre des grains bien broyés et y ajouter 5 ml de 1N KOH. Bien homogénéiser la solution à la température ambiante et la neutraliser ensuite avec 5 ml de 1 N HCl. Mettre ensuite le mélange en ébullition au bain-marie pendant 15 min. Centrifuger le mélange 3000 tours/min pendant 10min et prendre le surnageant et l'utiliser pour le dosage de l'amidon. Préparer les tubes (échantillon) conformément au tableau ci-dessous

Tableau02: Les conditions d'analyses des échantillons

Réactif/ échantillon	Échantillon
Échantillon (ml)	0.05
H ₂ O (ml)	4.85
Réactif I ₂ /KI (ml)	0.1
- Incubation pendant 10min - Lecture 580 pour l'amidon - Lecture 720 pour amylose	

4.2 Dosage des protéines par la méthode Bradford

a.1. Préparation de la solution d'étalonnage

Dissoudre 25mg de BSA (serume albumin bovine) dans 0.15M NaCl et compléter le volume jusqu'à 25ml pour avoir une solution de 1mg/ml. A partir d'une solution mère d'albumine bovine à 1mg/ml, des solutions filles de concentrations croissantes ont été préparées. Le surnageant de chaque échantillon est additionnée à une solution de 5ml de réactif de Bradford. Après 15 minutes de réaction, la densité optique est lue à $\lambda = 595$ nm.

a.2. Dosage des protéines

100mg de poudre des graines broyées est homogénéisé avec 5ml de tampon phosphate (50mM / pH7.8) en présence de 1% de PVP et 0.01%(w/v) Triton X-100 et laissez réagir 1h30min. La solution est centrifugé à 5000tous/min pendant 15min. Le surnageant de chaque échantillon est additionnée à une solution de 5ml de réactif de Bradford. Laisser reposer 15 minutes et lire l'absorbance à 595 nm (Spectrophotomètre LIBRA S6).

4.3 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.

Chapitre III :

Résultats

Chapitre IV : Résultats

1. Effets de la nature du génotype, de la situation hydrique et la nature des organes sur la teneur en amidon ($\mu\text{g/ml}$)

La teneur en amidon représente un paramètre de référence de la qualité des grains de blé dur (*Triticum durum* Desf.). L'analyse des résultats obtenus (Tab.04) démontre que l'élaboration de la teneur en amidon des grains matures est grandement influencée par la nature des génotypes conduits ($p<0.001$) et des régimes hydriques adoptés ($p<0.001$). Les variations produites par les différents génotypes et les différentes situations hydriques sont d'une grandeur très hautement significative. L'influence des différents organes impliqués dans la formation du grain est également importante dans le dépôt de l'amidon dans le grain mature. Toutefois, cette influence reste fortement influencé par la nature du génotype ($p<0.001$) et la situation hydrique ($p<0.001$).

2. Effets de la nature du génotype, de la situation hydrique et la nature des organes sur la teneur en Amylose ($\mu\text{g/ml}$)

L'analyse des résultats statistiques (Tab.04) montre que les variations de l'amylose sont fortement influencées par l'implication des différents organes étudiés ($p<0.001$), Cette influence reste toutefois conditionnée par la nature des génotypes ($p<0.001$), et le régime hydrique appliqué ($p<0.001$). L'implication de chacun des organes étudiés dans le processus du remplissage du grain dépend de la nature du génotype concerné d'une part et la qualité de la situation hydrique d'autre part. Ceci se justifie par une influence hautement significative émanant de l'interaction entre le génotype et la nature de l'organe ($p<0.001$), et du génotype avec la situation hydrique adoptée ($p<0.001$).

3. Effets de la nature du génotype, de la situation hydrique et la nature des organes sur la teneur en Amylopectine ($\mu\text{g/ml}$)

L'analyse des résultats obtenus (Tab.04) démontre que l'élaboration d'amylopectine des graines est grandement influencé par la nature des génotypes ($p<0.001$) et la nature de l'alimentation hydrique adoptée ($p<0.001$). Selon cette étude, il se démontre que l'élaboration d'amylopectine est également conditionnée par l'implication des différents organes étudiés et susceptible être à l'origine du processus de la formation finale de cette entité. En effet, les différences imposées par la nature des organes sont très hautement significatives ($p<0.001$). On relève que cette implication reste grandement tributaire de la nature des génotypes conduits. Ceci se prouve par l'existence d'une influence significative émanant de l'interaction entre les organes étudiés et les génotypes testés ($p<0.001$).

4. Effets de la nature du génotype, de la situation hydrique et la nature des organes sur la teneur en protéine ($\mu\text{g/ml}$)

Les résultats dégagés de l'analyse des résultats obtenus (tab.04) révèlent que l'élaboration de la teneur en protéine dans au niveau de la graine ne dépend pas de l'alimentation hydrique ($p>0.05$). La nature de la variabilité génétique conduite permet des différences hautement significatives d'expression de cette variable ($p<0.001$). Cette influence reste toutefois conditionnée par la nature de l'organe ($p<0.001$).

L'interaction des facteurs d'étude présente des actions notable sur l'expression de ce paramètre ($p<0.001$), indiquant ainsi des comportements similaires des génotypes à l'égard des variations de la situation hydrique et la contribution de l'organe étudié.

Tableau 03: Effets de la nature du génotype, de la situation hydrique et la nature des organes sur la teneur en amidon, amylose et amylopectine

	Amidon	Amylose	Amylopectine	Protéine
	Test F			
Situation hydrique	153.24***	96.487***	154.58***	0.06ns
Génotype	17.78***	24.816***	15.60***	07.67***
Organes	93.07***	52.183***	95.71***	37.31***
Situation hydrique*génotype	69.30***	54.519***	67.63***	21.41***
Situation hydrique*traitement	66.31***	69.471***	64.13***	9.68***
Génotype*traitement	34.75***	28.894***	33.81***	8.65***
Situation hydrique*génotype*traitement	57.59***	44.207***	56.67***	7.85***

ns, non significatif, ***, significatif à ($p<0.001$)

5.1- effet de l'organe, le génotype et la situation hydrique sur l'accumulation des réserves au niveau des grains de blé dur (*Triticum durum* Desf.)

5.1.1. La teneur en amidon, amylose et amylopectine dans les grains de blé dur conduites a 100, 60 et 30%CC

Au niveau du traitement hydrique témoin, les teneurs des grains en amidon fluctuent entre les valeurs extrêmes de 395.38µg/ml (Waha) et 486.38µg/ml(ACSAD1361). Dans les traitements hydriques déficients (60%CC), la teneur en amidon au niveau de l'extrait des graines se limite entre 178.88µg/ml donnée par le génotype LANGLOIS et 486.38µg/ml enregistré par le génotype ACSAD1361.

Dans le lot conduit à 30%CC, les teneurs en amidon sont plus faibles et se limitent entre 133.55µg/ml (OUED ZENATI) et 1069.88µg/ml (MEXICALI75).

Concernant la teneur en amylose, les résultats obtenus (fig.04), démontre que l'application du déficit hydrique sous ses deux intensités à engendré une variation moyens des valeurs de ce paramètre. Ainsi, au niveau du lot conduit a 60%CC, l'intervalle des résultats est limité entre la valeur minimale de 15.33µg/ml(LANGLOIS) et 64.10µg/ml(ACSAD1361).

Sous les traitements hydriques 30%CC, la teneur en amylose diminue sensiblement pour enregistrer une valeur moyenne minimale de 4.36µg/ml (OUED ZENATI) et une valeur maximale de 141.02µg/ml (MEXICALI75).

Au niveau du traitement témoin conduit à 100%CC, les résultats moyen de la teneur en amylose (fig.04) indique que dans ces conditions, cette teneur a été constatée d'une manière plus marqué chez les génotypes WAHA et OUED ZENATI avec des taux de l'ordre de 351.24µg/ml et 349.95µg/ml respectivement. En comparaison avec le génotype LONGLOIS, chez lequel la teneur à été estimée de 132.34µg/ml.

Dans le lot conduit à 60%CC, la teneur le plus élevé et qui est évalué à 422.28 µg/ml, chez le génotype ACSAD1361, cette valeur reste toutefois supérieure a cette enregistré à 100%CC.

La conduite des génotypes sous les conditions de 30%CC a été grandement préjudiciable à l'élaboration de ce paramètre. Dans ces conditions, les génotypes Mexicali75, ACSAD1361 et WAHA ont enregistrés les meilleurs hautes teneurs avec respectivement les valeurs de 928.86µg/ml, 378.36µg/ml et 353.90µg/ml.

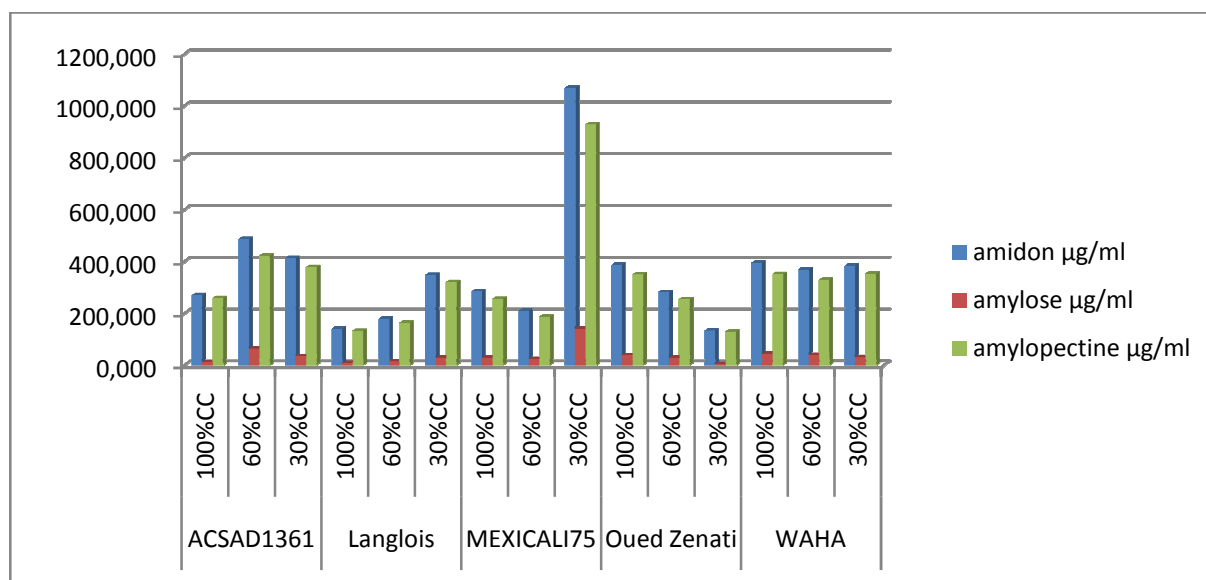


Figure04 :l'accumulation de l'amidon, amylose et amylopectine au niveau des grains sous l'effet de l'organe, le génotype et la situation hydrique

5.1.1. La contribution du col de l'épi dans l'accumulation des réserves (amidon, amylose, amylopectine)

Le col de l'épi joue un rôle important dans le remplissage du grain par sa photosynthèse courante à partir de l'anthèse et la remobilisation de ses réserves vers la graine. D'après les résultats obtenus, cette contribution dans la formation du grain dépend étroitement de la nature de génotype et de l'alimentation hydrique.

Concernant la teneur en amidon, et au niveau du conduit à 100%CC, les résultats moyen (Tab.05), indique que dans ces conditions, et en absence de l'activité photosynthétique du col de l'épi, la teneur en amidon est limité entre 201.22µg/ml chez les génotypes ACSAD1361 et 356.38µg/ml chez le génotype LANGLOIS.

Au niveau du lot conduit à 60%CC, la teneur en amidon s'évalue chez certains génotypes à 337.55µg/ml (Waha), 250.55µg/ml (ACSAD1361), 220.88µg/ml (Oued Zenati), 297.38µg/ml (Mexicali75) et 381.22µg/ml (Langlois).

Au niveau du lot conduit à 30%CC, les valeurs de ce paramètre s'annonce faible et se limitent entre 437.88µg/ml enregistré par WAHA et 239.38µg/ml donné par ACSAD1361.

Pour la teneur en amylose, au niveau des trois traitements conduits à 100, 60 et 30%CC, les résultats moyen (fig.05), indique que dans ces conditions, la teneur en amylose s'annonce faible avec une meilleure valeur 158.7µg/ml chez Oued Zenati.

Concernant la fraction d'amylopectine, et au niveau du lot conduit à 100%CC, les résultats moyens (Tab.03), indique que dans ces conditions, l'absence du col de l'épi influe d'une manière plus marquée chez le génotype ACSAD1361 qui enregistre une valeur de 183,15µg/ml qui reste faible en comparaison avec le génotype WAHA qui enregistre une dose de 325.03µg/ml.

Au niveau du lot conduit à 60%CC, l'implication de cet organe dans la formation du grain s'évalue chez certains génotypes tels que ACSAD1361, LANGLOIS à 222 ,357 µg/ml et 361,395 µg/ml respectivement, par contre le génotype OUED ZENATI est dominant d'amylopectine avec une dose de 1062,150µg/ml.

Au niveau du lot conduit à 30%CC, les valeurs de ce paramètre se limitent entre e de 209,64µg/ml. chez ACSAD1361 et 393,47µg/ml chez WAHA.

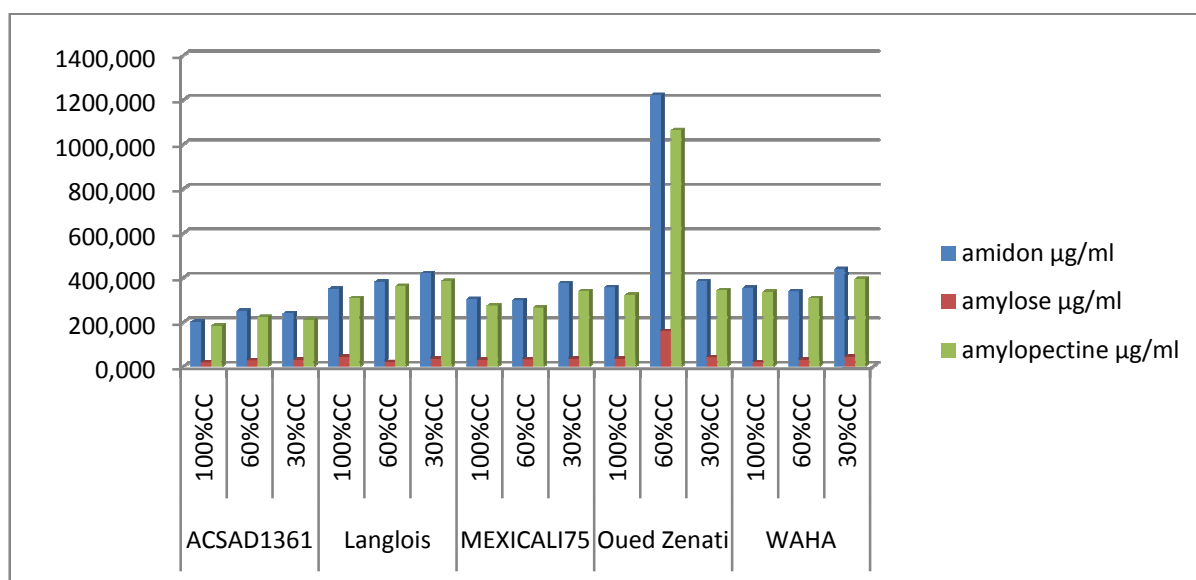


Figure05 : Effet de l'implication de la photosynthèse du col de l'épi sur les variations de l'amidon, amylose et amylopectine au niveau des grains

5.1.1. La contribution de l'épi dans l'accumulation des réserves (amidon, amylose, amylopectine)

Ce dernier est constitué d'unités de base représenté par les épillets. D'après les résultats obtenus (fig.06), et à 100%CC, la teneur en amidon est limitée entre 1260.55µg/ml chez MEXICALI75 et 320.88µg/ml chez ACSAD1361. Dans le lot conduit à 60 % CC, la teneur s'étale de 479.220µg/ml et 208.887µg/ml, des valeurs extrêmes relevées respectivement chez les génotypes, LANGLOIS et MEXICALI75. Enfin, dans le traitement conduit à 30%, l'absence de la photosynthèse émanant de l'épi affecte l'élaboration de cette fraction ou le

génotype MEXICALI75 enregistre une valeur de 281.55 μ g/ml qui demeure faible.

Concernant la teneur en amylose, la conduite des génotypes sous les conditions de 100%CC à été grandement préjudiciable à l'élaboration de ce paramètre. Dans ces conditions les taux ont atteint une valeur maximale 163.62 μ g/ml relevée MEXICALI75 et une valeur minimale dégagée est de 1.71 μ g/ml OUED ZENATI qui reste insignifiante.

Dans le lot conduit a 60%CC, les données extraite par ces génotypes sont limité entre 15.46 μ g/ml chez le génotype WAHA et 42.99 μ g/ml chez le génotype LANGLOIS.

Dans le lot conduit a 30%CC, les valeurs enregistrés sont compris entre 20.97 μ g/ml et 69.97 μ g/ml respectivement par les génotypes MEXICALI75 et OUED ZENATI et qui s'évalue plus importante.

En ce qui concerne la teneur en Amylopectine, au niveau de traitement irrigué à 100%CC, les génotypes MEXICALI75 et LANGLOIS ont enregistrés les meilleures valeurs avec 1096.92 μ g/ml et 568.81 μ g/ml respectivement. Par contre, le génotype ACSAD1361 à enregistré une valeur minimale de 302.11 μ g/ml.

Dans le lot conduit a 60%CC, les mêmes génotypes (MEXICALI75, LANGLOIS et ACSAD1361) ont enregistrés des valeurs de 179.89 μ g/ml, 436.22 μ g/ml et 232.12 μ g/ml qui sont plus faible.

Dans le lot 30%CC, les données de ce paramètres sont limité entre 260.58 μ g/ml enregistré par le génotype MEXICALI75 et 474.23 μ g/ml donnée par le génotype OUED ZENATI.

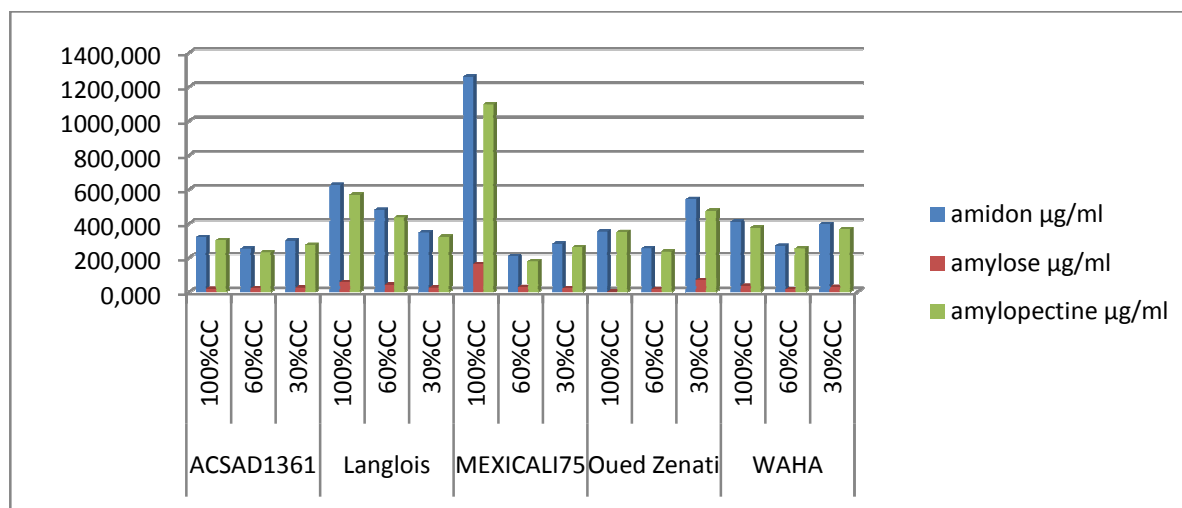


Figure06 : Effet de l'implication de la photosynthèse de l'épi sur les variations de l'amidon, amylose et amylopectine au niveau des grains

5.1.1. La contribution de la dernière feuille dans l'accumulation des réserves (amidon, amylose, amylopectine)

Au niveau du traitement sans feuille conduit à 100%CC, l'intervalle des résultats est limité entre 212.554µg/ml et 1269.554µg/ml pour les géotypes LANGLOIS et ACSAD1361 respectivement. Au niveau du lot conduit à 60%CC, l'absence de l'implication de cet organe dans la formation du grain s'évalue chez certains géotypes avec des teneurs extrêmes en amidon de 217.88µg/ml MEXICALI75 minimal et 1068.22µg/ml OUED ZENATI maximal.

Au niveau du lot conduit à 30%CC, le taux de teneur conserve toujours une participation mais cette fois elle s'annonce faible avec un niveau de 421.55µg/ml chez WAHA, et forte avec un niveau de 1247.58µg/ml chez MEXICALI75 ou les valeurs s'expriment importants.

Concernant la teneur en Amylose, d'après les résultats obtenus (fig.07), dans le lot témoin (100%CC), la teneur dans la formation du grain est de l'ordre de 9.86µg/ml chez Langlois et 156.93µg/ml chez ACSAD1361. Dans le lot conduit à 60%CC, la teneur en amylose au niveau des grains reste très variable à travers les géotypes testés. Ainsi, elle s'étale de 11.98µg/ml à 118.24µg/ml des valeurs extrêmes relevées respectivement chez les géotypes, MEXICALI 75 et OUED ZENATI et qui s'évalue faible. Enfin dans le traitement conduit à 30%CC, Les taux de cette fraction sont compris entre, 29.95µg/ml (OUED ZENATI) et 178.03µg/ml MEXICALI75.

Pour la teneur en amylopectine, et au niveau du traitement sans feuille conduit à 100%CC, les résultats moyen (fig.07), indique que dans ces conditions, la contribution du col de l'épi a été constatée d'une manière plus marqué chez les géotypes LANGLOIS qui exprime une valeur faible de l'ordre de 202.68µg/ml. Au niveau du lot conduit à 60%CC, l'absence de l'implication de la photosynthèse cet organe dans la formation du grain s'évalue chez les géotypes entre 205.903µg/ml (MEXICALI75) et 419.83µg/ml (ACSAD1361).

Au niveau du lot conduit à 30%CC, la teneur en amylopectine est très variable. Elle se limite entre 376.96µg/ml chez WAHA, et forte avec un niveau de 1069.85µg/ml chez MEXICALI75.

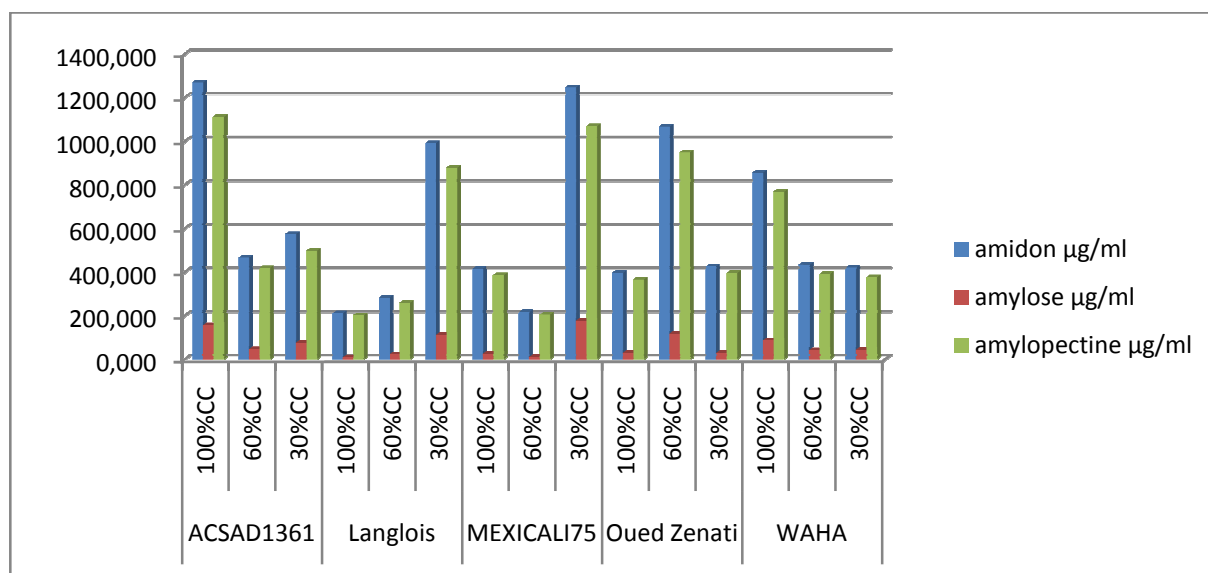


Figure07 : Effet de l'implication de la photosynthèse de la feuille étandard sur les variations de l'amidon, amylose et amylopectine au niveau des grains

6. Effets de la nature du génotype, de la situation hydrique et la nature des organes sur la teneur en protéine (µg/ml)

Les résultats obtenus sur la teneur en protéines selon la méthode de Bradford (1976) sont rapportés dans les figures 8, 9 et 10. Ces dernières révèlent les changements quantitatifs des teneurs en protéines chez les cinq génotypes étudiées dans les trois situations hydriques, 100, 60 et 30%CC. On note que dans les conditions de 100%CC, la teneur en protéine dans les grains issus des plantes témoins sont comprises entre 40.61µg/ml et 89.50µg/ml chez les génotypes WAHA et MEXICALI75 dans l'ordre. Pour le même paramètre et dans les conditions de 60%CC, ces valeurs extrêmes sont comprises entre 99.50 µg/ml et 67.01µg/ml dans l'ordre. Dans les conditions de 30%CC, le génotype WAHA enregistre une valeur minimale de 32.10µg/ml.

En absence de l'activité photosynthétique de l'épi, les génotypes réagis à différente manière, ainsi, pour le génotype MEXICALI75, la teneur en protéine est diminuée pour atteindre une valeur de 67.24µg/ml dans les conditions optimale. Par contre chez le génotype WAHA, on constate une augmentation de cette teneur pour atteindre une valeur de 77.55µg/ml dans ces mêmes conditions. Ce dernier enregistre de valeurs de 116.48 µg/ml et 63.26 µg/ml, dans les conditions d'alimentation hydrique de 60 et 30%CC respectivement.

Dans le deuxième traitement et en absence de l'implication de l'activité photosynthétique de col de l'épi, la teneur en protéine les valeurs sont limitées entre

31.87 μ g/ml et 70.45 μ g/ml chez LANGLOIS et WAHA respectivement. Ces mêmes génotypes enregistrent des valeurs de 51.78 μ g/ml et 63.26 μ g/ml dans le traitement 60%CC. Dans le lot conduit a 30%CC, ces génotypes inscrivent des valeurs de 68.42 μ g/ml et 87.98 μ g/ml respectivement dans l'ordre.

Dans le troisième traitement en absence de la photosynthèse de la feuille, les valeurs de ce paramètre sont comprises entre 54.20 μ g/ml et 87.63 μ g/ml chez les génotypes MEXICALI75 et OUED ZENATI respectivement.

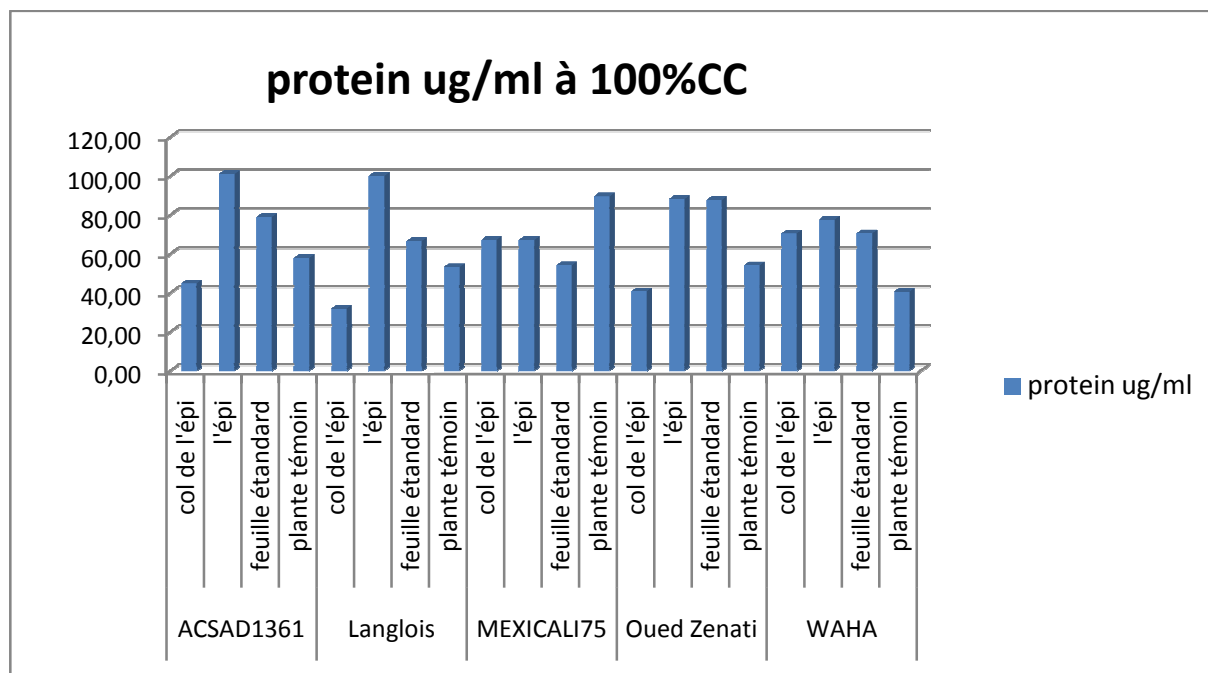


Figure08 : Effet de des variations génotypiques et la nature de l'organe sur la teneur en protéine à 100%CC

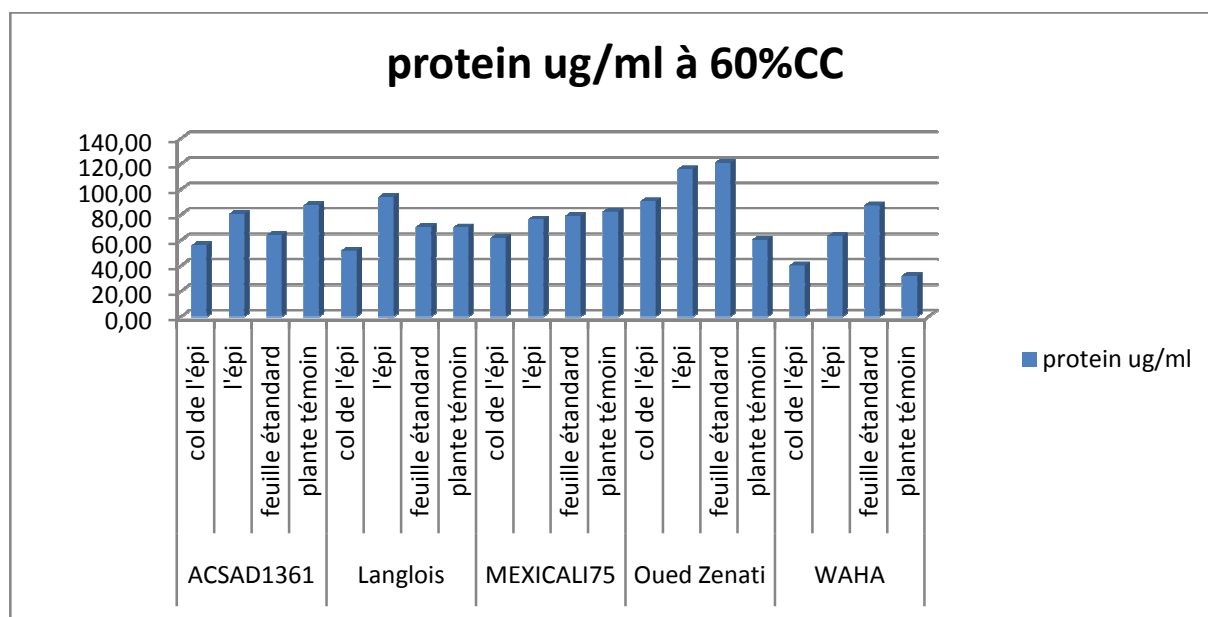


Figure09 : Effet de des variations génotypiques et la nature de l'organe sur la teneur en protéine à 60%CC

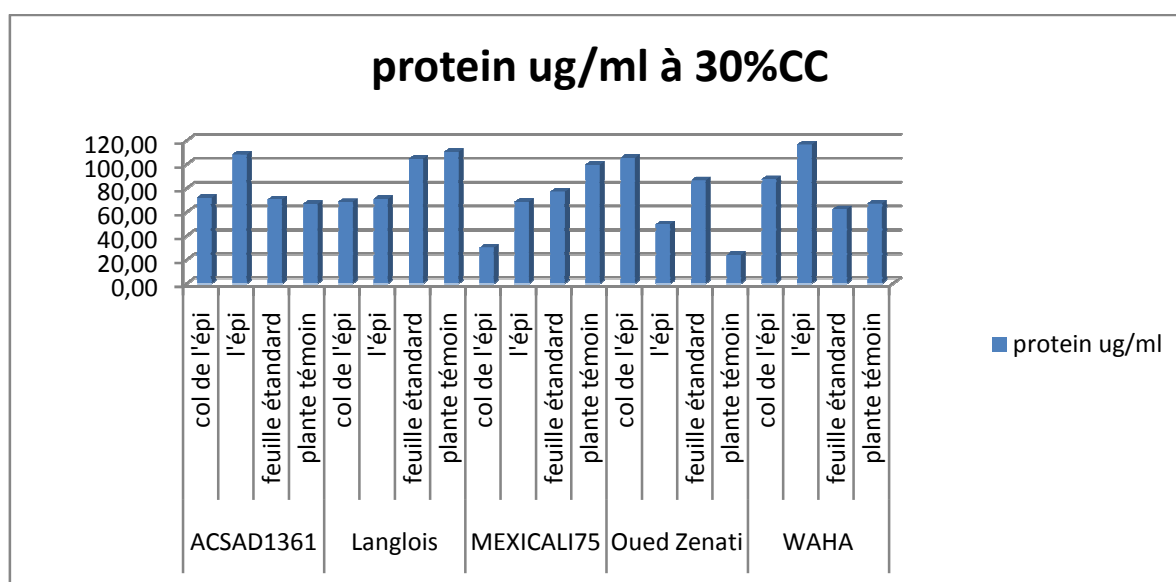


Figure10 : Effet de des variations génotypiques et la nature de l'organe sur la teneur en protéine à 30%CC

Discussion Des Résultats

V. Discussion des résultats

L'évaluation de la contribution des différents organes de la plante dans le processus de remplissage du grain et l'élaboration de sa qualité, est importante pour la compréhension de l'élaboration du rendement et la productivité chez le blé dur (**MERAH ET AL., 2018 ; ERCHIDI A. et al., 2000**).

Ces études permettent le criblage des critères impliqués dans la définition des génotypes modèles contribuant à l'amélioration des rendements chez cette espèce, essentiellement dans sous les conditions hydriques limitantes qui sévissent dans son aire de culture.

Le processus de remplissage du grain constitue une phase primordiale dans l'élaboration du poids et de la composition du grain chez le blé dur. Différents intervenants conditionnent cette évolution, où les facteurs environnementaux, essentiellement l'alimentation hydrique et l'activité des différents organes impliqués sont d'un rôle primordial.

La formation des enveloppes du grain et l'organisation et le dépôt des réserves à son niveau résulte conjointement de la photosynthèse courante et la remobilisation des réserves contenues dans les différentes parties de la plante (**BLUM et al.,199**). La longévité des organes et leur positionnement par rapport à l'épi contenant les grains en formation et l'alimentation hydrique de la plante, constituent les principaux facteurs influençant la réalisation de ce processus (**MAYDUP et al., 2014**). Les résultats obtenus dans cette étude montrent que l'influence de ces intrants reste variable selon les paramètres considérés, poids et qualité du grain, et dépend également de la nature du génotype concerné.

Les comportements distincts des génotypes expérimentés à l'égard de la contribution des différents organes, dans le même dispositif hydrique ou entre les trois situations hydriques appliquées informent que le blé dur dispose une variabilité génétique importante susceptible d'être utilisé dans l'amélioration des potentialités productives de ce dernier. D'après les résultats obtenus, il se démontre que l'alimentation hydrique influe sur la composition du grain essentiellement en amidon ($r=-0.12^*$), et en amylopectine ($r=-0.13^*$). Ceci ce fait pendant la phase de remplissage du graine et ce confirme par les résultats de MARY L. PARKER, 1985 et LANOUARI et al., 2015) qui montrent que la teneur en amidon diminue avec l'accentuation de stress hydrique.

L'influence des différents organes impliqués dans la formation du grain est également essentielle dans le dépôt des différents composants traités dans cette étude. Ainsi, la

contribution des organes retenus dans l'élaboration de ces composants est conditionnée par la nature de génotype.

On note que l'implication de l'activité photosynthétique du col de l'épi dans la richesse du grain en amidon, et ses fractions également en protéine s'avère importante chez les grains issus des plantes soumises au déficit hydrique. En outre, l'absence de cet apport mène à ce que la teneur en amidon et en protéines dans le traitement hydrique optimal (100%CC) à atteindre des valeurs minimales de 140µg/ml et 31.78 µg/ml par le même génotype LANGLOIS.

La photosynthèse de l'épi et la dernière feuille contribue d'une manière moins prononcée que le col de l'épi dans les phases de remplissage et de formation des grains.

Ainsi, les teneurs en amidon et en protéines des graines issue des plantes avec un épi caché dans les conditions optimales ont atteint des valeurs respectives de 208.88 µg/ml et 67.24 µg/ml chez le même génotype MEXICALI75.

A cet effet, nous retenons une contribution importante pour le col de l'épi suivi par l'épi et la dernière feuille qui se traduit différemment d'un génotype à l'autre.

Dans ce travail, il apparaît visiblement que la contribution des différents organes végétatifs révèle une importance majeure dans l'amélioration de la qualité des grains sous l'impact du déficit hydrique sur le processus du remplissage du grain à travers une activité photosynthétique intense et la translocation importante des réserves.

Au terme de ce travail il se dessine visiblement que la définition des paramètres impliqués dans le remplissage du grain et définir la composition finale du grain en amidon et en protéines chez le blé dur reste un objectif difficile à atteindre. Les résultats auxquels nous sommes parvenus demeurent parcellaires mais contribuent forcément à l'enrichissement des travaux visant à créer un matériel végétal capable de résister aux contraintes abiotiques.

Conclusion

VI. Conclusion

En Algérie, le déficit hydrique constitue le principal facteur climatique qui conditionne la croissance, le développement et l'élaboration du grain chez le blé dur. Toutefois ces effets se sont en général évalués au niveau du quotient du comportement de la plante et le rendement en grains et sa qualité ont été toujours utilisés pour estimer le comportement de cette espèce sous les conditions d'alimentation déficientes. La qualité des grains est un critère compliqué et repose sur différents événements fonctionnels de la plante survenant durant son cycle de développement. L'utilisation de ce critère pour la création de cultivars tolérants le déficit hydrique, manifeste souvent des difficultés pour son aboutissement. L'efficacité de la création et la sélection d'une variabilité génétique répondant à l'objectif de la tolérance au déficit hydrique, est améliorée avec une utilisation des critères simples, fortement héréditaires et aisément repérables. L'étude de la composition de la graine est indispensable pour situer et définir efficacement les contraintes au niveau du fonctionnement de la plante et l'expression de son rendement en grains.

Dans ce contexte l'expérimentation réalisée a pour but de déterminer la contribution de chaque organe végétatif (col et l'épi, l'épi et la feuille étendard) par l'activité photosynthétique sur la composition des grains en amidon et ces fractions, amylose et amylopectine, et en protéine qu'ils accumulent. De ce fait, il faut noter que l'effet de la situation hydrique affecte considérablement cette contribution.

Il en ressort de cette étude, que la contribution du col de l'épi est déterminante dans la définition de la composition final du grain. Ceci se confirme par les résultats dégagés. Ainsi, nous retenons une contribution moyenne pour l'épi, puis la feuille étendard qui se traduit différemment d'un génotype à l'autre.

Références Bibliographiques

VII. 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. **AHMED, M., FAROOQ, S., 2013.** Growth and physiological responses of wheat cultivars under various planting windows. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 23(5), 1407–1414.
3. **AYED S., CARMOUS C., SLIM A., AMARA H., 2010.** Génétique variation of durum wheat landraces using morphological and protein markers. *Africa journal of biotechnology* , 49:8277-8282.
4. **BAHLOULI F, BOUZERZOUR H., BENMAHAMMED A., 2008.** Effets de la vitesse et de la durée du remplissage du grain ainsi que de l'accumulation des assimilats de la tige dans l'élaboration du rendement du blé dur (*Triticum durum Desf.*) dans les conditions de culture des hautes plaines orientales d'Algérie. *Biotechnology Agronomy Society and Environment* 12 : 31-39.
5. **BAJJI M., 1999.** Etude des mécanismes de résistance au stress hydrique chez le blé dur (*Triticum durum Desf.*): caractérisation de cultivars différant par leurs niveaux de résistance à la sécheresse et de variantes somaclonales sélectionnées in vitro. PhDthesis, Université catholique de Louvain, Belgium
6. **BARREAU C., BERNARDE C., BOUTIGNY A.-L., PINSON-GADAIS L., FORGET-RICHARD F., 2007.** Biosynthèse des mycotoxines par *Fusarium graminearum*: Effet du pH sur la voie des trichothécènes. Colloque Mycotoxines fusariennes des céréales, 11-13, Arcachon, France.
7. **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.
8. **BARRON C., SURGET A., ROUAU X., 2007.** Relative amounts of tissues in mature wheat (*Triticum aestivum L.*) grain and their carbohydrate and phenolic acid composition. *Journal of Cereal Science* 45, 88–96.
9. **BATTAIS F., RECHARD C., LEDUC V., 2007.** D'allergènes du grain de blé

- .revu française d'allergologie et d'immunologie clinique ,47 :171-174.
10. **BELKHARCHOUHE H., FELLAH S. BOUZERZOUR H., BENMAHAMMED A., CHELLAL N., 2009.** Vigueur De Croissance, Translocation Et Rendement En Grains Du Blé Dur (*Tritium Durum*Desf) Sous Conditions Semi Arides. Courrier Du Savoir ,09 :17-24.
 11. **BENBELKACEM, A., &KELLOU, K. (2000).** Evaluation du progrès génétique chez quelques variétés de blé dur (*Tritium turgidum* L . var . *durum*) cultivées en Algérie, *110*, 105–110.
 12. **BENHEBIRECHE, N., AMOUMEN, S., 2013.** Contribution à l'étude de la tolérance au déficit hydrique d u blé dur (*Tritium durum* Desf), Mémoire de master, université kasdimerbah de ouargla. P71.
 13. **BLUM A; SHPILER, L.,1991.** Heat tolerance for yield and its components in different wheat cultivars.Euphytica 51: 257–263.
 14. **BLUM A., GOZLAN G. AND MEYER J., 1981.** The manifestation of dehydration avoidance in wheat breeding germplasm. Crop Sci. 21 : 495-499.
 15. **BOGARD M., 2012.** Analyse génétique et écophysiologie de l'écart à la relation teneur en protéines - rendement en grains chez le blé tendre (*Tritium aestivum* L.). Ecole Doctorale Sciences de la Vie, Santé, Agronomie, Environnement.
 16. **BOUTIGNY, A.-L., BARREAU C., BERNARDE, C., PINSON-GADAIS, L. & FORGET-RICHARD, F., 2007.** Biosynthèse des mycotoxines par *Fusariumgraminearum*: Effet du pH sur la voie des trichothécènes. In: Colloque Mycotoxines fusariennes des céréales, 11-13 Septembre 2007, Arcachon, France.
 17. **BOZZINI, A., 1988.** Origin, distribution and production of durum wheat in the world. Durum Chemistry and Technology, St. Paul, Minnesota, pp 1-16.
 18. **BRIGGLE L.W., CURTIS, B.C. 1987.** Wheat worldwide. In: Wheat and wheat improvement, Heyene EG (ed), ASA, CSSA, SSSA, Madison, Wisconsin, USA, pp 1-32.
 19. **CLEMENT M., PANDCOURT G ET PRATS J ., 1971.** Les céréales .Ed. J-braille, P351.
 20. **CLERGET Y., 2011.** Biodiversité des céréales : Origine et évolution. Montbéliard. 17p.

21. **CURTIS, B. 2002.** Wheat in the world. In: Bread wheat: Improvement and production. Plant production and protection series, Curtis, B.C., Rajaram, S., Gomez & Macpherson H. (eds). No. 30, pp. 1–17.
22. **DEBITON C., 2010.** Identification des critères du grain de blé (*Triticum aestivum* L.) favorables à la production de bioéthanol par l'étude d'un ensemble de cultivars et par l'analyse protéomique de lignées isogéniqueswaxy. Thèse de doctorat..
23. **DHAOU-EL-DJABINE, K., & YUCEF, K. 2012.** Effets du Stress Thermique sur le Rendement en Grains de Quelques Variétés de blé dur Cultivées en Zone Semi-Aride . Identification D ' espèces Tolérantes Pour L ' amélioration de la Production en Algérie, 72(1), 138–147.
24. **DONMEZ, E., R.G. SEARS, J.P. SHROYERET G.M. PAULSEN. 2000.** Evaluation of Winter Durum Wheat for Kansas. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service.Publication No 00-172-S.
25. **D'OVIDIO R., ORONZO A. PORCEDDU T., PORCEDDU E., 1991.** Cloning and sequencing of a PCR amplified gamma-gliadin gene from durum wheat (*Triticum Turgidum* (L.) Thell. conv. *Durum* (Desf.) MK.) Plant Science, 75: 229-236.
26. **EL FAKHRI M., MAHBOUB S., BENCHEKROUN M., NSARELLAH N., 2011.** Grain filling and stem accumulation effects on durum wheat (*Triticum Durum* Desf.) yield under drought. Nature & Technology,07 : 67-73.
27. **ERCHIDI, A. E., TALOUIZTE, A., & BENBELLA, M. (2000).**Croissance du grain chez neuf cultivars de blé dur, 140, 137–140
28. **ERCOLI, L., LULLI, L., MARIOTTI, M., MASONI, A., & ARDUINI, I., 2008.** Post-anthesis dry matter and nitrogen dynamics in durum wheat as affected by nitrogen supply and soil water availability, 28, 138–147. <http://doi.org/10.1016/j.eja.2007.06.002>
29. **ERROUX J., 1949.** Classification des blés durs cultivés en Algérie. Travaux botaniques dédiés à R Maire. Mem Soc His Nat Afr Nord, t II, Alger, P95.
30. **FEILLET P., 2000.** Le grain du blé .Composition et utilisation Ed. INRA, Paris, pp : 17-18.

31. **FELDMAN M., LEVY A., 2005.** Allopolyploidy: a shaping force in the evolution of wheat genomes. *Cytogenet Gynomes*, 109: 250-258.
32. **FELLAH A., BOUZERZOUR H, BENMAHAMMED A, DJEKOUN A., 2002.** Sélection pour améliorer la tolérance aux stress abiotiques chez le blé dur (*Triticum durum Desf*). *Actes Inst. Agron. Vet. (Maroc)* 22 (3): 161-168.
33. **FERISSE R., MAROC B., PIERRE M., 2014.** Grain filling duration and glutenin polymerization under variable nitrogen supply and environmental conditions for durum wheat .*field crops research* ,171: 23-31.
34. **GATE P., 1995.** *Ecophysiologie du blé*, Edit. Lavoisier, Paris, Techniques et Documentations, P429.
35. **GATE P., GIBAN M., BLONDLOT A., BRAUN P., COULEAU G., JOUY L., LAURENT F., LUTTON A. ET VIGNIER L., 2003.** *Stades du blé*. ITCF. Ed. Lavoisier, P68.
36. **GREGOVÁ E., MEDVECKÁ E., JÓMOVÁ K., ŠLIKO S., 2012.** Characterization of durum wheat (*Triticum Durum desf.*) quality from gliadin and glutenin protein composition,1 :610-615.
37. **GRIFFITHS S, SIMMONDS J, LEVERINGTON M, 2009.** Meta-QTL analysis of the genetic control of ear emergence in elite European winter wheat germplasm. *Theoretical and Applied Genetics* 119, 383–395.
38. **HANOCQ E, LAPERCHE A, JAMINON O, LAINE' AL, LE GOUIS J. 2007.** Most significant genome regions involved in the control of earliness traits in bread wheat, as revealed by QTL meta-analysis. *Theoretical and Applied Genetics* 4, 569–584.
39. **JONES M.M., TURNER N.C., OSMOND C.B., 1981.** Physiology and biochemistry of drought resistance in plants. L.G. Paleg, D. Aspinall (Eds), p15-37.
40. **KAMELI A., LOSEL D.M., 1996.** Growth and sugar accumulation in durum wheat plants under water stress. *New Phytol.* 132: 57–62.
41. **KENT N. L., EVERS A. D., 1994.** *Technology of Cereals*, 4th Edition. Pergamon Press, Oxford.

42. **LOSEL, D.M. ET KAMELI, A. (1995).**Contribution of carbohydrates and other solutes to osmotic adjustment in wheat leaves under water stress. *J. Plant. Physiol.*, 145 : 363-366.
43. **MADHAVA RAO K.V., RAGHAVENDRA A.S. JANARDHAN REDDY K. 2006.** Printed in the Netherlands. *Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants*. Springer: 1-14 p.
44. **MAYDUP M.L., ANTONIETTA C., GRACIANO M., GUIAMET J.J., TAMBUSSI 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
45. **MEKCLICHE A., BOUKACHA D .,HANIFI-MECLICHE L.,2003.**Etude de la tolérance a la sécheresse de quelques variétés de blé (effet l'irrigation de complément sur les caractères phénologique morphologique et physiologiques. *Annales d'institut national agronomique*, 24 :1P.
46. **MERAH, O., 2001.** Potential importance of water status traits for durum wheat improvement under Mediterranean conditions, 139–145.
47. **MESTIRI, I., 2010.** Newly synthesized wheat allohexaploids display progenitor-dependent meiotic stability and aneuploidy but structural genomic additivity, 86–101.
48. **MONNEVEUX P., NEMMAR M., 1986.** Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre. Etude de l'accumulation de la proline au cours du cycle de développement. *Agronomie* 06 :583-590.
49. **MOULE C., 1980.** Céréales, Edit .Maison Rustique .Paris, P318.
50. **REKIKI D., NACHIT M.M., ARAUS JL, MONNEVEUX P., 1998.** Effects of water deficit on photosynthetic rate and osmotic adjustment in tetraploid wheats. *Photosynthetica* 35: 129-138.
51. **SAULINIER LUC., 2012.** Les grains de céréales diversité et composition nutritionnelles. *Cahiers de nutrition et diététique* ,47 : 4-15.
52. **SCHILLING A.S., ABAYE A.O., GRIFFEYA C.A., BRANNA D.E., ALLEYA M.M. ET PRIDGENA T.H. (2003).** Adaptation and Performance of Winter Durum Wheat in Virginia. *Agron J.*, 95: 642- 651.

53. **SESTILI F., JANNI M., DOHERTY A., BOTTICELLA A., D'OVIDIO R., MASCI S., JONES H.D., LAFIANDRA D., 2010.**Increasing the amylose content of durum wheat through silencing of the SBlla genes. *Plant Biology* 10 :144.
 54. **SIMÕES, M., FERREIRA, L., &AUSSENAC, M. T., 2011.** Dynamique d'assemblage des protéines de réserve et du remplissage du grain de blé dur, thèse de Doctorat, université de Toulouse.
 55. **SLAMA, I., GHNAYA, T., SAVOURE, A., &ABDELLY, C. (2008).**Combined effects of long-term salinity and soil drying on growth , water relations , nutrient status and proline accumulation of *Sesuviumportulacastrum*, 331, 442–451.
<http://doi.org/10.1016/j.crv.2008.03.006>
 56. **SONG H. P., DELWICHE S. R. AND LINE M. J., 1998.** Moisture distribution in a mature soft wheat grain by three-dimensional magnetic resonance imaging. *Journal of Cereal Science*, 27, 191–197.
 57. **SRAMKOVA Z., GREGOVA E.,ERNEST S., 2009.** Chemical composition and nutritional quality of wheat grain. *Acta Chimica Slovaca*, volume(2) n°1: 115-138.
 58. **SURGET A., BARRON C., 2005.** Histologie du grain de blé, Association pour le progrès des industries céréalières, Paris: pp 3-7.
 59. **TRIBOŤ E., 1990.** Modèle d'élaboration du poids du grain chez le blé tendre. *Agronomie* 10, 191-200.
 60. **TURNER.N.C., 1979.** Drought resistance and adaptation to water deficits in crops plants .In : stress physiology of crop plants. Musell H. and Staples R Ed., New York.
-

Résumé

Dans les régions des hauts plateaux Algériens, le déficit hydrique est considéré comme l'un des principaux stress abiotiques qui limitent grandement la productivité de blé dur.

Ce travail est réalisé pour déterminer la contribution de chaque organe végétatif (col e l'épi, l'épi et la feuille étendard) par l'activité photosynthétique sur la composition des grains en amidon et ces fractions, amylose et amylopectine, et en protéine qu'ils accumulent.

A travers les résultats obtenus, nous avons constaté que l'importance de la contribution de chacun des organes de la plantes reste liée à la nature du génotype et le niveau d'alimentation hydrique des plantes

Les résultats obtenus montrent que les constituants de l'épi ont la meilleure contribution par leurs réserves dans l'élaboration de la teneur en Amidon, et en amylopectine, dans les trois conditions d'alimentation hydrique adopté grâce à leur position proche de la graine.

Les variations de la teneur en protéines et en amylose sont liées aux variations génotypiques.

Les mots clés : blé dur, déficit hydrique, amidon, amylose, amylopectin, protéine.

ملخص

في المرتفعات الجزائرية ، يعتبر يعتبر الجفاف من العوامل الخارجية التي تحد بدرجة كبيرة من مردودية القمح قمنا بالعمل الحالي لتحديد مساهمة كل عضو نباتي (عنق السنبله. السفا. السنبله و الورقة الخضراء) من خلال نشاط التمثيل الضوئي على تكوين حبيبات النشا ومكوناتها المتمثلة في الأميلوز والأميلوبكتين ، والبروتين.

من خلال النتائج التي تم الحصول عليها ، وجدنا أن أهمية مساهمة كل عضو من أعضاء النبات لا تزال مرتبطة بطبيعة التركيب الوراثي ومستوى نقص الماء. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن مكونات السنبله لديها أفضل مساهمة من احتياطيها في تطوير محتوى النشا ، والأميلوبكتين ، في ظل الشروط الجفاف المطبقة وذلك بسبب مواقعها بالقرب من البذور. ترتبط الاختلافات في محتوى البروتين و الاميلوز بالتغيرات الوراثية.

الكلمات المفتاحية : القمح الصلب. نقص الماء، النشاء ، الاميلوز، الاميلوبكتين ، البروتين.