



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université des Frères Mentouri Constantine
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة
كلية العلوم الطبيعية والحياة

Département : Biologie et Ecologie Végétale

قسم بيولوجيا و ايكولوجيا النبات

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : *Métabolisme Secondaire et Molécules Bioactives*

Thème :

**Comparaison de quelques paramètres biochimiques chez quatres
variétés de blé dur sous stress oxydatif généré par un stress hydrique**

Présenté Par: AMIROUCHE Aymen

le :19/06/2017

DJAALEB Rokia

Devant le jury :

Président du jury : HAMOUDA DOUNIA (MCA - UFM Constantine),

Rapporteur : BOUCHAREB Radia (MCB - UFM Constantine),

Examineurs : AOUAIDJIA Nawel (MCB - UFM Constantine).

***Année universitaire
2016 – 2017***

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

En second lieu, nous tenons à remercier notre encadreur BOUCHAREB RADIA de nous avoir accordé son précieux temps, ses conseils et son aide durant toute la période du travail.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury :HAMOUDA DOUNIA ET AOUAIDJIA Nawel pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce travail :

*A mes très chers parents, que dieu
me les gardent et les protègent.*

A mes frères et mes sœurs

A toutes mes familles

*A toutes mes amis sans citer les
noms.*

Resumé

L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet de stress hydrique et la variabilité de la réponse chez les quatre génotypes de blé dur et leur tolérances au stress hydrique.

Les paramètres mesurés sont le dosage des protéines totales, des polyphénols totaux et la glycine bitaine.

Les résultats de la présente étude indiquent une très grande variabilité pour les Principaux variables mesurées. Cette variabilité a été évaluée par une analyse statistique. En outre les résultats obtenus chez les variétés étudiées, montrent que le stress hydrique a entraîné une production des espèces réactives pour la défense, la communication entre les plantes et l'alléopathie.

En conclusion, l'étude a montré que les deux génotypes étudiés **gta dur** et **Bousselem** a une tolérance et une résistance efficace contre le stress hydrique par rapport aux autres génotypes étudiés.

Mot clés : Blé dur, Stress hydrique, Glycine bitaine. , protéines, polyphénols

Abstract

The objective of this work is to study the effect of water stress and the variability of the response in the four genotypes of durum wheat and their tolerances to water stress.

The parameters measured are the total protein, total polyphenol and glycine bitaine.

The results of this study indicate a high degree of variability for Main measured variables. This variability was assessed by statistical analysis. Moreover, the results obtained in the studied varieties show that the hydric stress led to the production of reactive species for defense, communication between plants and alleopathy.

In conclusion, the study showed that both genotypes studied **Gta** hard and **Bousselem** has a tolerance and an effective resistance against water stress by contribution to the other genotypes studied.

Key words: Durum wheat, water stress, glycine bitaine. , Proteins, polyphenols

الملخص:

الهدف من هذا العمل هو دراسة تأثير الإجهاد المائي وتنوع الاستجابة للأصناف الأربعة المدروسة
BOUSSELEM , GTA DUR, WAHBI, F4/3

العناصر التي تم تحديدها وقياسها هي كمية كل من البروتينات الكلية و البوليفينول الكلي و الجلوسيين بيتايين .

نتائج هذه الدراسة تشير الى وجود اختلاف كبيرا بين الأصناف الأربعة، وتبين أن الإجهاد المائي أدى إلى إنتاج أنواع رد الفعل في الدفاع، والاتصالات بين النباتات .

وفي الختام، أظهرت الدراسة أن كلا من الصنفين : **Bousselem. Gta dur** لديها قدرة مقاومة فعالة ضد الإجهاد المائي .

الكلمات الرئيسية: القمح الصلب، , الجلوسيين بيتايين. ، والبروتينات، والبوليفينول.

Liste des abréviations

ADN	Acide désoxyribonucléique
ANOVA	Analyse de variance
ARNm	Acide désoxyribonucléique messenger
BD	Blé Dur
Cod A	choline oxydazseA
ERO	espèces réactives d'oxygène
Fao	Food and agriculture organisation
OGM	Organisme génétiquement modifiés
Phe	phénylalanine
PP	polyphénol
S	Stressé
T	Témoin

Listes des figures

Figures	Pages
Figure 01 : Plantes de blé dur	04
Figure 02 : structure de polyphénol	14
Figure 03 : la serre	19
Figure 04 : Dosage de Glycine betain	20
Figure 05 : Dosage des polyphénols totaux	21
Figure 06 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des polyphénols totaux.	21
Figure 07 : Dosage des protéines totales.	22
Figure 08 : Préparation des solutions A, B, C1, C2, D	23
Figure09 : Courbe d'étalonnage de BSA pour le dosage des protéines totales	23
Figure 10 : La teneur de la glycine bétaine de quatre génotypes du blé dur.	25
Figure 11 : La concentration des polyphénols totaux chez les quatre variétés étudiées	26
Figure 12 : La concentration des protéines totales chez les quatre variétés étudiées	27

Liste des tableaux :

Tableaux	Pages
Tableau 01 : production de blé dur dans l'Afrique	07
Tableau 02 : Les quartes variétés étudiées de blé dur (<i>Triticum durum</i> Desf.) et leurs origines	18

Titres et Sous titres	Pages
Introduction	01
1. généralité sur blé dur (<i>Triticum durum Desf</i>)	03
1.1. le cycle de développement de blé dur	03
2. Les exigences du blé	04
2.1. Température	04
2.2. Lumière	05
2.3. Le sol	05
2.4. l'eau	05
3. production et consommation du blé dans le monde	05
4. production de blé dans l'Afrique	06
5. production de blé dans l'Algérie	08
6. notion de stress	08
6.1. Le stress hydrique	09
6.2. paramètre affecté par le stress hydrique	10
6.3. mécanisme d'adaptation des plantes au stress hydrique	10
6.3.1 adaptation phénologique	11
6.3.2 adaptation morphologique	11
6.4. mécanismes d'adaptation biochimique en condition de stress hydrique	12
6.4.1. synthèse des protéines liées à la tolérance de stress hydrique	12
6.4.2. rôle du potentiel osmotique	12

7. Les polyphénols	13
7.1. classification des polyphénols	14
7.2. biosynthèse des polyphénols	15
7.2.1 la voie shikimat	15
7.2.2. la voie des phénylpropanoïde	15
7.3. effets biologique et antioxydants des polyphénols	15
8. glycines bétaine	16
8.1. l'utilisation de gènes de biosynthèse de glycine bétaine dans les plantes	16
8.2. Glycine bétaine et la protection des organes de la reproduction au cours du stress abiotique	17
1. Matériel utilisés	18
2. Conduite de l'essai	18
3. Mise en Expérimentations	19
3.1. Dosage de glycine bétaine	19
3.1.1. Technique de dosage	19
3.2. Dosage de polyphénols totaux	20

3.2.1. Technique de dosage	20
3.3. Dosage des protéines totales	21
3.3.1. Réactif utilisés	21
3.3.2. Technique de dosage	22
4. Analyse statistique des données	24
La glycine bétaine	25
Les polyphénols totaux	26
Les protéines totales	27
Discussions générales	28
Conclusion et perspectives	30
Références bibliographiques	
Annexes	

INTRODUCTION

Introduction

Les céréales sont la principale source calorique pour les différentes couches de la population quel que soit leur niveau de vie. Elles assurent 60% de cet apport et 71% de l'apport protéique (**Padilla et Oberti, 2000**).

La production des céréales en Algérie, et surtout le blé dur est l'espèce la plus cultivée, elle occupe 41% du sol (**Anonyme, 2009**) et demeure très insuffisante pour satisfaire la demande de ce produit de large consommation estimé à 220 kg/an/habitant (**Zaghouane et al. 2006**). Avec une production atteignant 15 q/ha dans le meilleur des cas, et face à une demande sans cesse croissante, l'Algérie continue d'importer massivement le blé dur de l'étranger pour couvrir une partie de ses besoins ce qui pénalise grandement l'économie du pays

Au niveau des hautes plaines semi-arides d'Algérie, la sécheresse est souvent le facteur principal qui affecte la production du blé (**Larbi et al., 1998**).

Les stress environnementaux, notamment le stress hydrique, limitent sérieusement la croissance des plantes ainsi que la productivité végétale (**Wang et al., 2003**).

Une conséquence des stress environnementaux, comprenant le stress hydrique, est l'apparition du stress oxydatif (**Hernandez et al., 2001**), c'est-à-dire l'accumulation d'espèces réactives d'oxygène (ERO) à des concentrations élevées (**Azevedo et al., 2006**), qui endommagent les structures cellulaires (**Parent et al., 2008**). Ces derniers sont à l'origine du dysfonctionnement de l'appareil photosynthétique et les autres troubles métaboliques (**Rahnama et Ebrahimzadeh, 2005**).

La distribution des métabolites secondaires peut changer pendant le développement de la plante. Ceci peut être lié aux conditions climatiques dures (la température élevée, exposition solaire, sécheresse, salinité), qui stimulent la

biosynthèse des métabolites secondaires tels que les polyphénols (**Falleh et al., 2008**).

La difficulté d'identifier et de caractériser les paramètres de la résistance au stress hydrique chez les plantes, à travers l'observation d'un caractère phénotypique complexe et de faible héritabilité, comme le rendement en conditions de déficit hydrique, a conduit à s'intéresser à des critères morpho-physiologiques et biochimiques de la résistance à la sécheresse.

Des approches analytiques, consistant à isoler et à étudier individuellement un mécanisme de résistance donné, via l'observation d'un paramètre particulier (critère de sélection) ont été proposées.

Plusieurs critères physiologiques et biochimiques ont été ainsi identifiés dans le but de distinguer les variétés sensibles des variétés résistantes au stress hydrique : accumulation de proline, la glycine bétaine et l'induction de protéines spécifique, résistance stomatique, résistance métabolique (**monneveux ph 1991**). Cela montre que le problème de la résistance à la sécheresse doit être abordé via une démarche synthétique, tenant compte des relations fonctionnelles, des liens de causalité et des interactions entre les mécanismes impliqués.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre travail, qui consiste à comparer le comportement des quatre variétés de blé dur (*Triticum durum Desf.*) sous l'effet d'un stress hydrique par l'étude de quelques paramètres biochimiques tel que la glycine bétaine et le dosage des protéines totales et des polyphénols totaux.

La premier partie de notre manuscrit présente une étude bibliographique sur blé le dur, la seconde traite les matériels et méthodes que nous avons adoptés, ainsi que l'analyse et l'interprétation de nos résultats.

CHAPITRE 1
REVUES
BIBLIOGRAPHIQUES

1. Généralité sur le blé

Les céréales occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans le système agricole. Elles sont considérées comme une principale source de la nutrition humaine et animale (**Slama *et al.*, 2005**).

Parmi ces céréales, le blé occupe la première place pour la production mondiale et la deuxième après le riz, comme source de nourriture pour les populations humaines, il assure 15% de ses besoins énergétiques (**Bajji, 1999**). Le blé est cultivé principalement dans les pays du bassin méditerranéen à climat arides et semi-arides là où l'agriculture est dans la plus mauvaise passe. Ces régions se caractérisent par l'augmentation de la température couplée à la baisse des précipitations, en plus la désertification et la sécheresse (**Abeledo *et al.*, 2008**). Actuellement, l'Algérie est un grand importateur de blé et se trouve dépendante du marché international. Cette situation risque de se prolonger à plusieurs années, faute de rendements insuffisants et des besoins de consommation sans cesse croissants devant une forte évolution démographique (**Chellali, 2007**).

1.1 Le cycle de développement du blé

Afin de caractériser le cycle de développement du blé, différentes échelles de notation ont été développées, portant soit sur des changements d'aspect externe, soit sur les modifications d'aspect interne des organes reproducteurs.

□ L'échelle de (**Jonard et Koller, 1950**) utilisée pour reconnaître les stades par des changements d'aspect externe (Levée - Montaison).

□ L'échelle de (**Zadoks *et al.*, 1974**) utilisée pour reconnaître les stades par des Modifications d'aspect interne (Différentiation de l'épi : Stade épi 1 cm) (**Gate, 1995**).



Fig 1 : Plantes de blé dur

2. Les exigences du blé

2.1. Température

A chaque phase du cycle végétatif du blé, la température reste un facteur qui conditionne la physiologie du blé ; à une température de zéro 0°C la germination est bloquée et la phase de croissance nécessite 15 à 25°C. L'aptitude à la montaison est aussi déterminée par les températures et la durée du jour. (**Zane, 1993**).

Les exigences globale en température sont assez importantes et varient entre 18 et 24°C selon les variétés. De même la température agit sur la vitesse de croissance, elle ne modifie pas les potentialités génétiques de croissance ; c'est la somme de température qui agit dans l'expression de ces potentialités. Chaque stade de développement du blé nécessite des températures particulières. (**Balaid, 1986**).

2.2. La Lumière

La lumière et le facteur qui agit directement sur le bon fonctionnement de la photosynthèse et le comportement de blé. Un bon tallage et garanti, si le blé est placé dans les conditions optimale d'éclaircements.

2.3. Le sol

Le blé dur apprécie les sols limoneux, argileux calcaires ou les sols argileux siliceux profonds, il a besoin d'un sol sain, se ressuyant bien en hiver.

Pour les terres peu profonds, il y a risque de sécheresse en période critique (phase de palier hydrique). Du point de vue caractéristique chimique, les blés dur sont sensible au à la salinité ; un PH de 6,5 à 7,5 semble indiqué puisqu'il favorise l'assimilation ce qui entrave la croissance et en particulier celle des racines (**Maachi, 2005**).

2.4. L'eau

Le blé exige une humidité permanente durant tout le cycle de développement, l'eau est demandée en quantité variable. Les besoins en eau sont estimés à environ 800 mm (**Soltner, 1988**).

En zone aride, les besoins sont plus importants au vu des conditions climatiques défavorables. C'est de la phase épi 1 cm à la floraison que le besoins en eau sont les plus importants. La période critique en eau se situe 20 jours avant l'épiaison jusqu'à 30 à 35 jours après la floraison (**Loue, 1982**).

3. Production et consommation du blé dans le monde

La production mondiale de blé 733,8 millions de tonnes de blé récoltées en 2015.

La consommation totale de blé est en légère hausse, à 715,7 millions de tonnes en 2015-2016. L'utilisation du blé pour l'alimentation animale a augmenté de 6,2%.

Les prévisions de la FAO sont bonnes également pour 2016-2017.

Au 6 octobre 2016, la production mondiale de blé prévue pour 2016-2017 atteint les 742 millions de tonnes, et sa consommation estimée à 730,5 millions de tonnes, Cette année est bonne pour les céréales. La production de blé est estimée à 1,2% supérieure à celle de 2015. Le blé est la deuxième céréale la plus produite au monde, devant le riz et derrière le maïs.

La production connaît une amélioration continue depuis 2013-2014, mauvais année pour les récoltes. La production mondiale de blé a connu cette Année-là une chute due à la sécheresse dans plusieurs pays producteurs, dont les Etats-Unis et l'Union Européenne. La baisse de la production a amené une baisse des stocks en 2013 qui aurait pu être préoccupante si elle avait duré plus longtemps. Les stocks mondiaux de blé atteignent un niveau important, estimés à 234 millions de tonnes en 2016/17. Ils atteignent leur plus haut niveau depuis 2001/2002 (FAO ,2016).

4. Production du blé dans l'Afrique

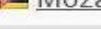
"L'Afrique subsaharienne possède d'importantes étendues de terres propices à la production de blé de façon rentable et sans irrigation, compte tenu des conditions de précipitations", affirment les auteurs de l'étude. Ainsi, huit des pays étudiés, au premier rang des quels le Rwanda, le Burundi et l'Ouganda, pourraient utiliser chacun au moins 500 000 hectares de terres disponibles, essentiellement en zone montagneuse.

"Le blé est cultivé depuis très longtemps en Afrique mais il n'occupe aujourd'hui qu'une place marginale dans la production de céréales, loin derrière le maïs, le riz et le sorgho", relève Yves Vigouroux, chercheur spécialiste des céréales africaines à l'Institut de recherche pour le développement.

Si le blé s'avère bien implanté en Ethiopie, au Kenya et en Afrique du Sud, l'ensemble des pays d'Afrique subsaharienne ont produit seulement 6 millions de tonnes en 2014(Tab1), contre 55 millions de tonnes de maïs, 18 de riz, 17 de

sorgho et 10 de mil, selon l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture(FAO.2014)

Tableau 01 : tableau de production du blé dans l'Afrique (FAO, 2014).

Classement ▲	Pays ◆	Données ◆	Date de l'information ◆
1	 Egypte	9279804	2014
2	 Maroc	5115890	2014
3	 Ethiopie	4231589	2014
4	 Algérie	2436197	2014
5	 Afrique du Sud	1759000	2014
6	 Tunisie	1513000	2014
7	 Soudan	473000	2014
8	 Kenya	328637	2014
9	 Zambie	201504	2014
10	 Libye	200000	2014
11	 Tanzanie	167000	2014
12	 Nigeria	90000	2014
13	 Rwanda	67730	2014
14	 Mali	45668	2014
15	 Zimbabwe	34250	2014
16	 Erythrée	29160	2014
17	 Ouganda	22000	2014
18	 Tchad	21000	2014
19	 Mozambique	20710	2014

5. Production de blé dans l'Algérie

L'Algérie a produit 3,3 millions de tonnes de céréales (blé et orge) durant la saison 2015-2016, contre 4 millions de tonnes l'an dernier, en raison d'une faible pluviométrie.

La production céréalière algérienne a reculé en 2015-2016, Elle a chuté à 3,3 millions de tonnes durant la dernière saison. Elle était de 4 millions de tonnes en 2014-2015, de 3,5 millions de tonnes en 2013-2014 et de 4,91 millions de tonnes en 2012-2013 (APS, 2016), Cette production aujourd'hui est loin des niveaux atteints en 2008-2009 : 6,12 millions de tonnes, La campagne 2015-2016 a été victime de la sécheresse. Il s'agit de la troisième saison en berne depuis 2012, en raison d'une faible pluviométrie.

6. Notion de stress

Selon les définitions, le stress chez les plantes apparaît avec des significations différentes en biologie, qui convergent principalement en attribuant le stress à n'importe quel facteur environnemental défavorable pour une plante .

(Levitt, 1982).

(Tsimilli-Michael *et al.*, 1998) considèrent que le stress a une signification relative, avec un contrôle comme état de Référence, ils considèrent le stress comme une déviation du contrôle à une contrainte.

Selon (Jones *et al.*, 1989), un stress désigne à la fois l'action d'un agent agresseur et les réactions qu'il entraîne dans l'organisme agressé, une force qui tend à inhiber les systèmes normaux. D'autre part, les stress environnementaux nés de la fluctuation des facteurs abiotiques (Sécheresse, salinité, température) affectent les conditions de croissance, le développement et Le rendement des plantes.

6.1. Le stress hydrique

Les stress environnementaux, notamment le stress hydrique, limitent sérieusement la croissance des plantes ainsi que la productivité végétale (**Wang et al., 2003**).

Le stress hydrique a été défini comme une baisse de la disponibilité de l'eau, traduisant par une réduction de la croissance de la plante et/ou de sa production par rapport au potentiel du génotype.

La contrainte hydrique est le facteur ou l'ensemble de facteurs ayant pour conséquence le stress. D'autres auteurs limitent la définition du stress aux seules conditions correspondant à une hydratation sub-optimale des tissus.

Le stress Hydrique provoqué par un déficit en eau constituant un menace permanent pour la survie des plantes, néanmoins, beaucoup d'entre elles produisent des modifications morphologiques et physiologiques qui leurs permettent de survivre dans les régions de faible pluviosité et dont la teneur en eau des sols est peu élevée (**Hopkins, 2003**).

Le déficit hydrique est une contrainte abiotique majeure de la production agricole. Tout d'abord par son impact négatif sur le rendement de culture et la qualité des produits, et par sa fréquence.

On estime qu'environ 40 % des surfaces cultivés dans le monde sont soumises à la sécheresse. Cause principale du stress hydrique, la sécheresse est, au sens climatique, une période pendant laquelle les précipitations sont très inférieures à la normale(**Mefiti et al., 2000**)

6.2. Paramètres affectés par le stress hydrique

Les végétaux sont caractérisés par une grande capacité à résister aux variations importantes de la teneur en eau de leurs tissus. Néanmoins lorsque l'alimentation en eau est interrompue, la plante a du mal à répondre à la demande climatique (Monneveux, 1999).

La teneur en eau du sol dans la zone racinaire décroît et induit une diminution de la transpiration ainsi que du potentiel hydrique foliaire. Les paramètres affectés par le stress hydrique au niveau de la plante sont: la photosynthèse, l'alimentation minérale, la croissance végétative, etc.

6.3. Mécanismes d'adaptation des plantes au stress hydrique

Pour lutter contre le manque d'eau, les plantes développent plusieurs stratégies adaptatives qui varient en fonction de l'espèce et des conditions du milieu (esquive, évitement et tolérance) (Turner, 1986).

La résistance d'une plante à une contrainte hydrique peut être définie, du point de vue physiologique, par sa capacité à survivre et à s'accroître et du point de vue agronomique, par l'obtention d'un rendement plus élevé que celui des plantes sensibles (Madhava Rao et al. 2006).

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

6.3.1. Adaptation phénologique

Pour éviter les périodes difficiles pour la croissance et le développement, certaines variétés accomplissent leur cycle de développement avant l'installation de stress hydrique. La précocité constitue donc un important mécanisme d'évitement au stress hydrique de fin de cycle (**Ben Naceur et al., 1999**).

Dans ces conditions, les paramètres phénologiques d'adaptation ou paramètres de précocité définissent le calage du cycle vis-à-vis des contraintes environnementales (**Ben Naceur et al., 1999**).

La précocité assure une meilleure efficacité de l'utilisation de l'eau. En effet, en produisant la biomasse la plus élevée, les génotypes à croissance rapide et à maturité précoce utilisent mieux l'eau disponible et ils sont moins exposés aux stress environnementaux que les génotypes tardifs (**Bajji, 1999**).

Le rendement en grains est positivement corrélé à la précocité d'épiaison (**Gonzalez et al., 1999**). En effet, les variétés qui ont une vitesse de croissance élevée ont la capacité de mieux utiliser les sources nutritives à la fin du cycle de développement lorsque celles-ci deviennent limitantes (**Poorter, 1989**).

La précocité à l'épiaison peut donc être utilisée comme critère de sélection pour améliorer la production dans les zones sèches. C'est l'un des traits les plus importants dans l'adaptation des plantes au stress hydrique (**Ben Salem et al., 1997**).

6.3.2. Adaptation morphologique

L'effet du stress hydrique peut se traduire, selon la stratégie adaptative de chaque espèce ou génotype, par des modifications morphologiques pour augmenter l'absorption d'eau et pour diminuer la transpiration et la compétition

entre les organes pour les assimilés, cette réduction de la durée de remplissage est compensée par une augmentation du taux de remplissage, avec pour effet peu de variation du poids moyen du grain. Modifications affectent la partie aérienne au souterraine (Bajji, 1999).

6.4. Mécanisme d'adaptation biochimique en condition de stress hydrique

6.4.1. Synthèse des protéines liées à la tolérance au stress hydrique

Les protéines de stress jouent un rôle dans l'adaptation de la plante et de ce fait de nombreux chercheurs abordent la résistance au stress par l'isolement et l'étude de ces molécules (Campalans *et al.*, 1999).

On écrit qu'une partie des protéines induites ont une fonction directe dans l'augmentation de la tolérance au stress (protéines fonctionnelles), d'autres ont une fonction dans la chaîne de transduction (protéines régulatrices) qui aboutissent à la production de protéines fonctionnelles. La plupart des protéines à fonction directe sont des aquaporines et des enzymes catalysant la biosynthèse d'osmolytes (carbohydrate et acides aminés).

6.4.2. Rôle du potentiel osmotique

Le potentiel osmotique peut être maintenu pour un stress hydrique faible ou moyenne intensité, par ajustement osmotique. Les sucres peuvent servir de

Composés solubles compatibles pour cet ajustement osmotique, comme de nombreuses autres molécules (glycine bétaïne).

D'après (Bensari *et al.*, 1990). Lorsque la contrainte hydrique cesse, la feuille reconstitue les réserves d'amidon et si une nouvelle contrainte hydrique intervient, le temps d'adaptation est plus court, en effet (Hare et Cress 1990) remarque que les sucres glucose, fructose, et le saccharose représentent des osmolytes beaucoup moins puissants. Ils participent eux aussi au maintien de la balance de la force osmotique.

Par ailleurs, il été observé que sous stress hydrique .les réserves amylacées sont progressivement utilisés suite à leur conversion rapide en saccharose qui pourra être associé à une inhibition de la synthèse de l'amidon (**Geigenberger et al., 1997**).

L'implication des sucres dans la tolérance au stress hydrique a été mise en évidence par la corrélation observée entre le contenu au certains sucres et l'acquisition de la tolérance (**Déjardin et al., 1999**).

De nombreuses études ont mis en évidence l'accumulation de sucre soluble lors de la dessiccation .une idée principale en ressort différents sucres soluble peuvent être présents dans des tissus bien hydratés, mais le saccharose est préférentiellement accumulé dans les tissus en déshydrations .(**Déjardin et al., 1999**).

7.Les polyphénols

Les composés phénolique ou les polyphénols (**pp**) sont des produits du métabolisme secondaire des plantes, largement distribués possédant plusieurs groupements phénolique, avec ou non d'autre fonctions et comportant au moins 9000 structures connues différentes (**Bahorun, 1997**).

L'expression de « composés phénoliques » est utilisée pour toutes substances chimiques possédant dans sa structure un noyau aromatique, portant un ou plusieurs groupements hydroxyle ,3, un nombre considérable de ces composés sont formés de deux noyaux benzéniques A et B reliés par un hétérocycle de type pyranne.

Ces composés différent les uns des autres par la position des substitutions sur les noyaux A et B, par la nature de l'élément central et par la position, la nature et le nombre de molécules de sucre fixées ainsi que par la nature de la liaison hétérosidique ils font partie intégrante de l'alimentation humaine et animale (**Martin et Andriantsitohaina, 2002**).

Ces composés peuvent constituer des signaux de reconnaissance entre les plantes, ou bien lui permettant de résister aux diverses agressions vis-à-vis des organismes pathogènes. Ils participent de manière très efficaces à la tolérance des végétaux à des stress variés, donc ces composés jouent un rôle essentiel dans l'équilibre et l'adaptation de la plante au sein de son milieu naturel (**Macheix *et al.*2005**).

7.1 Classification des polyphénols et structure chimique :

Une classification de ces substances a été proposée par (**Harborne ,1980**) On peut distinguer les différentes classes des polyphénols en se basant d'une part, sur le nombre d'atomes constitutifs et d'autre part, sur la structure de squelette de base les flavonoïdes, les lignines et les stibines (**Boros et al. 2010**).

Les polyphénols possèdent dans une structure un ou plusieurs noyaux aromatiques hydroxylés. Ces composés sont classés en différents groupes et en fonction du nombre de noyaux aromatiques qui les composent et des éléments qui les relient.

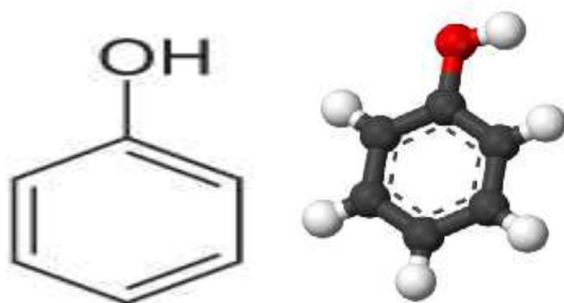


Figure 02: Structure du phénole

7.2. Biosynthèse des polyphénols

7.2.1. La voie de Shikimate

Est une voie métabolique aboutissant à la biosynthèse de certains acides aminés aromatiques. Elle joue un rôle critique pour contrôler le métabolisme de la voie de phénylpropanoïde (Yao *et al.*, 1995).

7.2.2. La voie des phénylpropanoïdes

Phénylpropanoïde est un métabolisme secondaire, spécifique du règne végétale. Il a conduit à partir de la phénylalanine la phénylalanine (**Phe**) à la synthèse d'une multitude de composés dans la nature peut varier suivant les espèces végétales. La phénylalanine (**Phe**) fournit en principaux acides phénoliques simples, comme coumarines, isoflavonoïdes, flavonoïdes, acide salicylique, des précurseurs de lignine (Yao *et al.* 1995).

7.3 .Effets biologiques et antioxydants des polyphénols

La capacité d'une espèce végétale à résister les stress biotiques et abiotiques est souvent corrélée avec la concentration en composés phénoliques ces derniers sont associés à de nombreux processus physiologiques dans la qualité alimentaire, impliqués lorsque la plante est soumise à des blessures mécaniques (Bahorun, 1997).

Les polyphénols peuvent agir selon divers mécanismes (Rolo *et al.*, 2009) :

- Inhibition enzymatique
- Chélation des ions métalliques
- Piégeage des radicaux libres.

8- Glycine bétaine

Les bétaine sont les composés zwitterioniques dont l'atome portant la charge positive ne porte pas d'atome d'hydrogène et n'est pas adjacent à l'atome portant la charge négative Union internationale de chimie pure et appliquée.

Les bétaine n'admettent pas de formes limites sans charge. Historiquement, le terme désigne les ammoniums quaternaires dérivés des acides aminés.

Le nom de bétaine vient de la betterave sucrière d'où a été extraite la première bétaine découverte, la triméthylglycine (historiquement appelée « bétaine ») aujourd'hui appelée « glycine bétaine ».

8.1. L'utilisation de gènes de biosynthèse de Glycine bétaine dans des plantes transgéniques

Les principales céréales comme le blé, le maïs et l'orge ne s'accumulent pas quantité importante de Glycine bétaine naturellement. Cela pourrait être dû à la production de transcrits tronqués pour Glycine bétaine enzyme de synthèse la bétaine aldéhyde déshydrogénase, dans les céréales (Niu *et al.*, 2007). Parmi ceux-ci, le riz est la seule céréale qui n'accumule pas la Glycine bétaine naturellement (Shirasawa *et al.*, 2006).

La glycine bétaine est très soluble dans l'eau et augmente sa tension superficielle (Söderlund *et al.*, 2002). Pour exploiter ses propriétés bénéfiques citées ci-dessus, de nombreux auteurs ont synthétisé des dérivés de la glycine bétaine par substitution d'un radical méthyle, par un radical alkyle à longue chaîne (Hines *et al.*, 1997 ; Li *et al.*, 2005), par un radical alkylamidopropyle (Tegeler *et al.*, 1995 ; Guan *et al.*, 1997), par estérification de son groupement carboxylique par des alcools gras ou des polysaccharides (Auzély-Velty *et al.*, 2003); (Granö *et al.*, 2000) ou encore par amidation du groupement carboxylique avec le chitosan; (Korjamo *et al.*, 2008) ou le 3-amino-1,2-propanediol (Floch *et al.*, 1998).

Une des voies de synthèse vise à construire des molécules tensioactives à base de glycinebétaine. Celles-ci permettent de répondre aux exigences de plus en plus strictes en termes de qualité environnementale et de développer des caractéristiques fonctionnelles bien précises(Noir *et al.*, 2002).

8.2. Glycine betainet la protection des organes de la reproduction au cours du stress abiotique

Le rendement des plantes est sérieusement compromis sous stress abiotiques en raison de la croissance limitée des organes reproducteurs.

De nouvelles preuves indiquent vers la protection des organes de la reproduction (Chen et Murata ,2011).

En effet, la croissance des plantes améliorées en termes de biomasse et le rendement a été signalé dans la tomate transgénique exprimant codA gène de *A. Globiformis*. codA plants d'*Arabidopsis* transgénique produit environ 22% plus de fleurs et 28% plus de graines que les plantes dans des conditions non stressées (Parc *et al.*, 2004). Ces effets de Glycine betaine ont été attribués à une accumulation plus élevée dans les organes reproducteurs. Organes reproducteurs; fleurs, siliques et inflorescence accumulé environ 5 fois plus élevé que Glycine betaine feuilles dans les plantes experssing codA gène constitutivement. (Parc *et al.*, 2004).

Les plantes de tomates exprimant codA gène produit 10-30% plus de fruits que les plantes après refroidissement stress. Tous ces effets sont dus à la protection des organes reproducteurs du stress par l'accumulation localisée plus élevée de Glycine betaine (Chenet Murata,2008).

CHAPITRE 2

MATERIEL ET METHODES

1. Matériel utilisés

Le matériel biologique utilisé dans ce travail est le blé dur (*Triticum durum*.Desf) sur quatre variétés d'origine diverses, introduites et locales. (Institut Technique des Grands Culture I.TG.C, El khroub-Algérie).

Tableau 02:L'origine des quatre variétés étudiées de blé dur

(*Triticum durum* Desf.).

Variétés	Origines	Abréviations
Bousselem	Algérie (Sétif)	V1
F43	Algérie	V2
Gta dur	Mexique (Cimmyt)	V3
Wahbi	Algérie	V4

2. Conduite de l'essai

Les essais sont menés au niveau de la serre (Bio pole, Chaabat Erssas), Université des Frères Mentouri Constantine.

L'étude a été réalisée en seize pots portant sur quatre variétés de blé dur. Les pots sont en plastiques contenant un mélange de 2/3 sol et 1/3 sable sachant que pour chaque variété un pot témoin et trois pots stressés. Les grains sont méticuleusement choisis avant leur utilisation (pas de cassures ni signe apparents de maladies).

L'étude de la réponse des dix variétés de blé dur face au stress hydrique a été réalisée au stade trois feuilles, l'application du stress est dix jours a la serre semi contrôlé .



Figure 03:La serre

3. Mise en Expérimentations

Dans cette étude on a pratiqué le dosage de la **glycine betaine**, ainsi le dosage **des protéines totaux** et des **polyphénols totaux**. Pour s'assurer que les résultats sont fiables, le dosage de chaque technique a été réalisé en deux répétitions pour chaque variété témoin et a trois répétitions pour chaque variété stressée.

3.1 .Dosage glycine betaine (Grieve et Grattan ,1983)

3.1.1. Technique de dosage :

-on prend 0.5g de matière végétale et la mettre dans 20 ml de l'eau distillé pendant 48 h à 25°c

-on la laisse au réfrigérateur jusqu'au jour de l'utilisation.

-on ajoute 0.5 ml de H₂SO₄et laissé à la glace pendant 1heure.

-on vortex pendant 16 min.

-les mesures ont été faites par le spectrophotomètre.



Figure 04: Dosage de Glycine betaine

3.2. Dosage des polyphénols totaux (Singleton et Rossi, 1965)

3.2.1. Technique de dosage

- La solution végétale (0.1 g de feuilles broyées avec 2 ml d'eau distillée chaude).
-
- Réactif de Folin Ciocalteu (1 ml).
- Le bicarbonate (CO_3Na_2) à 4,25% (20 ml).
- On porte au bain-marie à 70°C pendant 20 minutes.
- Après refroidissement on détermine la densité optique à 760 nm.
- Les résultats obtenus sont exprimés en mg par ml, en utilisant la courbe d'étalonnage tracée de l'acide gallique.



Figure 05: Dosage des polyphénols totaux.

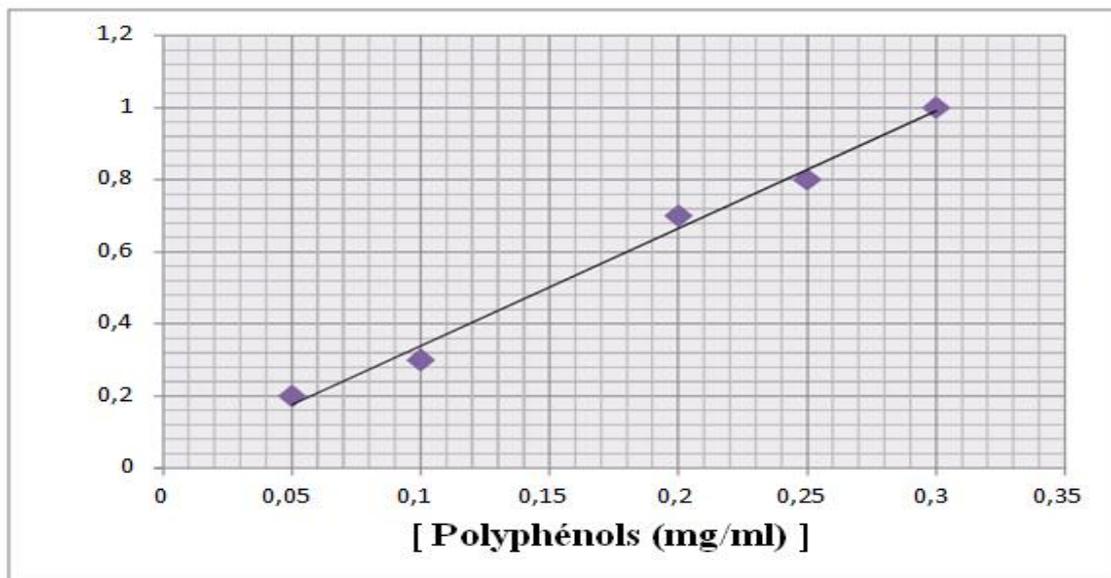


Figure 06 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des polyphénols totaux

3.3 Dosage des protéines totales(Lowry et *al.*, 1951)

3.3.1. Réactif utilisés

-Solution A : réactif de Folin-Ciocalteus dilué de moitié dans la soude 0,1N .

- Solution B : carbonate de sodium (2 %, m/v) préparé dans la soude 0,1N .

-Solution C1 : sulfate de cuivre (0,5 %, m/v) préparé dans de l'eau distillée .

- Solution C2 : tartrate double de sodium et de potassium (1%, m/v) préparé Dans de l'eau distillée .

Solution D : préparée à partir de 100 μ l de solution C1, 100 μ l de solution C2 et 10 ml de solution B.



Figure 07: Dosage des protéines totales

3.3.2 Technique de dosage-

-La solution végétale (0.1 g de feuilles broyées avec 5 ml d'eau distillée) -200 μ l de préparation protéique ont été dilués dans 2 ml de solution D.

- 200 μ l de solution A ont été ajoutés à ce mélange.

Le milieu réactionnel a été agité et laissé reposer pendant 30 min à l'obscurité pour permettre le développement de la coloration. La densité optique de l'essai a été mesurée à 600 nm.

La densité optique obtenue a été ensuite convertie en mg de protéine par ml grâce à une droite d'étalonnage du sérum albumine bovine qui a été utilisé comme protéine de référence préparée dans les mêmes conditions.



Figure 08: Préparation des solutions A, B, C1, C2, D

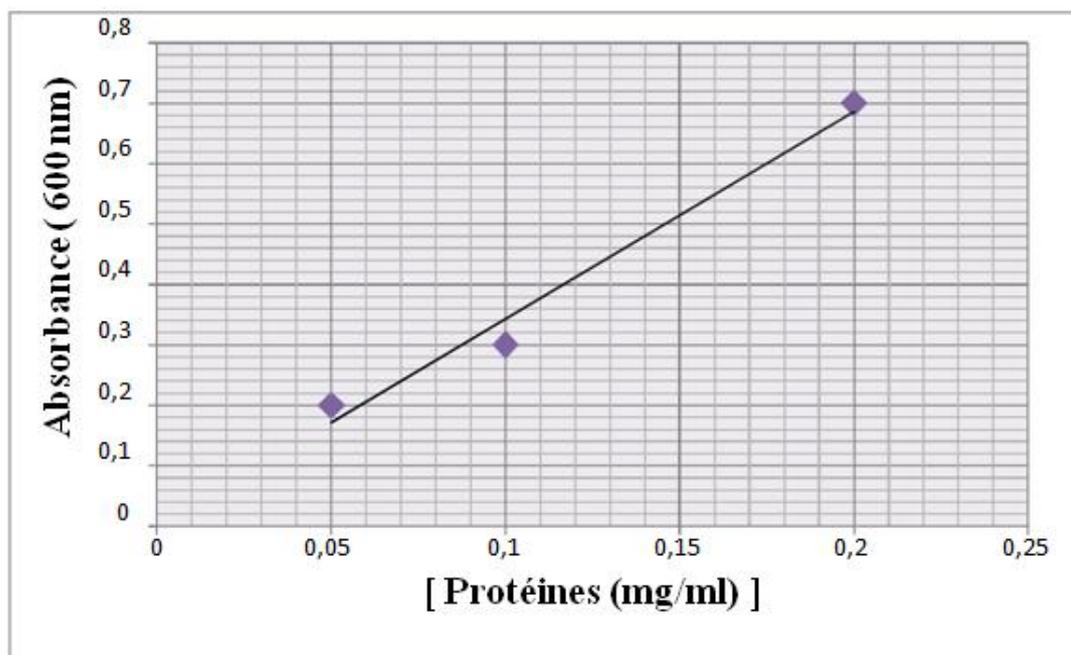


Figure 09: Courbe d'étalonnage de BSA pour le dosage des protéines totales.

4. Analyse statistique des données

L'analyse de la variance (ANOVA) à un facteur de classification a été utilisée à l'aide du logiciel Excel stat (2014).

CHAPITRE 3

RESULTAT ET DISCUSION

1. La Glycine bétaine:

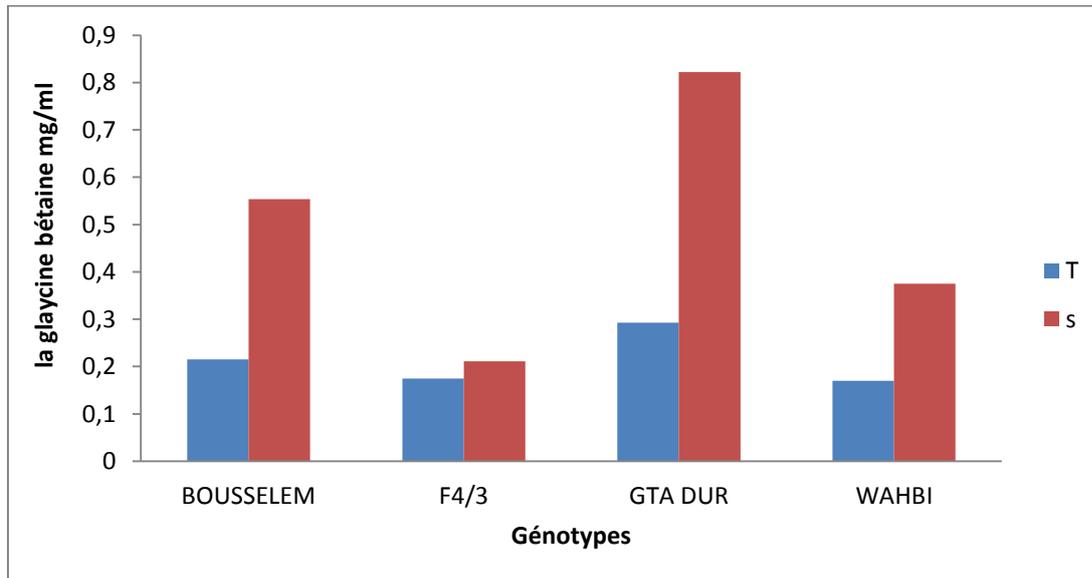


Figure 10: La teneur de la glycine bétaine de quatre génotypes du blé dur.

La concentration de la glycine bétaine varie d'une variété à une autre; En effet : Elle a augmenté chez les génotypes étudiés après le stress appliqué. Cette augmentation est bien marquée chez la variété stressée **GTA DUR** avec une valeur maximale de 0,82 (mg/ml) par rapport aux témoins. La variété stressée **F4/3** présente une valeur minimale de 0,22 (mg/ml) par rapport aux témoins, avec une moyenne de 0,49 (mg/ml) entre les quatre variétés stressées et une moyenne de 0,26 (mg/ml) entre les quatre variétés témoins (**fig10**).

L'analyse de la variance (Anova) a montré une très grande signification chez les variétés stressées et les variétés témoins $P < 0,001$.

L'accumulation de bétaine pourrait contribuer à l'osmoprotection dans des accumulateurs naturels; cependant, l'osmoprotection semble être responsable de la tolérance aux stress abiotiques.

2. Les polyphénols totaux

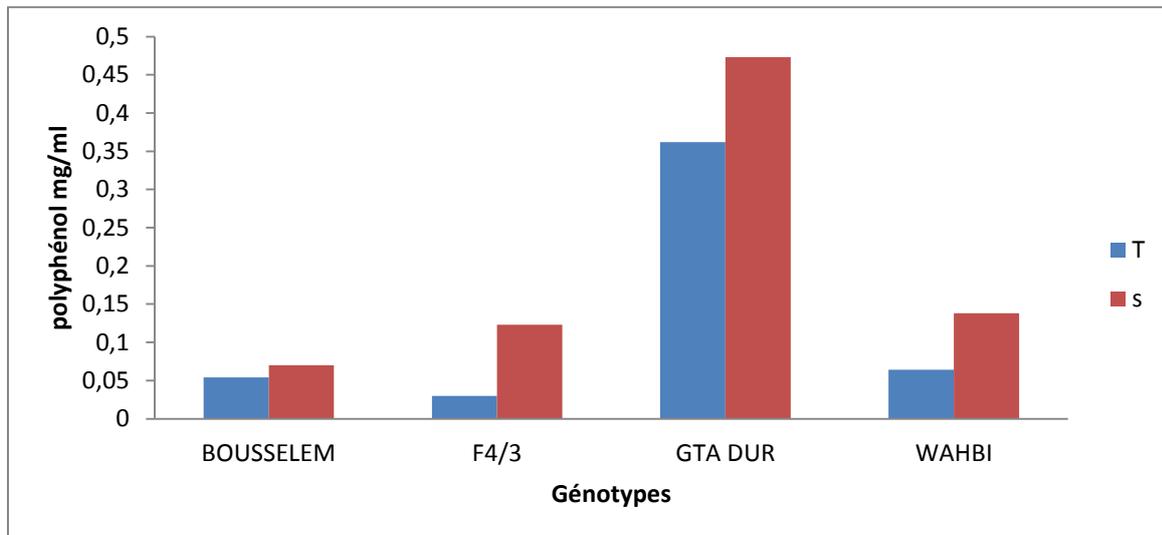


Figure11 : La concentration des polyphénols totaux chez les quatre variétés étudiées

L'analyse de la variance (Anova) a montré une très grande signification chez les variétés stressés et les variétés témoins $P < 0,001$.

la concentration des polyphénols varie d'une variété à une autre; En effet : Elle a augmenté chez les génotypes étudiés après le stress appliqué. Cette augmentation est bien marquée chez la variété stressée **Gta Dur** avec une valeur maximale de 0,48 (mg/ml) par rapport aux témoins, les variétés stressées **Bousselem** présentent une valeur minimale de 0,070 (mg/ml) par rapport aux témoins, avec une moyenne de 0,12 (mg/ml) entre les quatre variétés stressées et une moyenne de 0,050 (mg/ml) entre les quatre variétés témoins(**Fig11**).

Les polyphénols expriment les propriétés anti-oxydantes par : Le piégeage direct des espèces réactives de l'oxygène (ERO), La suppression de la formation des ERO par l'inhibition de quelques enzymes ou par chélation des ions métalliques, impliqués dans leur production, La protection des systèmes de Défense antioxydants de l'organisme (**Boudiaf, 2006**).

3. Les protéines totales

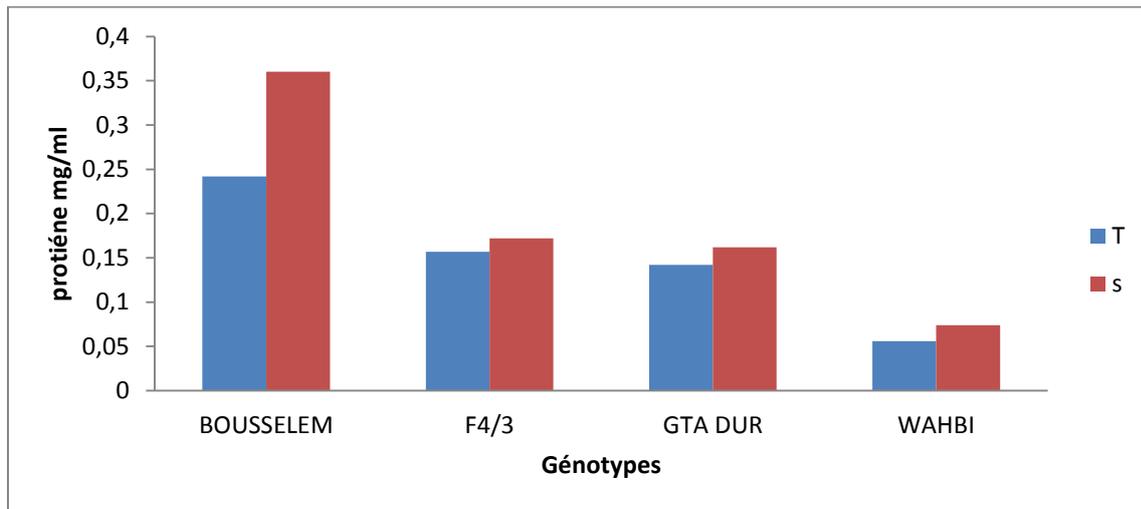


Figure 12 : La concentration des protéines totales chez les quatre variétés étudiées

Dans cette étude le stress a diminué la concentration des protéines chez les génotypes étudiés (**Fig 12**). Cette diminution est marquée chez la variété stressée **Bousselem** avec une valeur maximale de 0,36 (mg/ml) par rapport aux témoins, par contre la variété stressée **wahbi** a marqué une valeur minimale de 0,074 (mg/ml) par rapport aux témoins.

La moyenne est de 0,192 (mg/ml) entre les quatre variétés stressées et de 0,149 (mg/ml) entre les quatre variétés L'analyse de la variance (ANOVA) a été très significative chez les quatre variétés témoins et stressés $P < 0,001$ (Tab 5).

Les protéines de stress jouent un rôle dans l'adaptation de la plante et de ce fait de nombreux chercheurs abordent la résistance au stress par l'isolement et l'étude de ces molécules (**campalans et al. 1999**).

4. Discussions générales

L'étude de la réponse au stress hydrique chez les quatre variétés de blé dur testées révèle l'existence d'une grande variabilité pour la plupart des paramètres mesurés. L'effet du stress hydrique est bien marqué entre les génotypes **Bousselem**, **Gta dur**, Ont montré une très grande tolérance par rapport aux autres variétés.

La concentration de glycine bétaine des variétés stressées est peu élevée que celle des témoins mais spécifiquement réclamer chez les deux variétés stressées **Bousselem**, **Gta dur**, Chez les plantes transgéniques. Un travail important sur la glycine bétaine a suggéré ses rôles variés dans les plantes. De nouvelles preuves suggèrent que la contribution de l'expression différentielle des gènes endogènes dans glycine bétaine médiée tolérance au stress chez les plantes. Des travaux supplémentaires de déterminer si les modifications du transcriptome sont des cibles directes de glycine bétaine ou sont produit d'ajustement métabolique dans les plantes transgéniques (**Kirst, 1996**).

La concentration des polyphénols des variétés stressées est peut élever que celle des témoins mais spécifiquement réclamer chez les deux variétés stressées **Gta dur** et **wahbi**. Plusieurs travaux ont montré que la tolérance au déficit hydrique est fortement liée à l'efficacité des enzymes antioxydants (**Rout et Shaw, 2001 ; Arbona et al., 2003 ; Muscolo et al., 2003**).

Les Polyphénols bloquent l'auto oxydation et la génération de radicaux oxygénés actifs, comme le peroxyde d'hydrogène (H₂O₂). En définitive, ces derniers pourraient accélérer la survenue de l'atteinte oxydative de l'ADN, des protéines et des lipides (**Milane, 2004**), Les composés phénoliques permettant de résister aux diverses agressions vis-à-vis des organismes pathogènes. Ils participent de manière très efficaces à la tolérance des végétaux à des stress variés, donc ces composés jouent un rôle essentiel dans l'équilibre et l'adaptation de la plante au sein de son milieu naturel (**Macheix et al., 2005**).

Les résultats des protéines montrent une diminution des concentrations protéiques des variétés stressées par rapport aux témoins. Sauf la variété **Bousselem** qui a résisté à l'oxydation lipidique par l'accumulation des protéines. D'après (Mahi *et al.*, 2015) la concentration des protéines d'*Atriplex halimus*, diminuent au niveau des feuilles lors d'un stress oxydatif. Cette diminution est aussi montrée chez le Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) stressé (Daud *et al.*, 2015).

Protéines induites ont une fonction directe dans l'augmentation de la tolérance au stress (protéines fonctionnelles), d'autres ont une fonction dans la chaîne de transduction (protéines régulatrices) qui aboutissent à la production de protéines fonctionnelles. La plupart des protéines à fonction directe sont des aquaporines et des enzymes catalysant la biosynthèse d'osmolytes (carbohydrate et acides aminés).

En conclusion : la plupart des travaux effectués sur le blé dur dans le cadre d'amélioration génétique de la tolérance au stress hydrique, ce sont des données pendant longtemps pour objectif primordial, l'augmentation de la productivité par une approche basée sur les performances agronomiques, actuellement les programmes d'amélioration du blé exigent d'étudier, d'identifier et de vérifier les caractères phénologiques, morpho-physiologiques et biochimiques liés au rendement en condition au stress hydrique.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Conclusion

La survie de la plante nécessite des modifications morphologiques, métaboliques et moléculaires. Ces changements doivent aider à la fois à minimiser les effets nocifs des stress. La réponse des plantes au changement de stress varie selon l'intensité du stress et les caractéristiques de la plante même.

Après cette étude Les résultats ont montré que le déficit hydrique à influencer sur les différents paramètres biochimiques étudiés chez les quatre variétés.

Le stress hydrique a provoqué une augmentation importante en polyphénols au niveau des feuilles des quatre variétés de blé dur surtout sur la variété **GTA DUR**. Cette tolérance se manifeste à une forte concentration en molécules antioxydantes.

La glycine bétaine a également été impliquée dans la protection de la structure quaternaire des protéines (ce qui maintient l'activité enzymatique) une augmentation importante de la glycine bétaine a été enregistré chez la variété **GTA DUR** par rapport aux autres variétés.

Le stress hydrique qui a été impliqué sur la plante de blé dur a augmenté le taux de la protéine dans les feuilles notamment dans la variété **Bousselem**.

En fin, on peut dire que les quatre variétés de blé dur utilisent les mêmes stratégies pour tolérer les différents stress abiotiques.

En conclusion, pour mener à bien cette étude, il serait intéressant d'élargir l'investigation à d'autres méthodes d'analyse.

Références bibliographiques

A

- ABECASSIS J., AUTRAN J.C., ADDA J.** 1990. La qualité technologique des blés. Le blé à l'INRA : Recherches et innovations. Revue mensuelle INRA. N°4. pp. 6-9
- Abeledo L. G., Savin R., Gustavo A. et Slafer.** 2008. Wheat productivity in the Mediterranean Ebro Valley: Analyzing the gap between attainable and potential yield with a simulation model. *European journal of Agronomy*. 28. 541-550p.

B

- Bajji M.** 1999. Étude des mécanismes de résistance au stress hydrique chez le blé dur : caractérisation de cultivars différant par leurs niveaux de résistance à la sécheresse et de variantes somaclonales sélectionnés *In vitro*. Thèse de doctorat. Univ. Louvain.
- Bajji M., Lutts S. et Kinet J. M.** 2001. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid.
- Ben Naceur M., Gharbi M. S. et Paul R.** 1999. L'amélioration variétale et les autres actions contribuant à la sécurité alimentaire en Tunisie en matière de céréales. *Sécheresse*. 10:27- 33 p.
- Boros B., Jakabova S., Dornyei A., Horvath G., Pluhar Z., Kilar F., Felinger A.,** 2010. Determination of polyphenolic compounds by liquid chromatography–mass spectrometry in *Thymus* species. *Journal of Chromatography A*. 1217: 7972–7980
- **Bahorun T,** 1997. Substances Naturelles actives. La flore Mauricienne .une source d'approvisionnement potentielle. Food and Agricultural Research Council Mauritias.83-94

C

- Chellali B.** 2007. Marché mondial des céréales: L'Algérie assure sa sécurité alimentaire.
<http://www.lemaghreb.dz.com/admin/folder01/une.pdf>.

D

-DESCLAUX D. 1996. De l'intérêt de génotypes révélateurs de facteurs limitants dans l'analyse des interactions génotype – milieu chez le soja (*Glycine max* L. Merrill). Institut National Polytechnique de Toulouse. Spécialité: Biologie et Technologie végétales. Thèse de Doctorat. 227pp.

F

-Fellah A., Bouzerzour H., Benmahammed A. et Djekoun A. 2002. Selection pour améliorer la tolérance aux stress abiotiques chez le blé dur (*Triticum durum*, Desf.). *Actes IAV*, 22: 161-168.

G

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

-Gonzalez A., Martin I. et Ayerbe L. 1999. Barley yield in water stress conditions. The influence of precocity, osmotic adjustment and stomatal conductance. *Field Crop Research*. 62: 23 -34 p

H

-HERNANDEZ J.A.Z., SANTIVERI F., MICHELENA A. and PENAR.J. 2004. Durum wheat (*Triticum turgidum* L.) carrying the 1BL/1RS chromosomal translocation : agronomic performance and quality characteristics under Mediterranean conditions. *European Journal of Agronomy* 30

-Handique J.G et Baruah J.B, 2002. Polyphenolic compounds: an overview. *Reactive & Functional Polymers* 52, 163–188. *Journal of the American Oil Chemists Society*. 73:1617 1625.

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

J

-Jones H.G., Flowers T.J. et Jones M.B. 1989. *Plants under stress*. Univ. Cambridge.

K

-KAAN F., BRANLARD G., CHIHAB B., BORRIES C., MONNEVEUX P. 1993. Prebreeding and breeding durum wheat germplasm (*Triticum durum* Desf.) for quality products. pp. 30 - 33.

L

LINDEN G., LORIENT D.1994. Biochimie agro-industrielle : Valorisation alimentaire de la production agricole. Ind. Alim. Et Biologiques. éd. Masson.pp. 70 - 80.

-Levitt J. 1982. Responses of plants to environmental stresses.*Academic Press.* New York San Francisco –London: 607p.

-LIU C.Y., SHEPHERD K. W.1995. Inheritance of B subunits of glutenin and ω - and γ - gliadins in tetraploid wheats.*Theor. Appl. Genet* N°90. pp 1149-1157

M

-MATSUO R. R.,BRADLEY J. W., IRVINE G. N. 1972. Effect of protein content on the cooking quality of spaghetti.*Cereal Chem.* N° 49.

-MELAS V., MOREL M. H., FEILLET P. 1993. Les sous unités gluténines du blé de faible poids moléculaire : des protéines d'avenir ?.*Ind. Cereal.* N° 84.pp. 3 - 14.

-MASCI S., LEW E. J.-L., LAFIANDRA D., PORCEDDU E., KASARDA D. 1995. Characterization of Low Molecular Weight Glutenin Subunits in Durum Wheat by Reversed- Phase High- Performance Liquid Chromatography and N-Terminal Sequencing. *Cereal Chemistry.* Vol. 72, No. 1.pp 100-104.

-Macheix J.J., Fleuriet A., Jay-Allemand C., 2005. Les composés phénoliques des végétaux:un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. Ed. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne. 4-5.ade of progress. *Advances in Agronomy*39:1-51

-MATWEEF M. 1946. Valeur industrielle des blés durs Tunisiens et méthodes utilisées pour appréciation. *Annales du Service Botanique et Agronomique de Tunisie.* Vol, 19.pp. 4 -23.

-Madhava Rao K.V., Raghavendra A. S. et JanardhanReddy K. 2006. Printed in the Netherlands.*Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants.*Springer: 1-14 p.

-Martin S et Andriantsitohaina R, 2002. Vasculaire des polyphénols au niveau de d'angéiologie. 51: 304–315

N

-Niu X, Zheng W, Lu BR, Ren G, HuangW, Wang S, et al. Un traitement post-transcriptionnelle inhabituel dans deux bêtaïne aldéhyde déshydrogénase (BADH) loci des cultures de céréales dirigées par des répétitions court directs en réponse aux conditions de stress. *Plant Physiol.* 2007; 143 : 1929-1942. doi:. 10.1104 / pp.107.095752 [[Article PMC gratuit](#)] [[PubMed](#)] [[Renvoi](#)]

R

-Rahnama H., Ebrahimzadeh H, 2005. The effect of NaCl on antioxidant enzyme activities in potato seedling. *Biol Plant* 49(1): 93-97.

S

-Slama A., Ben Salem M., Ben Naceur M. et Zid E. D. 2005. Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. *Sécheresse* (16) 3 :225-9.

T

-Tsimilli-Michael M. M., Pêcheux R. J. et Strasser. 1998. Vitality and stress adaptation of the symbionts of coral reef and temperate foraminifers probed *in hospite* by the fluorescence kinetics O-J-I-P. *Archs. Sci. Genève.* 51: 205 - 240 p.

-Turner N. C. 1986 (a). Adaptation to water deficit: a changing perspective. *Australian Journal of Plant Physiology.* 13: 175- 90 p.

-Turner N. C. 1986 (b). Crop water deficits: decade of progress. *Advances in Agronomy* 39:1-51.

W

-WESLEY I.J., LARROQUE O., OSBORNE B.G., AZUDIN N., ALLEN H. et SKERRI J.H. 2001. Measurement of Gliadin and Glutenin Content of Flour by NIR Spectroscopy. *Journal of Cereal Science* 34(2001). Pp 125 – 133.

Y

-Yao K., De Luca V. et Brisson N., 1995. Creation of a Metabolic Sink for Tryptophan Alters the Phenylpropanoid Pathway and the Susceptibility of Potato to Phytophthora infestans. *Plant Cell.* 7: 1787-1799

Z

-Zadoks J.C., Chang P.T. et Konzak E.F. 1974. A decimal code for growth stages of cereals. *Ecarpia Bul.*, 7: 42-52.

ANNEXES

Analyse de la variance **les protéines**
(Variable0, 054) :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	3	0,7242	0,2414	23,1338	0,0003
Erreur	8	0,0835	0,0104		
Total corrigé	11	0,8076			

Analyse de la variance **polyphénole**
(Variable0, 215) :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	3	9901,2775	3300,4258	1,3414	0,0320
Erreur	8	19683,2082	2460,4010		
Total corrigé	11	29584,4858			

Analyse de la variance **la glycine betaine**
(Variable0,242) :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	3	0,2459	0,0820	155,6796	< 0,0001
Erreur	6	0,0032	0,0005		
Total corrigé	9	0,2491			

Calculé contre le modèle Y=0

la variété	t	s1
bousselam	0,215	0,509
bousselam	0,213	0,405
bousselam	0,211	0,75
f4/3	0,175	0,2
f4/3	0,17	0,225
f4/3	172	0,21
gta	0,293	0,72
gta	0,29	0,847
gta	0,291	0,9
wahbi	0,17	0,34
wahbi	0,16	0,325
wahbi	0,165	0,46

Statistiques descriptives :							
Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
0,215	11	0	11	0,1600	172,0000	15,8307	51,7955
0,509	11	0	11	0,2000	0,9000	0,4893	0,2658

Variable	Modalités	Effectifs	%
bou	bou	2	18,1818
	f4/3	3	27,2727
	gta	3	27,2727
	wahbi	3	27,2727

Matrice de corrélation :

Variables	bou-bou	bou-f4/3	bou-gta	bou-wahbi	0,215	0,509
bou-bou	1,0000	-0,2887	-0,2887	-0,2887	-0,1491	0,1641
bou-f4/3	-0,2887	1,0000	-0,3750	-0,3750	0,5161	-0,6707
bou-gta	-0,2887	-0,3750	1,0000	-0,3750	-0,1927	0,8047
bou-wahbi	-0,2887	-0,3750	-0,3750	1,0000	-0,1943	-0,2761
0,215	-0,1491	0,5161	-0,1927	-0,1943	1,0000	-0,3476
0,509	0,1641	-0,6707	0,8047	-0,2761	-0,3476	1,0000

Statistiques de multicolinéarité :

Statistique	bou-bou	bou-f4/3	bou-gta	bou-wahbi
Tolérance	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
VIF	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Régression de la variable 0,215 :

Coefficients d'ajustement (Variable 0,215) :

Observations	11,0000
Somme des poids	11,0000
DDL	8,0000
R ²	0,2663
R ² ajusté	
MCE	2460,4010
RMCE	49,6024
DW	2,3333

Comme la constante du modèle est fixée, le R² affiché ci-dessus est calculé comme le coefficient de détermination entre les Y observés et prédits.

Analyse de la variance (Variable 0,215) :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	3	9901,2775	3300,4258	1,3414	0,3277
Erreur	8	19683,2082	2460,4010		
Total corrigé	11	29584,4858			

Calculé contre le modèle $Y=0$

Paramètres du modèle (Variable 0,215) :

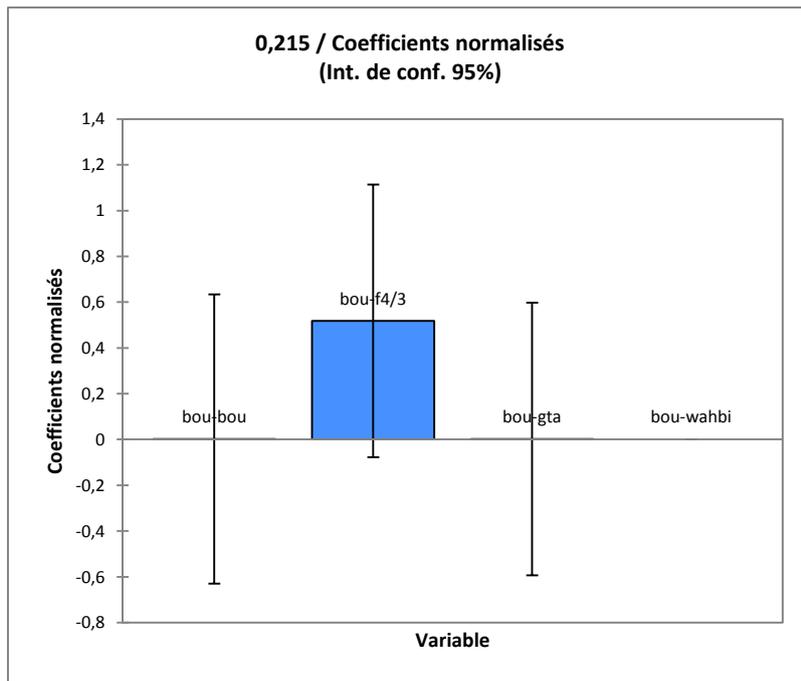
Source	Valeur	Erreur standard	t	Pr > t	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)
Constante	0,0000					
bou-bou	0,2120	35,0742	0,0060	0,9953	-80,6693	81,0933
bou-f4/3	57,4483	28,6380	2,0060	0,0798	-8,5910	123,4876
bou-gta	0,2913	28,6380	0,0102	0,9921	-65,7480	66,3306
bou-wahbi	0,0000	0,0000				

Equation du modèle (Variable 0,215) :

$$0,215 = 0,21200 * \text{bou-bou} + 57,44833 * \text{bou-f4/3} + 0,29133 * \text{bou-gta}$$

Coefficients normalisés (Variable 0,215) :

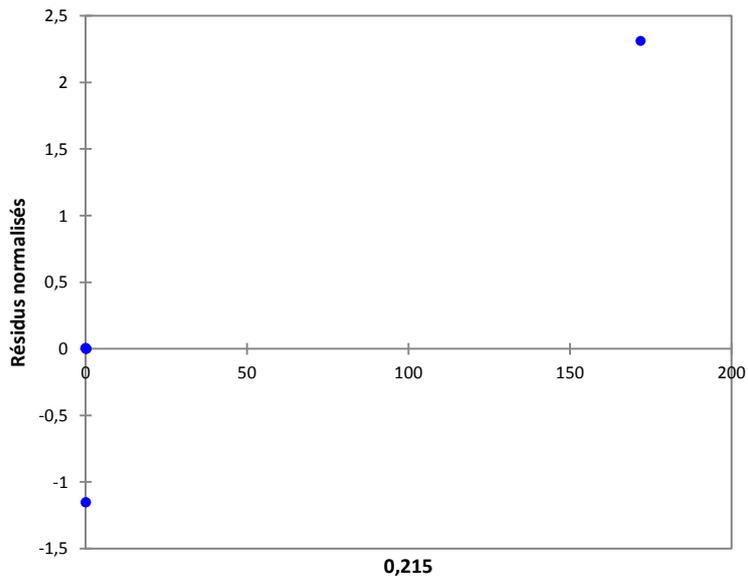
Source	Valeur	Erreur standard	t	Pr > t	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95%)
bou-bou	0,0017	0,2739	0,0060	0,9953	-0,6300	0,6333
bou-f4/3	0,5181	0,2583	2,0060	0,0798	-0,0775	1,1136
bou-gta	0,0026	0,2583	0,0102	0,9921	-0,5929	0,5982
bou-wahbi	0,0000	0,0000				



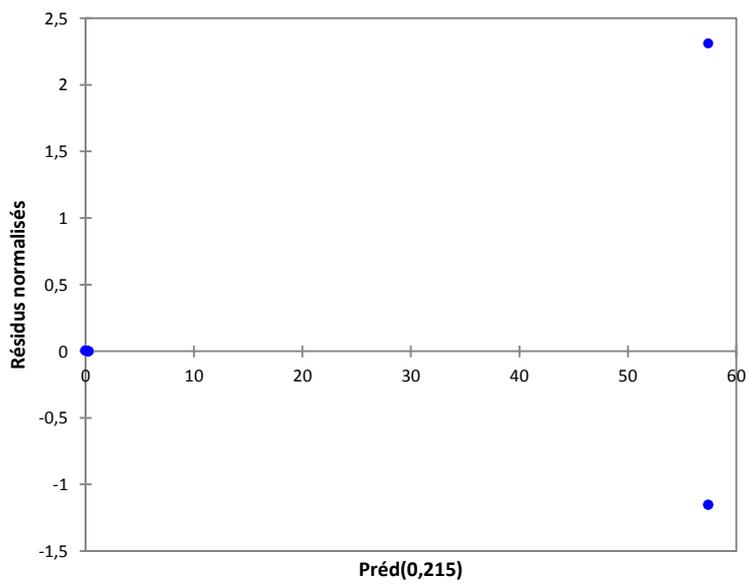
Prédictions et résidus (Variable 0,215) :

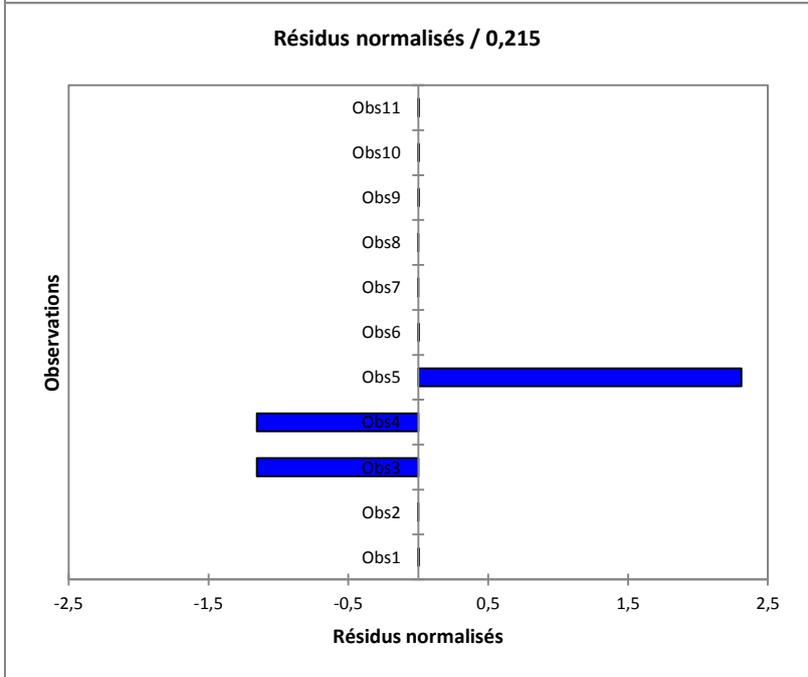
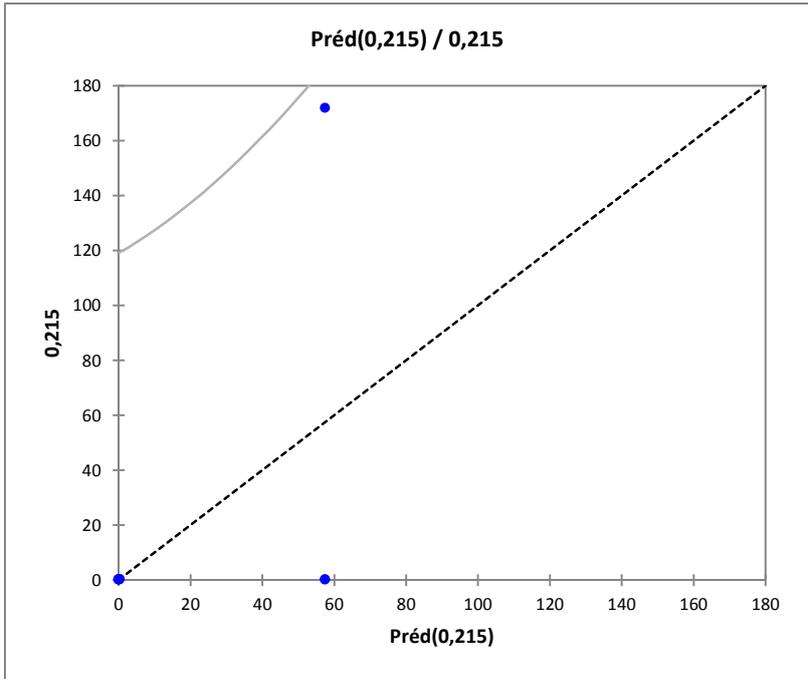
Observation	Poids	0,215	Préd(0,215)	Résidu	Résidu std.	sidus studentie sur la préd.	(férieure 95%	(Nérieure 95%	(sur la préd.	(Orieure 95%	(Orieure 95%	(Observation)
Obs1	1	0,2130	0,2120	0,0010	0,0000	0,0000	31,7258	-72,9479	73,3719	58,8806	-135,5670	135,9910
Obs2	1	0,2110	0,2120	-0,0010	0,0000	0,0000	31,7258	-72,9479	73,3719	58,8806	-135,5670	135,9910
Obs3	1	0,1750	57,4483	-57,2733	-1,1546	-1,4141	24,4225	1,1298	113,7668	55,2889	-70,0481	184,9448
Obs4	1	0,1700	57,4483	-57,2783	-1,1547	-1,4143	24,4225	1,1298	113,7668	55,2889	-70,0481	184,9448
Obs5	1	172,0000	57,4483	114,5517	2,3094	2,8284	24,4225	1,1298	113,7668	55,2889	-70,0481	184,9448
Obs6	1	0,2930	0,2913	0,0017	0,0000	0,0000	24,4225	-56,0272	56,6098	55,2889	-127,2051	127,7878
Obs7	1	0,2900	0,2913	-0,0013	0,0000	0,0000	24,4225	-56,0272	56,6098	55,2889	-127,2051	127,7878
Obs8	1	0,2910	0,2913	-0,0003	0,0000	0,0000	24,4225	-56,0272	56,6098	55,2889	-127,2051	127,7878
Obs9	1	0,1700	0,0000	0,1700	0,0034	0,0036	0,0000	0,0000	0,0000	49,6024	-114,3834	114,3834
Obs10	1	0,1600	0,0000	0,1600	0,0032	0,0034	0,0000	0,0000	0,0000	49,6024	-114,3834	114,3834
Obs11	1	0,1650	0,0000	0,1650	0,0033	0,0035	0,0000	0,0000	0,0000	49,6024	-114,3834	114,3834

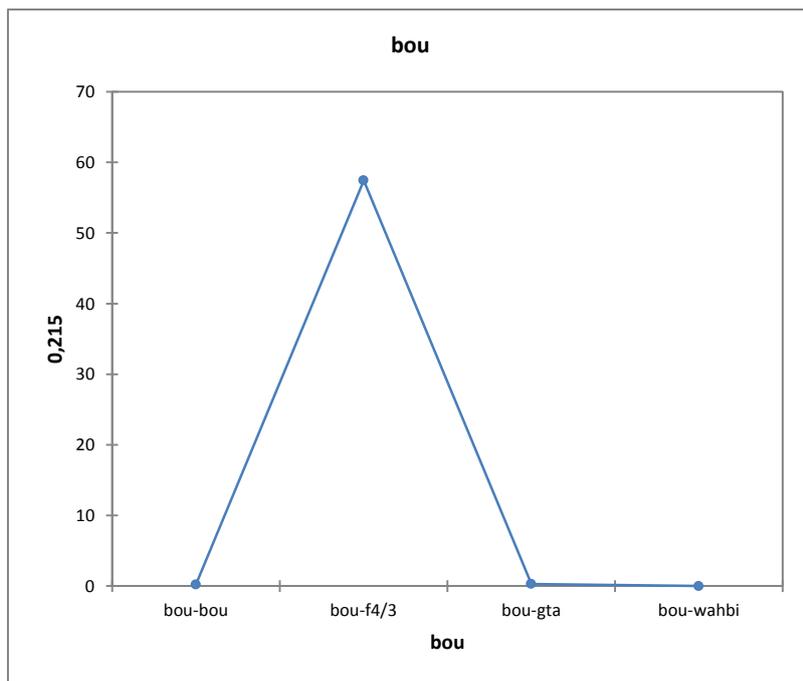
0,215 / Résidus normalisés



Préd(0,215) / Résidus normalisés







Régression de la variable 0,509 :

Coefficients d'ajustement (Variable 0,509) :

Observations	11,0000
Somme des carrés	11,0000
DDL	8,0000
R ²	0,6682
R ² ajusté	
MCE	0,0637
RMCE	0,2524
DW	0,5299

Comme la constante du modèle est fixée, le R² affiché ci-dessus est calculé comme le coefficient de détermination et

Analyse de la variance (Variable 0,509) :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	3	2,8301	0,9434	14,8048	0,0013
Erreur	8	0,5098	0,0637		
Total corrigé	11	3,3399			

Calculé contre le modèle Y=0

Paramètres du modèle (Variable 0,509) :

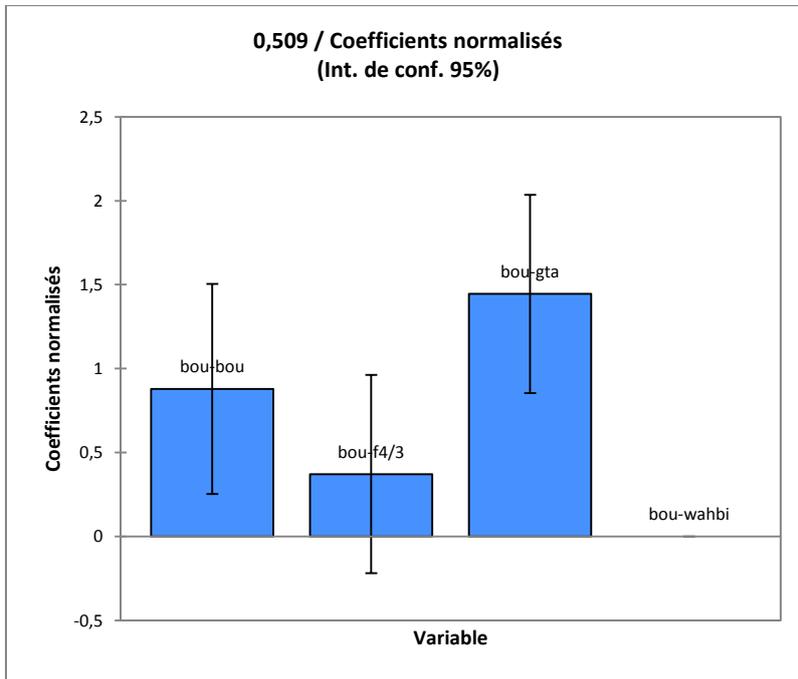
Source	Valeur	Erreur standard	t	Pr > t	Limite inférieure (95%)	Limite supérieure (95%)
Constante	0,0000					
bou-bou	0,5775	0,1785	3,2354	0,0120	0,1659	0,9891
bou-f4/3	0,2117	0,1457	1,4524	0,1845	-0,1244	0,5477
bou-gta	0,8223	0,1457	5,6425	0,0005	0,4863	1,1584
bou-wahbi	0,0000	0,0000				

Equation du modèle (Variable 0,509) :

$$0,509 = 0,57750 * \text{bou-bou} + 0,21167 * \text{bou-f4/3} + 0,82233 * \text{bou-gta}$$

Coefficients normalisés (Variable 0,509) :

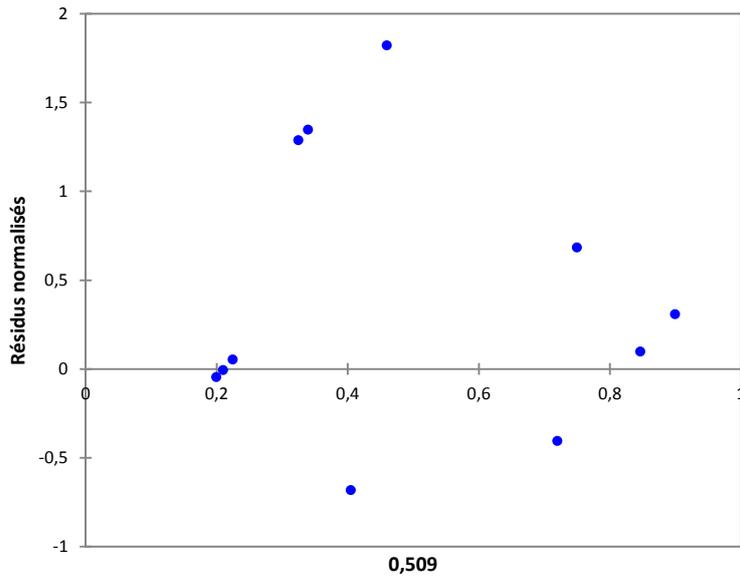
Source	Valeur	Erreur standard	t	Pr > t	Limite inférieure (Se)	Limite supérieure (95%)
bou-bou	0,8788	0,2716	3,2354	0,0120	0,2524	1,5052
bou-f4/3	0,3719	0,2561	1,4524	0,1845	-0,2186	0,9625
bou-gta	1,4450	0,2561	5,6425	0,0005	0,8544	2,0355
bou-wahbi	0,0000	0,0000				



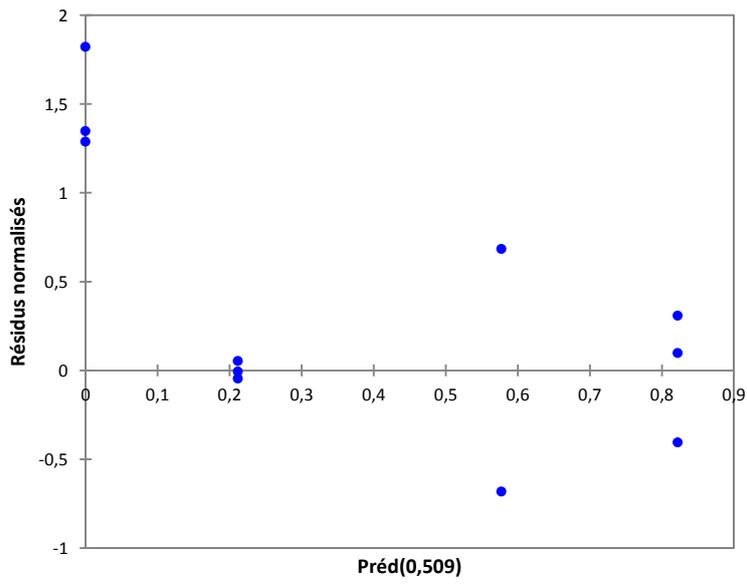
Prédictions et résidus (Variable 0,509) :

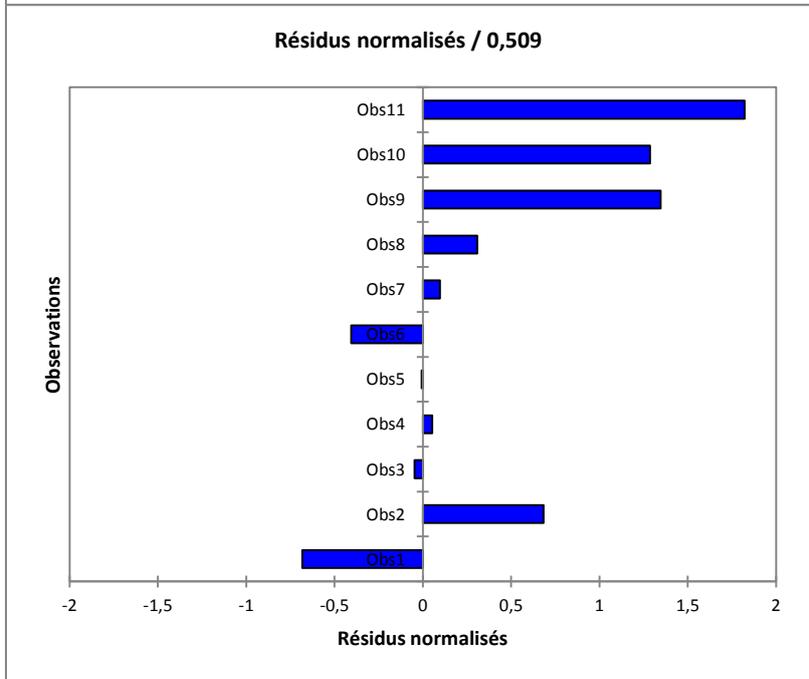
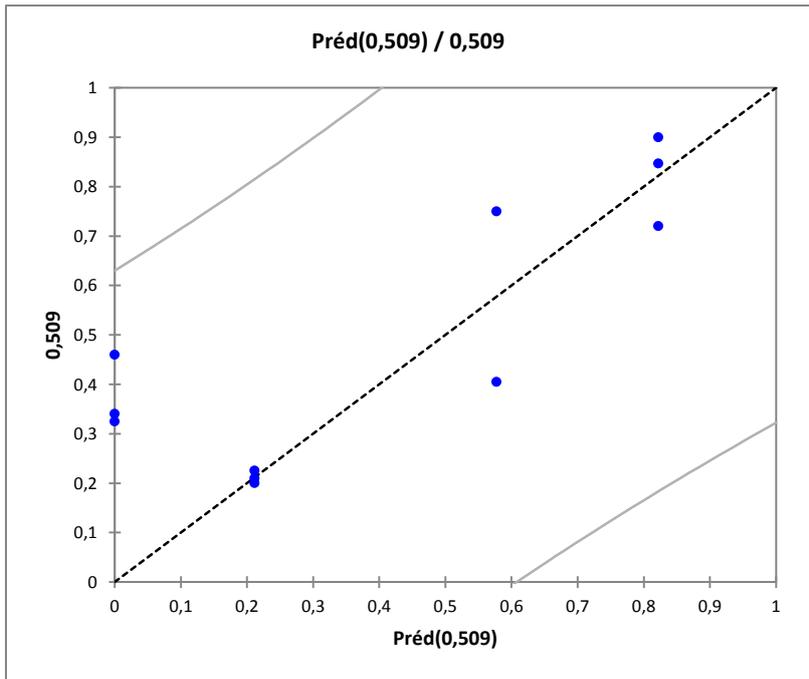
Observation	Poids	0,509	Préd(0,509)	Résidu	Résidu std.	sidus studentis sur la préd.	(Limite inférieure 95%)	(Limite supérieure 95%)	(sur la préd.)	(Limite inférieure 95%)	(Limite supérieure 95%)	(Observation)
Obs1	1	0,4050	0,5775	-0,1725	0,6834	-0,9664	0,1615	0,2052	0,9498	0,2996	-0,1135	1,2685
Obs2	1	0,7500	0,5775	0,1725	0,6834	0,9664	0,1615	0,2052	0,9498	0,2996	-0,1135	1,2685
Obs3	1	0,2000	0,2117	-0,0117	0,0462	-0,0566	0,1243	-0,0749	0,4983	0,2814	-0,4372	0,8605
Obs4	1	0,2250	0,2117	0,0133	0,0528	0,0647	0,1243	-0,0749	0,4983	0,2814	-0,4372	0,8605
Obs5	1	0,2100	0,2117	-0,0017	0,0066	-0,0081	0,1243	-0,0749	0,4983	0,2814	-0,4372	0,8605
Obs6	1	0,7200	0,8223	-0,1023	0,4054	-0,4965	0,1243	0,5357	1,1089	0,2814	0,1735	1,4712
Obs7	1	0,8470	0,8223	0,0247	0,0977	0,1197	0,1243	0,5357	1,1089	0,2814	0,1735	1,4712
Obs8	1	0,9000	0,8223	0,0777	0,3077	0,3768	0,1243	0,5357	1,1089	0,2814	0,1735	1,4712
Obs9	1	0,3400	0,0000	0,3400	1,3469	1,4126	0,0000	0,0000	0,0000	0,2524	-0,5821	0,5821
Obs10	1	0,3250	0,0000	0,3250	1,2875	1,3503	0,0000	0,0000	0,0000	0,2524	-0,5821	0,5821
Obs11	1	0,4600	0,0000	0,4600	1,8223	1,9112	0,0000	0,0000	0,0000	0,2524	-0,5821	0,5821

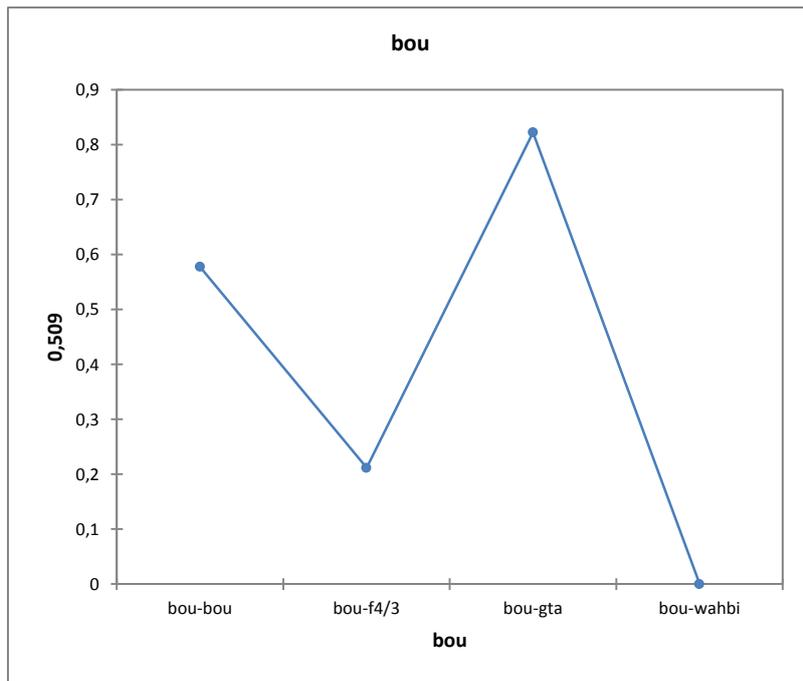
0,509 / Résidus normalisés



Préd(0,509) / Résidus normalisés







Synthèse pour tous les Y :

	0,215	0,509
R ²	0,2663	0,6682
F	1,3414	14,8048
Pr > F	0,3277	0,0013

Comparaison de quelques paramètres biochimique chez quatres variétés de blé dur sous stress oxydatif généré par un stress hydrique

Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Master en Biologie

Résumé

L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet de stress hydrique et la variabilité de la réponse chez les quatre génotypes de blé dur et leurs tolérances au stress hydrique.

Les paramètres mesurés sont le dosage des protéines totales, des polyphénols totaux et la glycine bitaine.

Les résultats de la présente étude indiquent une très grande variabilité pour les principales variables mesurées. Cette variabilité a été évaluée par une analyse statistique.

En outre les résultats obtenus chez les variétés étudiées, montrent que le stress hydrique a entraîné une production des espèces réactives pour la défense, la communication entre les plantes et l'allélopathie.

En conclusion, l'étude a montré que les deux génotypes étudiés **gta dur** et **Bousselema** ont une tolérance et une résistance efficace contre le stress hydrique par rapport aux autres génotypes étudiés.

Mots clés : Blé dur, stress hydrique, glycine bitaine, protéines, polyphénols

Laboratoire de recherche : laboratoire de nutrition minérale des végétaux

Jury d'évaluation :

Président du jury :	HAMMOUDA D	(MCA - UFM Constantine),
Rapporteur :	BOUCHAREB R	(MAA - UFM Constantine),
Examineur :	AOUAIDJIA N	(MAA - UFM Constantine).

Date de soutenance : 19/06/2017