

جمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche

Scientifique



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre

Département de Biologie

Spécialité de Protection des écosystèmes

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master

THEME

Contribution à l'étude de l'effet de stress hydrique sur quelques Variétés de Blé dur (*Triticum durum* Desf.)

Présenté par :

- DOUAER Amel
- HOUAIA Dalila

Devant le jury composé de :

Président : Mr.AMOKRANE. A MAA UNIV Djilali Bounaâma Khemis-Miliana

Promoteur : Mr.AROUS. A MAA UNIV Djilali Bounaâma Khemis-Miliana

Examineurs :

1- Mr.AMRANI. R MAA UNIV Djilali Bounaâma Khemis-Miliana

2- Mr.RATA. M MAA UNIV Djilali Bounaâma Khemis-Miliana

Année universitaire : 2017/2018

REMERCIEMENTS

الحمد لله الذي هدانا لهذا وما كنا لنهتدي لولا هداانا الله

Nous remercier avant tout ALLAH tout puissant, de m'avoir guidé toutes les années d'étude et m'avoir donné la volonté, la patience et le courage pour terminer ce travail.

Nous adresse l'expression de mes très vives gratitude et respects à notre encadreur, Monsieur AROUSSA pour son soutien, pour ses conseils utiles et sa gentillesse et pour ses appréciations sur ce travail.

Tous mes remerciements au Mr. Boucefian le enseignant de Géostatistique, Mr. Zaghoudi le enseignant d'entrpreneurie qui soutien a ce travail par des informations statistique important. Mme. Mabrek pour leur aide dans laboratoire.

Nous remercions beaucoup les membres du jury :

Mr Amokrane.A, Mr Amrani.R, Mr . Rata .M qui nous ont fait l'honneur de participer et de juger notre mémoire.

Nous remercions tous les enseignants du département de science de la nature et la vie pour leurs aides et encouragements au cours de mes études.

Nous tiens enfin à remercier notre entourage pour leur encouragement, à toute personne qui a participé de près ou de loin pour l'accomplissement de ce modeste travail.

Nos remerciements s'adressent également à l'ensemble du personnel de L'ITGC de Bir ould Khelifa spécialement les personnes qui travaille sur les céréales, D.S.A d'Ain Defla.

DEDICACES

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Je dédie ce travail aux plus précieux de l'existence : Mes chers parents
A celle qui offre tout et n'attend rien, à l'exemple même de la bonté
et de générosité, à la femme la plus noble au monde,*

À ma Mère

*A mon Père qui sacrifié leur vie pour moi, qui encouragé pendant
Mes études*

Toute Mes sœurs surtout Marwa et toute Mes frères

Et toute la famille DOUAEER ,

Mes chères amies :

*Djazia, Ghania, Somia, Marwa, Sara, Nora, Jahida, Hakima, Razika, Saida, Fatima ELzahraà,
Amina et me binôme Dalila*

Tous mes collègues d'Ecologie et de spécialité de protection des écosystèmes 2017/2018.

AMEL

Dédicace

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ وَالْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ

*Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour,
le respect, et la reconnaissance, c'est tout simplement que : je dédie ce travail a :*

Mes très chers parents : Fatima et Aïssa pour leurs amours.

Mes frères : Mohamed, El hadj et Foudhil.

Mes sœurs : Malika, Salima et Karima.

La femme et le enfant de me frère.

Mon binôme Amel et Tous mes amis d'étude

*A tous mes collègues de la promotion «de protection
des écosystèmes 2017/2018» de université de Khemis Maliana.*

A toute la famille : Houaia, Maregabe et Binabila.

Je dis tout simplement merci.

Un grand merci à tous.

DALILA

Résumé

La sécheresse est l'une des causes principales de la faible productivité chez les céréales à petites graines et spécialement le blé dur (*Triticum Durum. Desf.*). pour La compréhension de l'effet de stress hydrique sur des variétés local et introduit on a étudié les différents paramètres physiologiques, biochimiques et morphologiques chez 05 variétés de blé dur (*Triticum durum*) Waha, Mexicali75, Vitron, Goloire de Mongolfier et Hedba 3 dans la présence de stress hydrique. Les résultats obtenus montrent que le déficit hydrique a causé une chute de la hauteur de la tige, de la longueur du col de l'épi, et aussi une réduction de la longueur du dernier nœud, la longueur de la graine, en plus d'une diminution à la fois du nombre de l'épi par épillet et le nombre de graine par épi. Nous enregistrons également l'accumulation de sucre soluble. L'étude a montré que toutes les variétés ont la même réponse au stress hydrique, mais à des degrés divers.

Les mots clés : Blé dur, stress hydrique, morphologique, physiologique, biochimique, réponse

:

الجفاف هو أحد الأسباب الرئيسية لانخفاض الإنتاجية في الحبوب الصغيرة
تأثير الإجهاد المائي على الأصناف المحلية
والبيوكيميائية (05) الصلب وهي Mexicali75 Vitron Goloire de mongolfie Waha
الإجهاد Hedba 3

يها تبين أن المياه تسبب في تراجع طول النبتة
طول العقدة الأخيرة، وطول البذور، بالإضافة إلى
السنبيلة و عدد البذور لك أيضاً
وأظهرت الدراسة أن جميع الأصناف لديها نفس الاستجابة لإجهاد المياه ،
المفتاحية: القمح الصلب ، الإجهاد المائي ، المورفولوجية ، الفسيولوجية ، البيوكيميائية ، الاستجابة.

Abstract

Drought is one of the main causes of low productivity in small seed cereals, especially durum wheat (*Triticum Durum, Desf.*). For the understanding of the effect of water stress on local and introduced varieties the different physiological, biochemical and morphological parameters have been studied in 05 varieties of durum wheat (*Triticum durum*) Waha Mexicali75, Vitron, Goloir de Mongolfie , Hedba 3 in the presence of water stress.

The results obtained show that the water deficit caused a drop in height of the stem, length of the neck of the spike, and also a reduction in the length of the last knot, the length of the seed, in addition to a decrease in both the number of spike per spikelet and the number of seeds per ear. We also record the accumulation of soluble sugar. The study showed that all varieties have the same response to water stress, but to varying degrees.

Keywords : Hard wheat, water stress, morphological, physiological, biochemical, response

Sommaire

Introduction.....01

Chapitre I : Revues bibliographiques

1. Les céréales.....03

1.1. La production de céréalière.....03

2. le Blé dur.....04

2.1. Historique du blé dur.....04

2.2. Description générale et classification botanique de la plante.....04

2.3. Cycle végétative de blé dur.....06

2.4. Origine du blé dur.....09

2.5. Les exigences du blé09

2.6. Importance et production de la plante dans le monde et en Algérie11

2.7. Contraintes de la production de blé en Algérie.....12

2.8. Les maladies principales du Blé dur et leurs traitements.....13

3. Effet du stress hydrique sur le développement des plantes

3.1. L'eau dans la plante.....16

3.2. Notion de stress16

3.2.1. Stress salin.....17

3.2.2. Stress thermique.....17

3.2.3. Le stress hydrique17

4. Mécanisme d'adaptation des plantes au stress hydrique.....18

4.1. Adaptation phenologiques18

4. 2. Adaptation morphologique.....19

4. 2. 1. Au niveau de la plante.....19

4. 2. 2. Au niveau structurel19

4. 3. Adaptation physiologique.....20

5. Mécanisme d'adaptation biochimique en condition de stress hydrique.....21

5. 1. Accumulation de la proline en condition de stress hydrique.....21

5.2 Rôles des sucres solubles.....22

Chapitres II : Matériel et Méthode

1. Etude du milieu.....23

1.1. Présentation du périmètre du Haut Chélif.....23

1.1.1. Situation géographique.....23

1.1.2. Caractéristiques édaphiques23

1.1.3. Caractéristiques climatiques.....23

1.1.4 .Choix du site expérimental23

2. Matériel végétal.....24

3. Méthodes.....25

3.1. Dispositif expérimental.....25

3.2. Conduite de la culture du blé dur26

3.2.1. Préparation des semis26

3.2.2. Fertilisation26

3.2.3 Désherbage26

3.2.4 Irrigation26

3.3. Les caractéristiques physico-chimiques du sol.....26

3.4. Les caractéristiques climatiques.....27

3.5. Mesure sur la plante.....29

3.5.1 Paramètres morphologiques.....	29
3.5.2. Paramètres biochimique.....	29
3.6. Analyse statistique.....	30

Chapitre III : Résultat et Discussion

1- Caractérisation phénotypique des génotypes étudiés.....	31
2. Les caractéristiques morphologiques.....	32
2.1. La hauteur de la plante	32
2.2. Longueur dernier entre-nœud.....	33
2.3. Longueur du col d'épi.....	34
2.4. Longueur de l'épi.....	35
3. Les composantes de rondement.....	36
1.3. Nombre de l'épillet/épi.....	36
3.2. Nombre de grain /épi.....	37
3.3. Diamètre du grain.....	38
3.4. Longueur de grain.....	39
4. Paramètre biochimique.....	40
4.1. Sucre soluble.....	40
DISCUSSION.....	41
Conclusion.....	44

Référence bibliographe

Anexe

Liste des abréviations

ADH : Avec Déficit Hydrique

D.S.A : Direction des Services Agricole

FAO : Food and Agriculture Organisation

ICARD : International Center for Agricultural research in the dry areas.

ITGC : Institue Technique des Grandes Cultures

Ns : non significatif.

S.A.U : Surface Agriculture Utile.

SDH : Sans Déficit Hydrique

LISTE DES FIGURES, PHOTOS

Figure 01 : Graines de blé dur.....	05
Figure. 02 : Les différents stades de développement du blé	08
Figure03 : plant de blé attaque par l'oïdium.....	13
Figure04 : symptômes de la fusariose sur les graines de blé.....	14
Figure05 : tache septorienne sur feuille de blé.....	15
Figure06 : plant de blé attaque par champignon Piétin verse.....	15
Figure07 : La rouille jaune et brune sur feuille de blé.....	16
Figure 08 : Localisation du commun de Bir Ould KHelifa.....	24
Figure 09 : le Dispositif expérimental	25
Figure 10 : Moyennes mensuelles de la pluie et de la température de la campagne 2017/2018.	
Figure11 : ariel de pied acoluse	29
Figure 12 : Evolution de la hauteur de la tige de plante du Blé dur chez les cinq génotypes de blé dur testé en fonction des régimes hydrique adopté.....	32
Figure 13 : Evolution de plante de la longueur dernier entre-nœud chez les cinq génotypes de blé dur testé en fonction des régimes hydrique adopté.....	33
Figure 14 : Evolution de la longueur du col de l'épi chez les cinq génotypes de blé dur testé en fonction des régimes hydrique adopté.....	34
Figure 15 : Evolution de longueur du l'épi chez les cinq génotypes de blé dur testé en fonction des régimes hydrique adopté.....	35
Figure 16 : Evolution Nombre de l'épillet-épi chez les cinq génotypes de blé dur testé en fonction des régimes hydrique adopté.....	36
Figure 17 : Evolution Nombre de grain/épi chez les cinq génotypes de blé dur testé en fonction des régimes hydrique adopté.....	37
Figure 18 : Evolution du diamètre du grain chez les cinq génotypes de blé dur testé en fonction des régimes hydrique adopté.....	38
Figure 19 : Evolution de la longueur de grain chez les cinq génotypes de blé dur testé en fonction des régimes hydrique adopté.....	39
Figure 20 : Evolution des taux des sucres solubles chez les cinq génotypes de blé dur en fonction de deux régimes hydrique adoptés.....	40
Photo01 : le champ d'expérimentation.....	30

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01 : l'importance de Blé dur par rapport les autre céréales de wilaya de Ain-Defla).....	12
Tableau 02 : Les géotypes étudiés et leurs origines.....	24
Tableau0 3 : Analyse chimique du sol.....	27
Tableau04 : La moyenne de la pluviométrie et des températures durant l'année 2017/2018.....	28
Tableau 05 : Analyse de la variance des paramètres morphologiques de plante.....	31
Tableau 06: Analyse de la variance de la teneur en sucres solubles des cinq géotypes testés.....	40

Introduction

Les céréales constituent d'une part importante des ressources alimentaires de l'homme et de l'animal (**KARAKAS *et al.*, 2011**). Les principales céréales sont représentées par le blé, l'orge, le maïs et le riz. Le blé occupe actuellement la première place dans la production mondiale des céréalière (environ 40 %) et présente une importance nutritionnelle et économique considérable. Depuis 1945, la production et la consommation moyenne du blé ont pratiquement quadruplé passant de 140 à 570 millions de tonnes (**Chardouh**).

Le blé est une céréale importante en termes de consommation dans de nombreux pays du monde. Il sert principalement à la fabrication de semoule, matière première des pâtes alimentaires (**Feillet, 2000**). Sur la scène mondiale, la superficie moyenne consacrée annuellement à la culture du blé dur s'étend sur environ 18 millions d'hectares, ce qui donne une production annuelle moyenne approximative de 30 millions de tonnes métriques (**Mémoire magistère**).

Les pays du Maghreb, notamment L'Algérie importent ses besoins en céréales et constituent de ce fait, le premier importateur mondiale du blé.

L'extension des terres arables à des zones peu favorables climatiquement et l'intensification des pratiques agricoles confrontent les cultures à divers stress abiotiques qui pénalisent les rendements (**Wang et luthé., 2003**), selon ces derniers les températures extrêmes, la sécheresse et la salinisation des sols constituent à l'heure actuelle les principaux facteurs de limitation de la productivité végétal.

Parmi ces facteurs le stress hydrique constitue un important facteur limitant la production des céréales. Il affecte tous les aspects de croissance. Il se traduit chez la plante par une série de modifications qui touchent les caractères morpho- physiologiques, biochimiques, génétiques et même les niveaux d'expression des gènes associés à la sécheresse (**Mefti *et al.*, 2000**).

Il existe de nombreuses définitions du stress hydrique. En agriculture, il est défini comme un déficit marqué et ce compte tenu des précipitations qui réduisent significativement les productions agricoles par rapport à la normale pour une région de grande étendue (**Mckay, 1985 in Bootsma *et al.*, 1996**). En effet, on assiste à un stress hydrique lorsque la demande en

eau dépasse la quantité disponible pendant une certaine période ou lorsque sa mauvaise qualité en limite l'usage (**Madhava Rao et al., 2006**).

Le stress hydrique souvent associé au stress thermique (**Amigues et al., 2006**) limite la croissance des jeunes organes reproducteurs et affecte négativement le rendement (**Latiri et al., 2010**).

Cette étude pour objectif de déterminer la tolérance de certains génotypes de Blé dur contre le stress hydrique et connaître leur relation avec la production finale dans la région semi- aride du haut Chélif la commune de Bir Ould Khelifa.

Ce mémoire est structuré en trois grandes Chapitres :

- Une première Chapitre qui représente le Revue bibliographique qui se base essentiellement sur des généralités sur le blé dur, les effets du stress hydrique sur le développement des plantes, les mécanismes d'adaptation des plantes au stress hydrique et les mécanismes d'adaptation biochimique en condition de stress hydrique.
- Une deuxième Chapitre qui englobe représente étude du milieu, la description du matériel végétal et les paramètres étudiés.
- La troisième Chapitre consacrée au traitement des résultats obtenus et leur discussion. Et finalement une conclusion et perspective suivi par une liste de références bibliographique.

1. Les céréales en Algérie

En Algérie, les céréales constituent l'essentielle de la ration alimentaire quotidienne de la population et occupe environ 22,41 % de la S.A.U (**Mémoire magistère**). Les zones de production des céréales se caractérisent par une grande variabilité climatique (**Baldy ,1974**) L'augmentation des rendements du blé peut se faire par des techniques de cultures appropriées (travail du sol, fertilisation et traitements phytosanitaires), mais aussi par la recherche de géotypes performants et adaptés aux différents milieux de culture. En milieu difficile, les caractères qui interviennent dans l'élaboration du rendement en grain doivent être identifiés et leur variabilité génétique déterminé. La connaissance de l'héritabilité des différents caractères (rendement et composantes de rendement, caractères morphologiques) et des effets génétiques mis en jeux permettrait le choix des méthodes de sélection à utiliser. Il est connu que l'héritabilité du rendement en grain est faible (**Fonseca et al.,1968**) et est influencée par l'environnement. Cependant, certains caractères ayant une bonne corrélation avec le rendement en grain pourraient être utilisés en sélection si leur héritabilité est élevée.

1.1. La production céréalière

1.1.2. Les zones de production des céréales

La céréaliculture est pratiquée sur une vaste aire géographique, au relief relativement accidenté. Cette superficie est constituée de plaines, de plateaux et de chaînes de montagnes au climat très variable qui va du subhumide à l'aride supérieur, avec une présente plus importante dans la frange pluviométrique des 300-400 mm (**Feliachi, 2000; Cadi, 2005**). Les conditions pédoclimatiques démarquent quatre zones distinctes.

- ✓ **Une zone potentielle**, située essentiellement dans les plaines littorales et sub-littorales et le nord des hauts plateaux. Le cumul des précipitations reçu est compris entre 450 et 800 mm. La céréaliculture est pratiquée de manière intensive. La superficie occupée par la céréale varie de 1 à 1.2 millions d'hectares (**Cadi et al.,2000**)
- ✓ **Une zone intermédiaire**, localisée principalement au sud des hauts plateaux, la pluviométrie est inférieure à 400 mm, constituant la zone agropastorale ou se pratique une céréaliculture de subsistance avec des rendements très bas. La superficie de cette zone est estimée à 1.8 millions d'hectares.
- ✓ **Une zone steppique**, où la céréaliculture est pratiquée de manière irrégulière sur 0.3 à 0.8 millions d'hectares, selon les années. C'est une zone à hiver froid, les

précipitations enregistrées sont faibles, présentant une grande variabilité interannuelle, de 200 à 300 mm C'est une zone peu productive, axée essentiellement sur la production de l'orge.

- ✓ **La zone sud**, où se pratique une céréaliculture sous irrigation.

2. Le Blé dur

2.1. Historique de Blé dur

Le blé est l'une des premières espèces cultivées par l'homme. Depuis plus de 7000 à 10000 ans le blé occupe le croissant fertile, zone couvrant la Palestine, la Syrie, l'Irak et une grande partie de l'Iran (**Croston et Williams, 1981**). Des vestiges de blés, diploïdes et tétraploïdes, remontant au VII^{ème} millénaire avant J.C ont été découverts sur des sites archéologiques au Proche Orient (**Harlan, 1975**).

Historiquement le blé dur (*Triticum durum* Desf.) a été toujours cultivé dans les régions à climat de type méditerranéen telles que l'Afrique du nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Egypte), le sud de l'Europe (Espagne, France, Italie, Grèce), et le Moyen Orient (Turquie, Syrie, Palestine). Cette espèce réputée tolérante des stress hydrique et thermique, est cultivée en Amérique dans les régions ouest des Dakota et du Montana, aux USA, et dans le Saskatchewan et l'Alberta, au Canada (**Hannachi et al., 2013**).

2.2. Description général et classification botanique de la plante

2.2.1. Description générale

Le blé dur (*Triticum durum* Desf.) est une Monocotylédone de la famille des Graminées, de la tribu des Triticées et du genre *Triticum*. En termes de production commerciale et d'alimentation humaine, cette espèce est la deuxième plus importante du genre *Triticum* après le blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Il s'agit d'une graminée annuelle de hauteur moyenne et dont le limbe des feuilles est aplati.

L'inflorescence en épi terminal se compose de fleurs (**Bozzini, 1988**). Le système racinaire comprend des racines séminales produites par la plantule durant la levée, ainsi que des racines adventives qui se forment plus tard à partir des nœuds à la base de la plante et constituent le système racinaire permanent. Le blé dur possède une tige cylindrique, dressée, habituellement creuse et subdivisée en entre nœuds. Certaines variétés possèdent toutefois des tiges pleines (**Clarke et al., 2002**). Le chaume (talles) se forme à partir de bourgeons axillaires aux nœuds à la base de la tige principale. Le nombre de brins dépend de la variété,

des conditions de croissance et de la densité de plantation. Dans des conditions normales, une plante peut produire en tout trois brins en plus de la tige principale, mais tous ne grènent pas nécessairement (**Bozzini, 1988**).

Comme pour d'autres graminées, les feuilles de blé dur se composent d'une base (gaine) entourant la tige, d'une partie terminale qui s'aligne avec les nervures parallèles et d'une extrémité pointue. Au point d'attache de la gaine de la feuille se trouve une membrane mince et transparente (ligule) comportant deux petits appendices latéraux (oreillettes). La tige principale et chaque brin portent une inflorescence en épi terminal.

L'inflorescence du blé dur est un épi muni d'un rachis portant des épillets séparés par de courts entre nœuds (**Bozzini, 1988**). Chaque épillet compte deux glumes (bractées) renfermant de deux à cinq fleurs distiques sur une rachéole. Chaque fleur parfaite est enfermée dans des structures semblables à des bractées, soit la glumelle inférieure (lemma ou lemme) et la glumelle supérieure (paléa). Chacune compte trois étamines à anthères biloculaires, ainsi qu'un pistil à deux styles à stigmates plumeux. À maturité, le grain de pollen fusiforme contient habituellement trois noyaux.

Chaque fleur peut produire un fruit à une seule graine, soit le caryopse. Chaque graine contient un large endosperme et un embryon aplati situé à l'apex de la graine et à proximité de la base de la fleur.



Figure 1. Graines de blé dur (Hannachi et *al.*, 2013).

2.2.2. Classification botanique

Selon Feillet(2000) ; le blé dur est une plante annuelle monocotylédone qui appartient à la famille des graminées dont la classification botanique est la suivante :

Règne	Plantae
Sous-règne	Cormophyte
Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Monocotylédones
Ordre	Commélini florales
Sous ordre	Poales
Famille	Graminées
Tribu	Triticées
Genre	<i>Triticum</i> sp
Espèce	<i>Durum Wheat</i>

2.3. Cycle végétatif du blé

Dans ce cycle annuel, une série d'étapes séparées par des stades repères, permettent de diviser le cycle évolutif du blé en deux grandes périodes : une période végétative et une période reproductrice.

2.3.1. Période végétative

Elle s'étend de la germination jusqu'à l'ébauche de l'épi, elle est subdivisée en plusieurs phases :

a) Phase germination - levée

La germination commence quand le grain absorbe environ 30 % de son poids d'eau. Les téguments se déchirent, la racine principale, couverte d'une enveloppe appelée « Coleorhize », apparaît, suivie par la sortie de la première feuille qui amorcent la photosynthèse, couverte d'une enveloppe appelée « Coléoptile », à la surface du sol, puis

apparaissent d'autres racines et feuilles. La durée de cette phase varie avec la température de 8 à 15 jours. (Chabi et al, 1992).

b) Phase levée – tallage

On peut distinguer pendant cette phase à travers la coléoptile, un filament ou rhizome termine par un renflement qui va se gonfler de plus en plus pour former le plateau de tallage qui se forme presque au niveau de la surface du sol. Le plateau de tallage s'épaissit et des racines secondaires se développent très vite. Des nouvelles feuilles apparaissent et à chacune correspond l'apparition d'une talle. La place des épillets fait par un simple étranglement sur la partie supérieure du végétal. (Clement et Prats, 1970).

c) Phase tallage-Montaison

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

2.3.2. Période de reproduction

Elle s'étend de la montaison à la fécondation :

a) Phase de la montaison – Gonflement

Elle se manifeste à partir du stade épi à 1 cm, c'est la fin du tallage herbacé. La tige principale ainsi que les talles les plus âgées commencent à s'allonger suite à l'élongation des entrenœuds, auparavant emplies sous l'épi (Belaid, 1996). Il est suivi du stade 1 à 2 nœuds, ici les nœuds sont aisément repérables sur la tige. Pendant cette phase de croissance active, les besoins en éléments nutritifs notamment en azote sont accrus. (Mrizek, 1992).

b) Phase de l'épiaison – fécondation

La vitesse de croissance de la plante est maximale. Cette phase correspond à l'élaboration d'une grande quantité de la matière sèche, à l'organisation détaillée des épillets et à la fécondation, la durée de cette phase est d'environ 32 jours. Cette phase est suivie par le grossissement du grain qui devient mou et le dessèchement de presque toutes les feuilles. Sa durée est de 16 à 17 jours. (Clement et Prats, 1970).

c) La maturation du grain

C'est la dernière phase du cycle végétatif. D'après Belaid (1996), la maturation correspond à l'accumulation de l'amidon dans les grains et à la migration très active des réserves (glucides et protéines) vers le grain. Par la suite, les grains perdent leur humidité jusqu'au 45%. La durée de cette période est de 25 à 26 jours en moyenne.

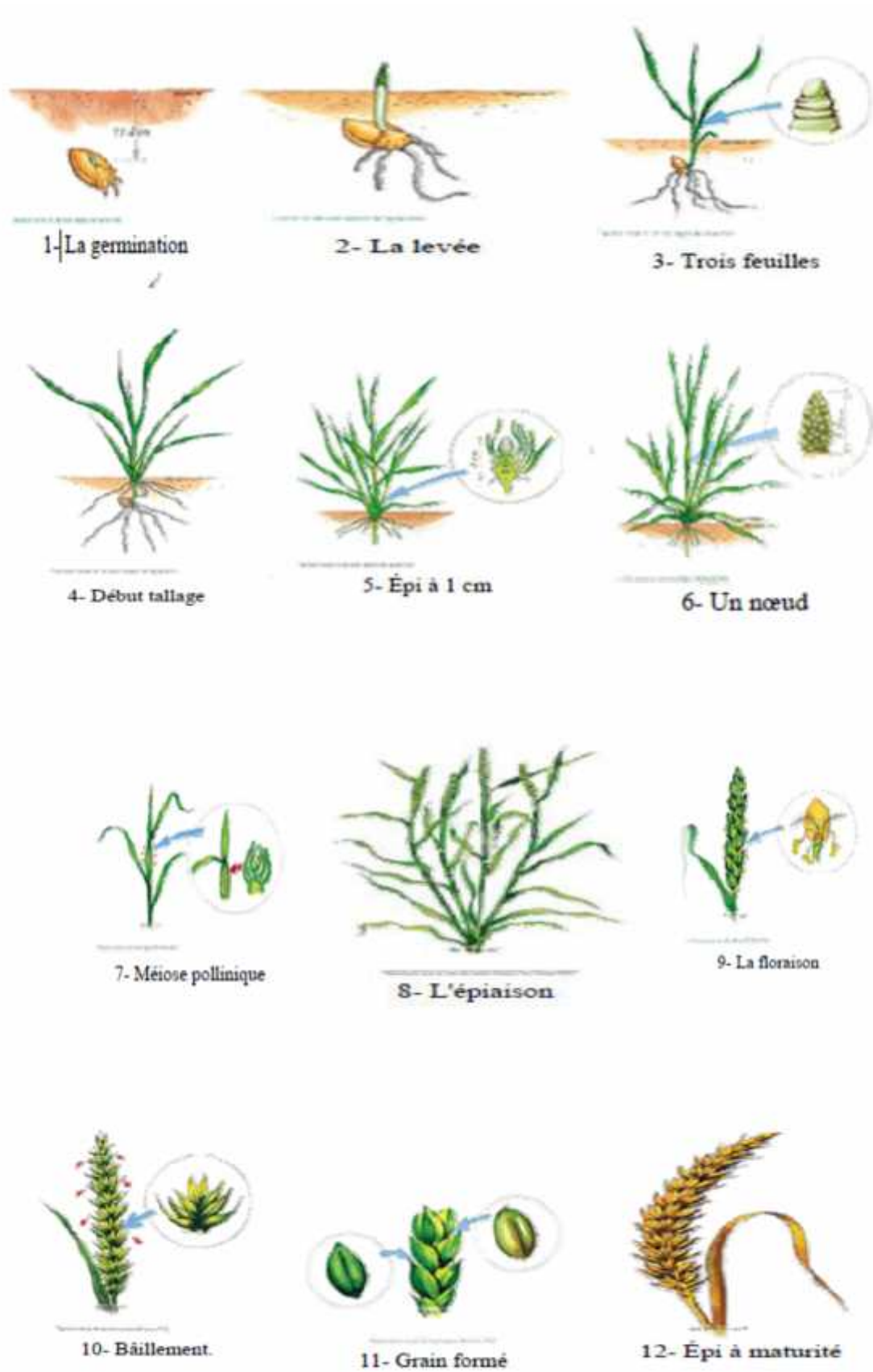


Figure. 02 : Les différents stades de développement du blé (Ait Slimane et Ait Kaki, 2008).

2.4. Origine du blé dur

Les blés sauvages tétraploïdes sont largement répandus au Proche-Orient, où les humains ont commencé à les récolter dans la nature (**Bozzini, 1988**). Comparativement aux blés diploïdes, leurs grands épis et leurs gros grains les rendaient beaucoup plus intéressants pour la domestication. On croit que le blé dur provient des territoires actuels de la Turquie, de la Syrie, de l'Iraq et de l'Iran (**Feldman, 2001**).

Génétiquement, Le blé dur est allo tétraploïde (deux génomes : AABB), comptant au total 28 chromosomes ($2n=4x=28$), contenant le complément diploïde complet des chromosomes de chacune des espèces souches. Comme telle, chaque paire de chromosomes du génome Aa une paire de chromosomes homologues dans le génome B, à laquelle elle est étroitement apparentée. Toutefois, durant la méiose, l'appariement des chromosomes est limité aux chromosomes homologues par l'activité génétique de gènes inhibiteurs. Les chercheurs ont identifié un certain nombre de gènes inhibiteurs, mais le gène *Ph1* situé sur le long bras du chromosome 5B est considéré comme le gène inhibiteur critique (**Wall et al., 1971**).

2.5. Exigences du blé

2.5.1. Exigences édaphique

Le blé exige un sol bien préparé, meulé et stable, résistant à la dégradation par les pluies d'hiver pour éviter l'asphyxie de la culture et permettre une bonne nitrification au printemps. Sur une profondeur de 12 à 15cm pour les terres battantes (limoneuses en générale) ou 20 à 25 cm pour les autres terres et une richesse suffisante en colloïdes, afin d'assurer la bonne nutrition nécessaire aux bons rendements (**Soltner, 1990**). Particulièrement un sol de texture argilo-calcaire, argilo-limoneux, argilo-sableux ne présentant pas de risques d'excès d'eau pendant l'hiver. Les séquences de travail du sol à adopter doivent être fonction du précédent cultural, de la texture du sol, et de la pente. Le pH optimal se situe dans une gamme comprise entre 6 à 8. La culture de blé est modérément tolérante à l'alcalinité du sol dont la C.E.

2.5.2. Exigences climatiques.

➤ Température

La majorité des variétés peuvent supporter un gel modéré pendant l'hiver si la plante est suffisamment développée. Par contre le blé ne supporte pas les fortes températures et les déficits hydriques en fin de cycle pendant le remplissage du grain. En effet, la température conditionne à tout moment la physiologie du blé. Une température supérieure à 0°C (le zéro de végétation) est exigée pour la germination,

cependant l'optimum de croissance se situe entre 20 et 26°C. Un abaissement de la température pendant l'hiver est nécessaire à certaines variétés dite d'hiver, cette exigence conditionne la montaison et la mise à fleur (**Clement et Prats, 1970**).

➤ L'eau

L'eau constitue le véhicule des éléments nutritifs et avec lequel s'effectuent les différentes réactions métaboliques, ce qui le rend par conséquent indispensable pour le développement et la croissance de la plante.

D'après **Moule (1980)** ; pour assurer un rendement intéressant le blé a besoin de 550 à 600 mm de pluie, selon le climat et la longueur du cycle végétatif.

Selon **Bonnefoy et Moynier (2014)** ; les besoins en eau de la culture du blé varient comme suit :

- ✓ Durant la phase (épis 1 cm – 2 nœuds), d'une durée de 20 à 25 jours, elle est de 60 mm
- ✓ Durant la phase (2 nœuds – floraison), d'une durée de 30 à 40 jours, elle est de 160 mm
- ✓ Durant la phase (floraison - grain laiteux), d'une durée de 20 à 25 jours, elle est de 140 mm
- ✓ Durant la phase (grain laiteux – maturité), d'une durée de 15 à 20 jours, elle est de 90 mm

➤ La lumière

La lumière est le facteur qui agit directement sur le bon fonctionnement de la photosynthèse et le comportement du blé. En effet, un bon tallage est garanti, si le blé est placé dans les conditions optimales d'éclairement (**Soltner, 1990**). Une certaine durée du jour (photopériodisme) est nécessaire pour la floraison et le développement des plantes.

➤ Fertilisation

Les cultures annuelles telles que les blés craignent la carence en phosphore (P) et en Potassium (K) quand elles sont jeunes car leurs racines n'exploitent qu'une faible partie du sol. L'engrais doit donc être apporté en début de cycle et au plus près des jeunes racines.

2. 6. Importance et production de la plante dans le monde et en Algérie

2.6.1. Importance du blé dans le monde

Le blé est la première céréale échangée à travers le monde. Face à une explosion de la consommation mondiale (plus de 100 kg par an et par habitant selon la (**Cnuced, 2008**) et la stagnation de la production, les prix ont flambé ces dernières années, créant une situation des plus tendues sur le marché.

Le blé dur, est l'une des céréales les plus employées dans l'alimentation de l'homme et des animaux (**Cheftel .J.C et Cheftel. H, 1992**). Les grains de blé dur donnent de la semoule qui est utilisée dans la fabrication des pâtes alimentaires (**Jeant et al., 2006**). De plus en Afrique du Nord, on utilise aussi cette céréale pour la production de couscous et des pains traditionnels (**Feillet, 2000**).

L'union européenne (principalement l'Italie, l'Espagne et la Grèce) est le plus grand producteur de blé dur, avec une récolte annuelle moyenne de huit millions de tonnes métriques. Le Canada arrive au deuxième rang avec 4,6 millions de tonnes métriques par année, suivi de la Turquie et des États-Unis, avec 4 et 3,5 millions de tonnes métriques respectivement (**Anonyme, 2002**).

2.6.2. Importance du blé en Algérie

L'Algérie avant les années 1830, exporte son blé au Monde entier. Actuellement l'Algérie importe son blé et se trouve dépendante du marché international (**Anonyme a, 2006**). Par sa position de grand importateur de blé, l'Algérie achète annuellement plus de 5% de la production céréalière mondiale, 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**). En effet une production très insuffisante de 2.7 Mt pour couvrir les besoins du marché national et alimenter les stocks pousse à faire un recours systématique aux importations (**FAO, 2007**).

Tableau 01 : l'importance de Blé dur par rapport les autre céréales de wilaya de Ain-Defla.

	Blé dur			total céréales		
	superficie ha	production QX	rondement (QX/ha)	superficie ha	production QX	rondement (QX/ha)
compagne2015-2016	45207	1026300	22,7	63739	1309520	21
compagne2016-2017	53979	1150000	21,3	73937	1469000	20

Source (D.S.A. d'Ain-Defla).

2.7. Contraintes de la production de blé en Algérie

a. Contraintes climatiques

Les variations interannuelles de la production de blé sont dues principalement aux conditions climatiques qui varient chaque année et qui jouent un rôle dominant sur les fonctions de croissance et de développement (**GATE, 1995**).

➤ Pluviométrie

En Algérie quel que soit la zone cultivée, la pluviométrie est un facteur prédominant qui conditionne fortement les récoltes (**Feliachi, 2000**). La pluviométrie est globalement déficitaire, puisque dans les zones les plus emblavées en céréales, elle varie de 350 mm à 550 mm (**Hachemi et al.,1979**).

➤ Température

D'après (**Gate ,1995**), le froid constitue un des facteurs limitant de la production du blé dur, il précise qu'une seule journée avec une température minimale inférieure à - 4 °C entre le stade épi à 1cm et un nœud pénalise le nombre de grains par épi. Les gelées printanières, dans les hautes plaines et même dans les plaines d'intérieurs à basse altitude causent des pertes importantes par gels des épis au stade floraison (**Hachemi et al., 1979**).

Les hautes températures sont aussi parmi les facteurs intervenant dans la limitation du rendement. En effet, si une hausse de température survient au stade remplissage du grain, elle peut faire chuter le rendement de 50 % par l'échaudage (**Chaker et Brinis, 2004**).

b. Contraintes techniques

Un faible taux d'utilisation des engrais, mauvais suivi des techniques culturales, utilisation des outils inadaptés et à un étalement des semis au-delà des délais techniques requis, rendant ainsi les céréales vulnérables à tout éventuel stress hydrique, notamment en fin de cycle (**Anonyme, 2008**).

c. Contraintes foncières

Le statut de la terre d'une part, le morcellement et la dimension des exploitations, d'autre part, constituent des entraves aux tentatives d'amélioration de la production céréalière (**Anonyme, 1999**). D'après (**Rachedi, 2003**), 60 % des superficies se trouvant situées sur des terres peu productives et les efforts d'intensification et de mécanisation deviennent difficiles.

d. les contraintes économiques

Elles sont liées aux coûts de production élevés résultant de la cherté des facteurs de production et de matériel agricole, mais aussi à la disponibilité insuffisante des intrants en qualité et quantité dans les délais recommandés.

2.8. Les maladies principales du blé dur et leurs traitements

Selon **Soltner (1980)** ; les principales maladies auquel est exposé le blé dur sont les suivantes :

❖ L'oïdium

L'oïdium est un champignon qui attaque les feuilles, les tiges et les épis, il se développe grâce à une hygrométrie élevée et à des températures douces. La maladie cause généralement le manque de talles à partir de la montaison sur toutes la plante d'où perte de rendement (jusqu'à 20 %). On peut traiter si besoin en début montaison

Le traitement de cette maladie se fait par :

- Rotation des cultures.
- Variétés résistantes.
- Traitement de semences.



Figure03 : plant de blé attaqué par l'oïdium (**Souhila et al., 2009**)

❖ La fusariose

Elle est due à un champignon forme qui infecte les grains, les semis et les plants adultes. Il existe deux types de souches ; *Fusariumroseum* se trouvera sur les épis et *Microdochiumnivale* se situera sur les feuilles.

Le traitement de cette maladie se fait par :

- Rotation des cultures.
- Bonne préparation du sol avec enfouissement léger des matières organiques.
- Traitement des semences.
- Traitement fongicides en végétation (montaison-épiaison)



Figure04 : symptômes de la fusariose sur les graines de blé (**Souhila et al.,2009**)

❖ La septoriose

Il existe deux sortes de souches ; *Septoriatritici* et la *Septorianodurum*. *Septoriatritici* affecte les feuilles et rarement les épis, on observe des plaques aqueuses, qui prennent rapidement une apparence brune et nécrotique au début décembre, ainsi que tout au long de l'hiver sur les étages foliaires inférieurs. Cette maladie peut causer des pertes allant jusqu'à 40%).

Le traitement de cette maladie se fait par :

- Rotation des cultures.
- Traitement des semences.
- Traitement fongicides en végétation (montaison -épiaison).

Septorianodurum affecte les plantules, les feuilles, les épis et les tiges ; elle peut se propager par les graines et contaminer les semis, et se manifester par la présence de zones vert foncé mouillées sur la coléoptile, qui devient nécrosé. Elle Peut provoquer de gros dégâts.

Le traitement de cette maladie se fait par :

- Rotation des cultures.
- Traitement des semences.

- Traitement fongicides en végétation (montaison -épiaison).



Figure05: tache septorienne sur feuille de blé (Souhila et al.,2009)

❖ Piétin verse

C'est un champignon qui s'installe en l'automne et apparait au printemps le temps de l'incubation se produise. Il y a deux souches : *Tapesiayallundae et Tapesiaacufomis*). Elles causent l'échaudage partiel et la verse de la plante. Pour traiter contre ces champignons, on peut utiliser du prochloraze ou deucyprodinil. Sachant toutefois que le premier fongicide c'est le soleil.



Figure06 : plant de blé attaque par champignon Piétin verse (Souhila et al., 2009)

❖ La rouille jaune et brune

Ce sont des petites pustules dispersées jaunes ou brunes qui apparaissent sur les faces supérieures des feuilles. Elles agissent négativement sur le bon déroulement de la photosynthèse. Cette maladie apparait en conditions humides et fraiches tandis que la rouille brune apparait en conditions douces et humides. Elle cause des dégâts plus ou moins importants où les pertes peuvent atteindre 25 %. Les triazoles ou strobilurines sont les traitements les plus conseillés.



Figure07 : La rouille jaune et brune sur feuille de blé (Souhila et al.,2009).

3. Effet du stress hydrique sur le développement des plantes

3. 1. L'eau dans la plante

Selon Soltner (1990), l'eau a une grande importance dans la croissance de la plante. En plus de l'eau de constitution des cellules et de celle qui entre dans les synthèses glucidiques catalysées par la chlorophylle, l'eau est le véhicule des éléments minéraux solubles de la sève brute.

Les rôles multiples assurés par l'eau au sein des plantes en font le premier facteur limitant leur fonctionnement. Parmi ces rôles, nous pouvons citer (Laberche, 2004) :

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

3.2. 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 (**Madhava Rao et al., 2006**).

3.2.1. Stress salin

Plusieurs auteurs ont défini la salinité des sols et des eaux comme étant la présence de concentration excessive de sels solubles, ou lorsque les concentrations en (Na⁺), (Ca⁺⁺), (Mg⁺⁺) sous formes de chlorures, carbonates, ou sulfates sont présentes en concentrations anormalement élevées (**Asloum, 1990**). Ce type de stress est essentiellement dû au NaCl en conditions naturelles (**Sun et Zheng, 1994**). Il caractérise les zones arides et semi arides, surtout là où l'irrigation est pratiquée (**Ashraf, 1994**). La salinité déclencherait un stress environnemental très significatif chez les plantes cultivées, qui constitue un obstacle majeur sur la productivité agricole.

3.2.2. Stress thermique

La sensibilité des plantes aux températures extrêmes est très variable, certaines sont exterminées ou affaiblies par des baisses modérées de températures, alors que d'autres parfaitement acclimatées, sont capables de suivre au gel (des dizaines de C° en dessous de zéro), le stress provoqué par des températures élevées induit la synthèse d'un groupe de protéines particulières (**Ferhati, 2007**).

3.2.3. Le stress hydrique

Le stress hydrique a été défini comme une baisse ou un excès de la disponibilité de l'eau dans le milieu d'installation de telle culture, traduisant par une réduction de la croissance de la plante et/ou de sa reproduction par rapport au potentiel du génotype. La contrainte hydrique est le facteur 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 suboptimale des tissus (**LAMAZE et al., 1994**).

L'installation d'une sécheresse se manifeste par la combinaison d'une part, de la restriction de la disponibilité en eau du sol et, d'autre part, de l'augmentation de la demande évaporatrice (**KIANI, 2007**).

Le manque d'eau peut se manifester aussi bien dans le sol que dans l'atmosphère (**VESELOVSKY H., 1985**). Généralement, la sécheresse du sol est lente (**LARCHER, 1995**), mais la diminution de l'humidité de l'air peut parfois être rapide (**YOKOTA et al.,**

2006). D'un point de vue physique, le stress hydrique résulte d'un abaissement du potentiel hydrique dans l'air et/ou dans le sol en dessous d'une certaine valeur, dépendant du génotype, du phénotype et des caractéristiques du milieu (type de sol, température, vent) (LAMAZE et al., 1994).

4. 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 a). 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 phénologiques, anatomiques, morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires qui interagissent pour permettre le maintien de la croissance, du développement et de production (Hsissou, 1994).

4.1. 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).

4.2. 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. Ces modifications affectent la partie aérienne ou souterraine (**Bajji, 1999**).

4.2.1. Au niveau de la plante

La diminution de la surface foliaire des feuilles et du nombre de tiges est considérée comme une réponse ou adaptation au manque d'eau (**Blum, 1996**). Chez le blé, l'enroulement des feuilles chez certaines variétés peut être considéré comme un indicateur de perte de turgescence en même temps qu'un caractère d'évitement de la déshydratation, il entraîne une diminution de 40 à 60 % de la transpiration (**Amokrane et al., 2002**). La longueur des barbes est un paramètre morphologique qui semble également étroitement lié à la tolérance au stress hydrique (**Hadjichristodoulou, 1985**). La hauteur de la plante apparaît comme un critère de sélection important particulièrement dans les zones arides, ceci s'expliquerait par le fait qu'une paille haute s'accompagne souvent d'un système racinaire profond ce qui conférerait à la plante une capacité d'extraction de l'eau supérieure (**Bagga et al., 1970**). Les plantes à enracinement superficielle et peu dense souffrent plus du déficit hydrique que ceux à enracinement profond (**El hassani et Persoons, 1994**).

4.2.2. Au niveau structurel

Une des principales modifications structurelles observées sur des plantes ayant subi un stress hydrique, concerne l'altération des propriétés physico-chimiques des parois cellulaires (**Dixon et Paiva, 1995**). Ces changements peuvent être induits par des modifications au niveau des enzymes impliquées dans la biosynthèse des monolignols ou dans leur assemblage dans la paroi. L'augmentation de l'expression de ces gènes peut être reliée à l'arrêt de la croissance et à l'épaississement de la paroi (**Dixon et Paiva, 1995**).

Un autre composant majeur de la paroi correspond aux composés issus de la polymérisation des sucres (cellulose et hémicellulose). (**Xu et al., 1996**) ont mis en évidence des modifications au niveau de l'hémicellulose via, notamment, la modulation de l'expression d'une famille multigénique appelée XET (xyloglucaneendo-trans-glucanase). Les XET effectuent des coupures internes dans les polymères de xyloglucanes, pour ensuite lier les fragments générés à d'autres chaînes de xyloglucanes (**Xu et al., 1996**). **Braam et al., (1997)**

ont proposé l'idée qu'à l'instar des gènes impliqués dans la lignification, les XET pourraient intervenir dans l'altération des propriétés (exemple : extensibilité) de la paroi lors des stress abiotiques et notamment hydriques.

4.3. Adaptation physiologique

La stratégie de la tolérance est mise en œuvre par les plantes grâce à l'abaissement du potentiel hydrique qui maintient la turgescence (**Sorrells et al., 2000**). Les mécanismes intervenant dans la tolérance assurent l'hydratation cellulaire et diminuent la perte en eau en maintenant un statut hydrique favorable au développement foliaire. La réduction des pertes en eau par la fermeture stomatique est un moyen d'adaptation des plantes au stress. Cette diminution de la transpiration engendre une réduction de la photosynthèse. Les géotypes qui ont la capacité photosynthétique intrinsèque la moins affectée par le stress présentent une efficacité de l'utilisation de l'eau élevée et une plus grande capacité de survie (**Araus et al., 2002**).

L'adaptation à des milieux aux régimes hydrique et thermique variables est en partie associée à l'ajustement osmotique (**Richards et al., 1997**). L'ajustement osmotique constitue le processus majeur permettant à la cellule de maintenir sa turgescence sous contrainte hydrique (**Zhang et al., 1999**). L'ajustement osmotique est réalisé grâce à une accumulation des solutés (principalement vacuolaire) conduisant à un maintien du potentiel de turgescence. Les solutés responsables de la régulation osmotique sont essentiellement des acides organiques, des acides aminés (proline, glycine-bétaine), des sucres solubles et certains constituants inorganiques (**Richards et al., 1997**).

L'ABA joue un rôle de médiateur dans les réponses au stress hydrique, principalement dans les mouvements stomatiques. Des travaux effectués au niveau moléculaire sur les effets de l'ABA et du stress hydrique confortent l'hypothèse selon laquelle cette hormone joue un rôle clé dans la réponse au stress hydrique (**Cattivelli et al., 1995**). L'ABA intervient dans la stimulation de la croissance racinaire, la réduction de la surface foliaire, la diminution de la radiation absorbée, l'abscission des feuilles et la fermeture stomatique (**Cattivelli et al., 1995**).

Ces mécanismes ont des effets bénéfiques sur le plan de l'économie en eau, mais accélèrent la sénescence et inhibent la photosynthèse et la croissance, ce qui contribue à réduire le rendement (**EL Jaafari et al., 1995**). L'identification de géotypes capables de

maintenir une photosynthèse active sous contrainte hydrique repose sur une réduction des mécanismes contraignants induits par l'acide abscissique (ABA).

L'efficacité d'utilisation de l'eau, définie comme la production de la biomasse par unité d'eau consommée, est un important caractère de tolérance à la sécheresse (**Richards et al., 2002**). L'efficacité de l'utilisation de l'eau dépend toutefois non seulement des caractéristiques biologiques propres à l'espèce, mais aussi de la durée de la saison de culture, de la fertilisation, du rapport partie racinaire sur partie aérienne et de facteurs climatiques tels que le déficit de saturation de l'air (**Angus et Herwaarden, 2001**).

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

5. 1. Accumulation de la proline en condition de stress hydrique

Parmi les acides aminés pouvant être accumulés, la proline représente des manifestations les plus remarquables des stress hydriques et osmotiques. **Singh et al., (1973)** proposent d'utiliser la proline comme critère de sélection pour la tolérance au stress chez l'orge. La proline est l'un des solutés compatibles le plus fréquemment accumulé en réponse à des contraintes environnementales variées et joue un rôle important dans la tolérance des plantes (**Ben Rejeb et al., 2012**). L'accumulation de proline est l'une des stratégies adaptatives fréquemment observées chez les plantes pour limiter les effets du stress hydrique. Elle est liée à l'osmorégulation cytoplasmique (**Acevedo et al, 1989**).

Selon **Tahri et al., (1997)** l'accumulation de la proline, induite par les stress, peut être le résultat de trois processus complémentaires: stimulation de sa synthèse, inhibition de son oxydation et/ou altération de la biosynthèse des protéines. La proline est synthétisée selon deux voies distinctes, via le glutamate et l'ornithine (**Neffar, 2013**). La chaîne de réaction commence par la réduction du glutamate en glutamyl-5-semialdéhyde. Ce composé se cyclise spontanément et forme l'acide pyrroline-5-carboxylique qui est réduit ensuite en proline. La proline peut être issue aussi de l'ornithine, précurseur de l'acide pyrroline-2-carboxylique, transformé ensuite en proline (**Jean-François et Morot-Gaudry, 1997**).

Son accumulation dans les feuilles de plantes qui souffrent d'un manque d'eau a été décrite très anciennement (**Cornic, 2008**). On pense que l'accumulation se fait dans le cytoplasme où sa concentration atteint parfois 230 à 250 mm. Elle peut à cette concentration participer effectivement à l'ajustement osmotique de la plante (**Samars et al., 1995**). Un déficit hydrique plus grave amplifie davantage l'accumulation de la proline dans les tissus

foliaires, atteignant pratiquement le double de celle du témoin (757,15 contre 345,72 μg / 100 mg feuilles, soit 119,01 % d'augmentation) (**Hireche, 2006**).

Outre son rôle osmotique, la proline semble aussi avoir un rôle dans l'enroulement foliaire, constituant un mécanisme de limitation de la transpiration chez les céréales, qui serait lié à l'accumulation d'acide abscissique (ABA) au niveau des feuilles. Elle pourrait en outre jouer plusieurs rôles dans le métabolisme intracellulaire, dans la protection des membranes et des systèmes enzymatiques, et favoriserait la reprise après réhydratation (**Lepoivre, 2003**). Plusieurs sélectionneurs et physiologistes ont utilisé la capacité de son accumulation dans le criblage de génotypes résistants au déficit hydrique (**Benlarabi et Monneveux, 1988**) sur le blé dur.

5.2. Rôles des sucres solubles

Le potentiel osmotique peut être maintenu pour un stress hydrique de faible ou moyenne intensité, par ajustement osmotique. Les sucres peuvent servir de composés solubles compatibles pour cet ajustement osmotique, comme de nombreuses autres molécules (proline, glycine-bétaïne ou pinitol). 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, (1997)** remarquent que les sucres glucose, fructose et le saccharose représentent des osmotocums beaucoup moins puissants que la proline, ils participent eux aussi au maintien de la balance de la force osmotique. Par ailleurs, il a été observé que sous stress hydrique, les réserves amyliques sont progressivement utilisées suite à leur conversion rapide en saccharose qui pourra être associé à une inhibition de la synthèse de l'amidon (**Geigenberger et al., 1997**). Ainsi, les enzymes liés au métabolisme des sucres semblent avoir une importance majeure dans la tolérance au stress hydrique (**Geigenberger et al., 1997**)

L'implication des sucres dans la tolérance au stress hydrique a été mise en évidence par les corrélations observées entre le contenu en certains sucres et l'acquisition de la tolérance (**Déjardin et al., 1999**). De nombreuses études ont mis en évidence l'accumulation de sucres solubles lors de la dessiccation. Une idée principale en ressort différents sucres solubles peuvent être présents dans des tissus bien hydratés, mais le saccharose est préférentiellement accumulé dans les tissus en déshydratation (**Déjardin et al., 1999**).

Objectif du travail

Ce travail a pour but de l'étude de comportement de cinq géotypes de Blé dur dans des conditions de haut Chélif (Bir Ouled Khelifa), ceci pour comparer de quelques paramètres morphologiques, biochimiques et physiologiques à la présence de stress hydrique.

1. Etude du milieu**1.1 Présentation du périmètre du Haut Chélif****1.1.1 Situation géographique**

Le périmètre du Haut Chélif est situé à une altitude moyenne de 300 m et une superficie de 37 000 ha dont 20300 ha équipés. Ce périmètre est limité par : le massif de l'Ouarsenis au Sud, le massif de Dahra au Nord, le moyen Cheliff à l'Ouest et les piémonts de Djendel à l'Est. La plaine du Haut Cheliff est divisée en deux plaines séparées par le massif de Doui : la plaine de Khemis-Miliana d'une superficie de 27500 ha est la plus importante, et la plaine d'El-Amra-el-Abadia, plus étroite et ne représente que 11300 ha (**Legoupil, 1974**).

1.1.2. Caractéristiques édaphiques

Selon (**Legoupil, 1974**) ; les sols du Haut Cheliff sont des sols alluviaux récents ou Colluviaux dominés par 80 % d'éléments fins caractéristiques des terres fortes. Ces sols lourds, sont caractérisés par une perméabilité faible.

1.1.3 Caractéristiques climatiques

Le climat du Haut Cheliff est de type méditerranéen avec un caractère de continentalité marqué par un été chaud et sec, un hiver froid et assez pluvieux, un printemps écourté (avril-mai), un automne très bref en octobre (**Legoupil, 1974**).

1.1.4. Choix du site expérimental

Notre expérimentation a été réalisée au niveau de l'exploitation agricole de la commune de Bir Ould Khelifa de Khemis- Miliana de coordonnées géographiques 36° 11 00 nord, 2° 14 00 est, son Superficie 53 km².



Figure 08 : Localisation du commun de Bir Ould KHelifa (Google maps, 2018)

2. Matériels

1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est constitué d'une collection qui comporte cinq (05) variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.), d'origine locale (Gloire de Montgolfier, HEDBA3) et introduites (Mexicali75, Vitron et Waha). Les semences ont été fournies par l'Institut technique des grandes cultures de Khemis-milana (l'ITGC KM). **Gloire de Montgolfier**, est la moins tolérante à la sécheresse mais avec un potentiel de rendement moyen. **Hedab3**, est une variété moyennement tolérante à la sécheresse avec un grand potentiel de production. **Waha et Mexicali75** est une variété tolérante à la sécheresse avec un potentiel de rendement assez important (moins que Hedba3). Les variétés utilisées sont répertoriées selon le catalogue officiel de l'ITGC et fournies par la station expérimentale de l'ITGC de Bir Ould Khelifa (tableau02).

Tableau 02 : Les génotypes étudiés et leurs origines.

Génotypes	Origine
Gloire de Montgolfier	Algérie
Waha	Syrie (ICARDA)
Mexicali75 Tassili	ICARDA/CIMMYT (Mexique)
Vitron	Espagne El khroub 1986
HEDBA3	Algérie

3. Méthodes

3.1. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental adopté est du type Blocs aléatoires complets (figure04). Il est constitué de deux blocs, un bloc irrigué et l'autre soumis sous les conditions des conditions pluviales. Le dispositif contient 4 répétitions. Chaque parcelle élémentaire est composée de six lignes de 5 m de long avec un interligne de 20 cm, faisant donc une largeur de 1,2 m. La superficie donc de la parcelle élémentaire de forme rectangulaire est de 6 m².

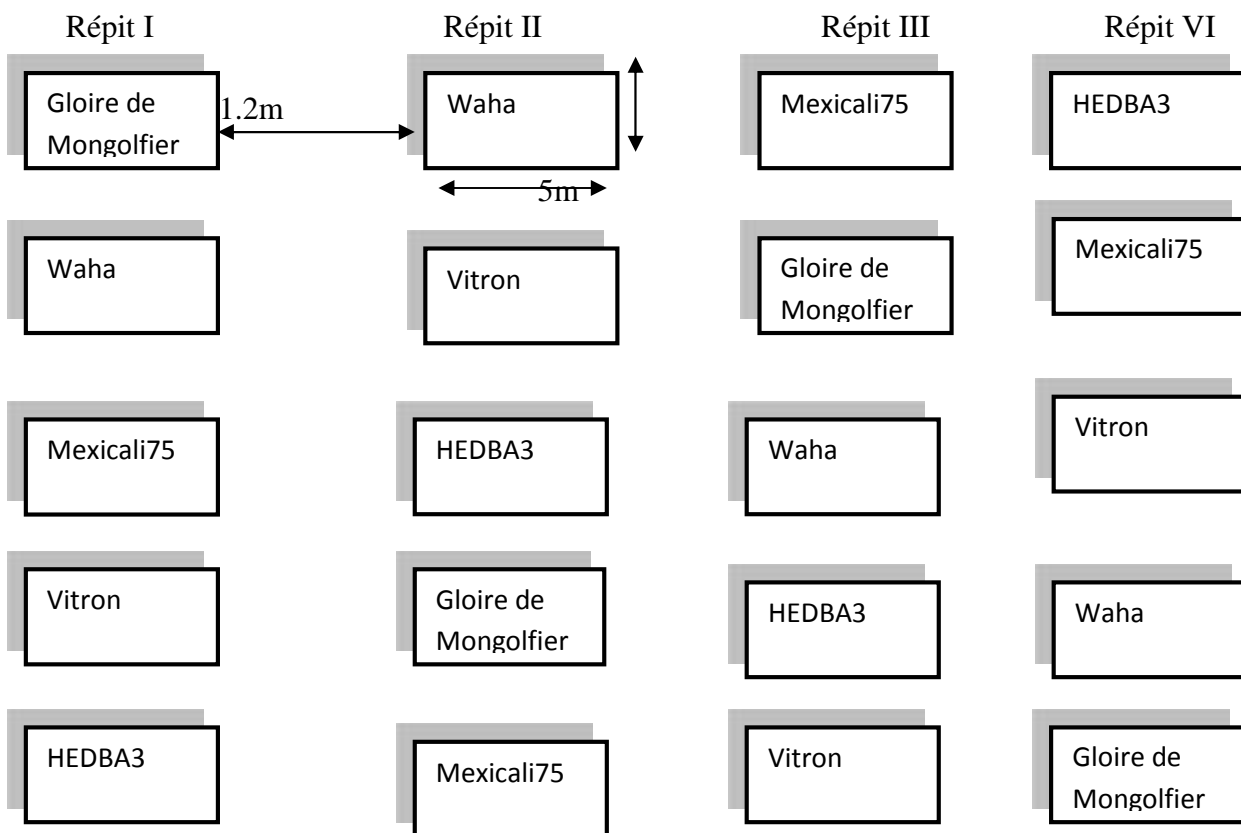


Figure09 : le Dispositif expérimental

3.2. Conduite de la culture du blé dur

3.2.1. Préparation des semis

A cause de pluie successives le semis n'a été réalisé que le 24/12/2017 manuellement avec une dose de 350grains/m² et à une profondeur de 4cm.

3.2.2. Fertilisation

Un premier apport d'engrais de 70 unités/ha fertilisante a été effectué le 15-02-2018 Après labour à partir du NPK 15-15-15.

Un deuxième apport de 50 unités/ha d'azote à partir de l'urée 46 % a été effectué le 17-03-2018 au stade fin tallage. Au total, les quantités apportées sont comme suit :

70 unités / ha de phosphore ;

70 unités/ha de Potasse ;

120 unités/ha d'azote.

3.2.3 Désherbage

Le désherbage a été effectué manuellement et continuellement de temps à autre dès qu'il y a eu apparition de mauvaises herbes.

3.2.4 Irrigation

Les doses d'irrigation apportées ont été réalisées après avoir déterminé la densité d'aspersion in situ à l'aide d'un pluviomètre placé au centre de la portée de l'asperseur. Quatre irrigations ont été effectuées durant les périodes déficitaires où l'humidité moyenne du sol étant de 15.35 % avant la première irrigation et de 12.53 % avant la deuxième sur une profondeur de 60 cm du profil du sol.

3.3. Les caractéristiques physico-chimiques du sol

L'analyse des sols est réalisée régulièrement par le laboratoire de l'ITGC (2016), les résultats sont groupés dans le tableau(03) suivant :

3.3.1 Analyse physique du sol

-) Sable : 40 %
-) Limon : 36 %
-) Argile : 24 %
-) Texture : Franche

3.3.2. Analyse chimique du sol

Caractéristique chimique	Résultats analytique
C.E (1/5 mS/cm)	0.14
Ph	8.80
Carbone CO%	9.25
Calcaire actif %	9.25%
Matière organique%	1.05%
Azote total%	0.14 %
Phosphore (meq/100gr)	0.60

3.4. Caractéristiques climatiques

La commune de Bir Oueld Khelifa se caractérise par un climat méditerranéen semi-aride avec un caractère de continentalité marqué. L'été s'étend sur plus de 6 mois, très chaud et sec. L'hiver pluvieux et plus froid avec un printemps écourté (Avril-Mai) et un automne très bref (en octobre). (D.S.A. d'Ain-Defla).

3.4.1. Le climat

La zone de l'expérimentation est située dans l'étage bioclimatique du haut Cheliff qui est d'un climat semi-aride elle est caractérisé par des hivers froids, les gelées sont relativement fréquentes de Décembre à Mars une pluviométrie irrégulière, l'été s'étend sur 6 mois, très chaud et sec des vents chauds et desséchants en fin de cycle de la céréale.

3.4.2. Températures

L'analyse des données de la campagne de 2017/2018, nous montrons que Février est le mois le plus froid avec une température moyennes de 6°C. Septembre est le mois le plus chaud avec 27°C

3.4.3. Précipitations

Les données climatiques utilisées durant toute l'expérimentation proviennent des stations météorologiques se trouvant au niveau du site expérimental (BirOueldKhelifa), de (Khemis Miliana).

Durant la campagne 2017/2018, à enregistré 450,3mm allant du mois de septembre à juin, la répartition de la pluviométrie est aléatoire, elle est variable d'un mois à l'autre, le mois

Mars est le mois le plus pluvieux, avec un taux de précipitation de 155,6mm, alors que le moins pluvieux est le mois de Décembre avec 0,5mm. Durant la période expérimentale (Figure 10), en fin, il apparait clairement que le climat dans la région d'étude est caractérisé par une grande variabilité intra et interannuelle.

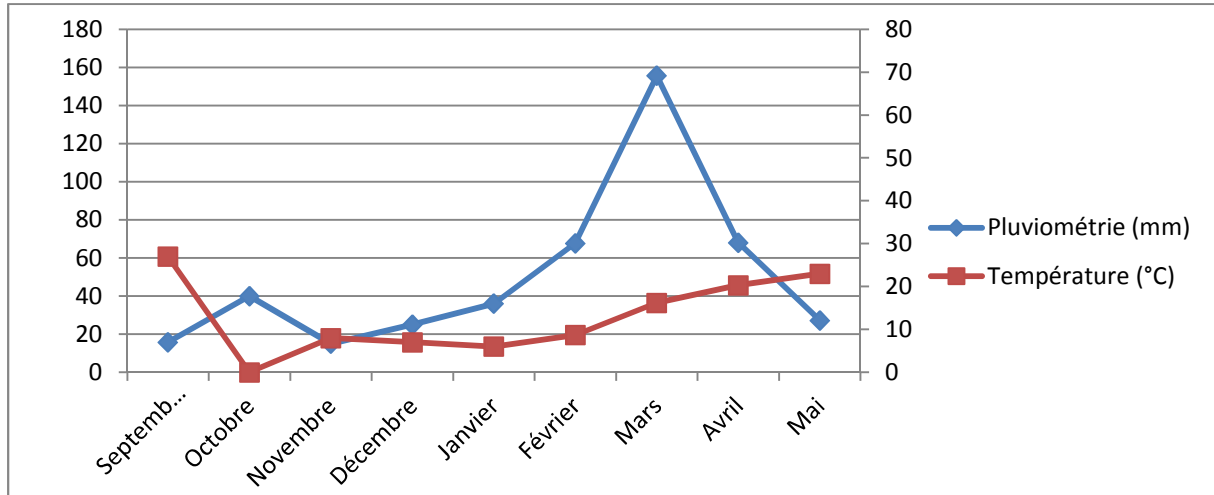


Figure10: Moyennes mensuelles de la pluie et de la température de la campagne 2017/2018

Source: ITGC 2018

Tableau04 : La moyenne de la pluviométrie et des températures durant l'année 2017/2018

Source: ITGC 2018

	Pluviométrie (mm)	Température (°C)
Septembre	16,8	27
Octobre	40	24,5
Novembre	15	8
Décembre	25	7
Janvier	36	6
Février	67,7	8,7
Mars	155,6	16,2
Avril	68	20,3
Mai	26,2	23

3.5. Mesure sur la plante

3.5.1. Paramètres morphologiques

1-Hauteur de la tige :On mesure un échantillon de 4 plantes par génotype, au stade maturité à partir du ras du sol jusqu'aux sommets des barbes de l'épi. Elle est exprimée en cm.

2- Longueur dernier de nœud :on calcule la distance entre deux nœuds sur la tige de la plante.

3-Longueur du col de l'épi : La longueur du col est mesurée de la dernière feuille jusqu'à la base de l'épi.

4-Longueur de l'épi : La mesuré de la longueur de l'épi est depuis sa base jusqu'à l'extrémité.

5-Nombre d'épillet /épi : nous avons réalisé cette opération le 18/05/2018 sur le champ au stade pâteux .on a pris 4 échantillons et afin on prenant la moyenne, c'est le cas pour tout les parcelles .

6-Nombre de grain /épi : Le nombre de grains par épi sur 4 épis pris aléatoirement sur chaque parcelle.

7-Diamètre et Longueur de la graine : ces paramètres mesurent par un appareil de pied à coulisse s'exprimé par(mm).



Figure11: ariel de pied à coulisse.

3.5.2. Paramètres biochimique

3.5.2.1. Dosage des sucres solubles totaux

Les sucres solubles totaux sont dosés par la méthode de Dubois et *al.*, (1956). Pour chaque échantillon, une masse de 100 mg de la matière végétale fraîche est mise dans un tube à essai, on ajoute 3 ml d'éthanol à 85% pour l'extraction des sucres. Le mélange est laissé à température ambiante pendant 48h à l'obscurité avant d'être filtré. On ajoute ensuite 20 ml

d'eau distillée à chacun des extraits. Dans des tubes à essais propres, on met 1 ml de la solution à analyser et on ajoute 1 ml de phénol à 5% et 5 ml de l'acide sulfurique à 1.8 N. Les tubes sont incubés ensuite pendant 15 à 20 minutes à 30°C dans un bain marie. La lecture de la densité optique est effectuée à une longueur d'onde de 485 nm. Les teneurs sont ensuite obtenues en utilisant une courbe d'étalonnage des sucres solubles exprimés en glucose.

3.6. Analyse de données

Afin de déterminer la significativité des traitements appliqués sur les différents paramètres étudiés, nous avons procédé à des analyses de la variance et à la comparaison des moyennes à l'aide du test de Fisher à sur les paramètres (morphologique, physiologique et biochimique) analysés et de chaque traitement à l'aide du logiciel Statisticat 8.



Photo01 : le champ d'expérimentation des génotypes de blé dur testé (avril 2018).

1. Caractérisation phénotypique des géotypes étudiés

Les marqueurs morphologiques sont déjà connus comme des outils efficaces pour l'estimation de la diversité génétique du blé (Al Khanjari et al. 2008) ainsi que La caractérisation des ressources génétiques est une étape clé pour la sélection (Amallah et al., 2016). De ce fait, les ressources génétiques représentent un patrimoine qu'il est nécessaire de préserver et de mieux explorer afin de mieux l'exploiter. Ainsi, pour assurer une agriculture durable, l'étude de la diversité et la caractérisation de ces ressources génétiques lesquels sont indispensables pour créer de nouvelles variétés ayant une bonne qualité, un rendement élevé, adaptées aux variations climatiques et résistantes aux maladies (Aguiriano et al. 2006).

Tableau 05 : Analyse de la variance des paramètres morphologiques de plante.

	HT	LDN	LCE	LE	NE/E	NG/E	DG	LG
Test F	343,09***	40,12***	8,819***	6,606***	26,59***	28,081***	11,98***	169,177***
Probabilité	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0***	0,0000***	0,000***	0***
Géotypes* Situation hydrique	0,000***	0,000***	0,000***	0,000***	0***	0,000***	0,000***	0***
Situation hydrique	1ns	0,036ns	0,646ns	0,997ns	0,995ns	0,841ns	0,565ns	1ns

HT : hauteur de la tige (cm). **LDN** : longueur de dernier nœud (cm). **LCE** : longueur du col de l'épi (Cm). **LE** : longueur de l'épi (cm). **NE/E** : nombre de l'épillet/épi. **NG/E** : nombre de graine/ l'épi. **DG** : diamètre de la graine. **LG** : longueur de la graine (mm). *** : très hautement significative. ns : non significative.

2. Les caractéristiques morphologiques

2.1. La hauteur de la plante

Les résultats issus de l'expérimentation (tableau 05) montrent que les grandeurs des paramètres morphologiques retenus sont très distinctes parmi les génotypes conduits. Ainsi, la hauteur de la plante se distingue d'un rang très hautement significatif à travers ces génotypes ($p < 0.001$). Les génotypes conduits se distinguent en deux groupes. Dans un premier groupe se rassemblent ceux dits à haute paille et sont représentés par Gloire de Montgolfier et HEDBA3 qui ont inscrits des valeurs respectives de $151,42\text{cm} \pm 3,20$ et $122,94\text{cm} \pm 7,23$. Le second groupe englobe les génotypes dits à paille courte et contient Waha, Mexicali75 et Vitron et dont les hauteurs s'affichent dans l'ordre avec $72,4\text{cm} \pm 7,09$, $78,45\text{cm} \pm 3,40$ et $86,50\text{cm} \pm 2,86$. La hauteur de la tige est liée à l'origine des génotypes. En effet, les variétés locales se distinguent par leur haute taille.

L'application du déficit hydrique a un effet dépressif sur la hauteur de la plante (Figure 12), la réduction moyenne de ce paramètre atteint (7,24%). Ainsi, un comportement divers de l'ensemble des génotypes face à cette situation hydrique, les génotypes Mexicali75, Waha et Vitron s'affichent les réductions les plus importantes respectives avec 8,86%, 8,82% et 8,14% et alors que, les génotypes HEDBA3 et Gloire de Montgolfier extériorisent par les réductions les plus faibles avec 5,63% et 4,69%. A ce niveau hydrique des génotypes les longueurs de ce paramètre limitées par $144,11\text{cm} \pm 3,20$ (Gloire de Montgolfier) et $65,09\text{cm} \pm 7,09$ (waha).

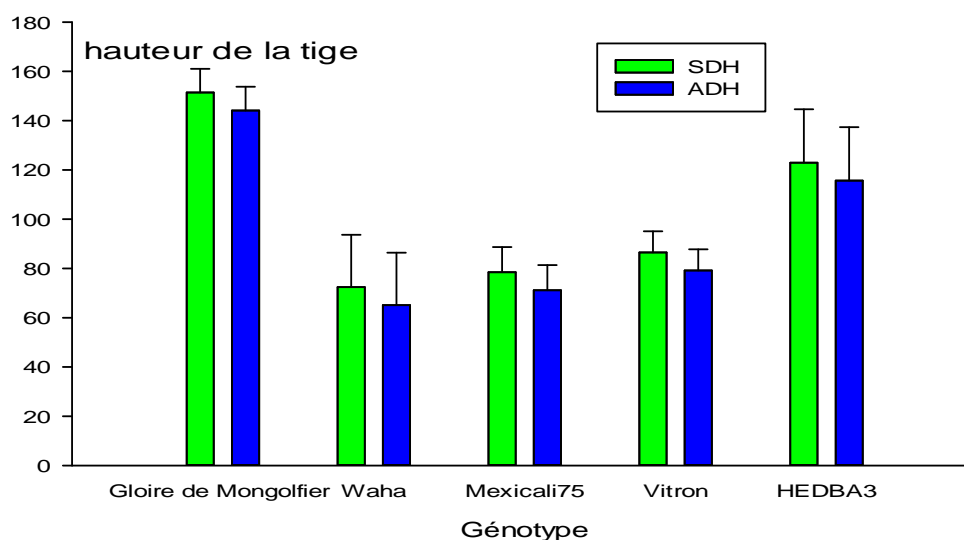


Figure 12 : Evolution de la hauteur de la tige de plante du Blé dur chez les cinq génotypes de blé dur testé en fonction des régimes hydrique adopté.

2.2. Longueur dernier entre-nœud

Les résultats notent une divergence de longueur dernière entre-nœud chez les différents génotypes étudiés. Ainsi, la variété de Vitron, Gloire de Montgolfier et HEDBA3 enregistre des valeurs de la longueur dernier entre-nœuds du très proche entre elles, ces valeurs varient de 37, 42 $\text{cm} \pm 0,59$, 36,9 $\text{cm} \pm 2,98$ et 36,45 $\text{cm} \pm 1,15$. Alors que, les autres génotypes Mexicali75 et Waha dont les longueurs s'affichent dans l'ordre avec 31,95 $\text{cm} \pm 1,16$; 30,77 $\text{cm} \pm 1,93$. La longueur dernier entre-nœuds est liée à l'origine des génotypes.

Au niveau du déficit hydrique a un effet remarquable sur la longueur dernier entre-nœud (Figure 13), la réduction moyenne de ce paramètre atteint (9,12%). Ainsi un divers comportement de l'ensemble des génotypes face à cette situation hydrique, les génotypes Waha, Gloire de Montgolfier s'affichent les réductions les plus importantes respectives avec 28,08 et 11,08%. alors que, le génotype Mexicali75, Vitron et Hadba3 représente par les réductions les plus faibles avec 4,33 ; 1,01 ; 1,07. Alors que, au niveau hydrique des génotypes les longueurs de ce paramètre limité par Vitron (36,04 $\text{cm} \pm 0,83$) et waha (24,89 $\text{cm} \pm 1,35$).

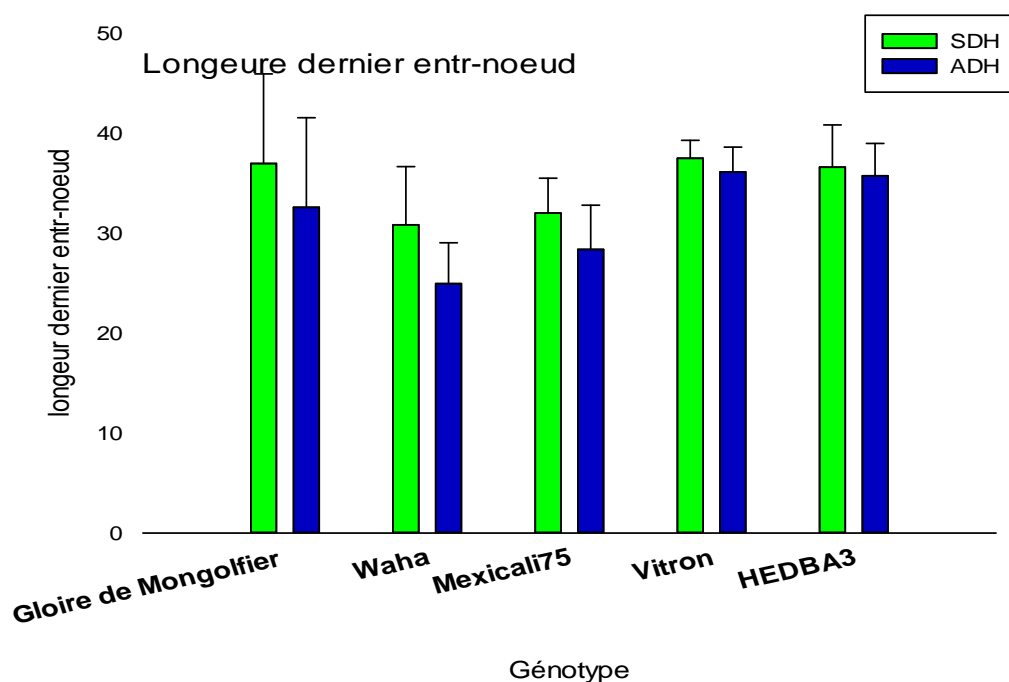


Figure 13 : Evolution de plante de la longueur dernier entre-nœud chez les cinq génotypes de blé dur testé en fonction des régimes hydrique adopté.

2.3. Longueur du col d'épi

Dans les conditions de la situation hydrique optimale, la longueur du col d'épi limité par 16, 83cm±0,84 (Mexicali75) et 14,42cm±1,64 (Gloire de Montgolfier).

En cas de stress hydrique il y'a un effet sur la longueur du col d'épi chez les cinq variétés étudié (Figure 14) donc, la réduction moyenne de ce paramètre atteint (15,03%). Ainsi ont a remarqué un comportement diverses de l'ensemble des génotypes face à cette situation hydrique, les génotypes Gloire de Montgolfier, Waha, Vitron et HEDBA3 s'affichent les réductions les plus importantes respectives avec 21,86, 17, 58, 16,81et 14,94%. Alors que, le génotype Mexicali75 extériorisent par les réductions les plus faibles avec 3,94%.alors que, Au niveau de situation de stress hydrique les valeurs de la longueur du col d'épi changent entre une valeur maximale de Mexicali75 (15,58cm±0,95) et HEDBA3 (13,71cm ±1,31)et une valeur minimale de 12,26 cm±1,36 de Vitron, Waha par 12.26cm±0.52 et 11,73cm±1,64de Gloire de Montgolfier.

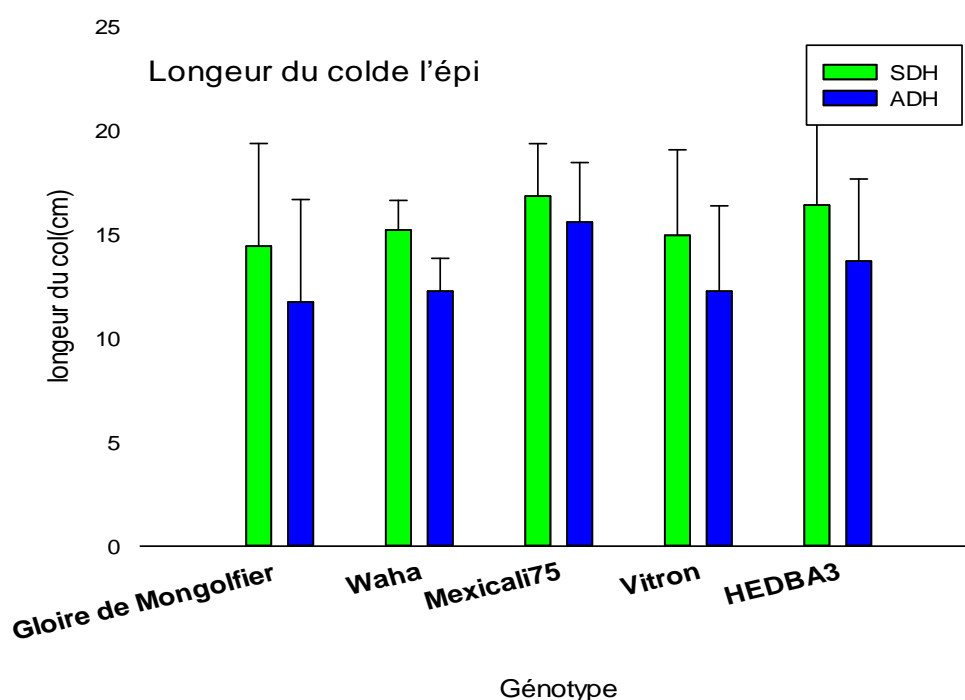


Figure14 : Evolution de la longueur du col de l'épi chez les cinq génotypes de blé dur testé en fonction des régimes hydrique adopté.

2.4. Longueur de l'épi

Concernant ce paramètre est dans les conditions optimales, les variétés HEDBA3 Gloire de Montgolfier et Vitron qui ont inscrits des valeurs respectives de $10,32\text{cm}\pm 0,89$, $9,5\text{cm}\pm 1,06$ et $9,02\text{cm}\pm 0,12$ et les génotypes Waha et Mexicali7 et dont les longueurs s'affichent dans l'ordre avec $8,6\text{cm}\pm 0,73$ et $8,55\text{cm}\pm 0,84$.

L'application de stress hydrique à un effet néfaste sur la longueur de l'épi chez les génotypes testé (Figure 15). Cependant le taux de réduction moyenne de la longueur de l'épi atteint (23,81%). Ainsi, La réduction de ce paramètre chez les Génotypes Gloire de Montgolfier et HEDBA3 extériorisent par les réductions les plus moindres avec 18,52 et 19,89%. Alors que les génotypes Vitron, Mexicali75 et Waha s'affichent les réductions les plus importantes respectives avec 32,47, 24,54 et 23,62%. A ce niveau hydrique des génotypes les longueurs de ce paramètre limité par $8,43\text{cm}\pm 0,89$ (HEDBA3) et $6,66\text{cm}\pm 0,84$ (Maxicali75).

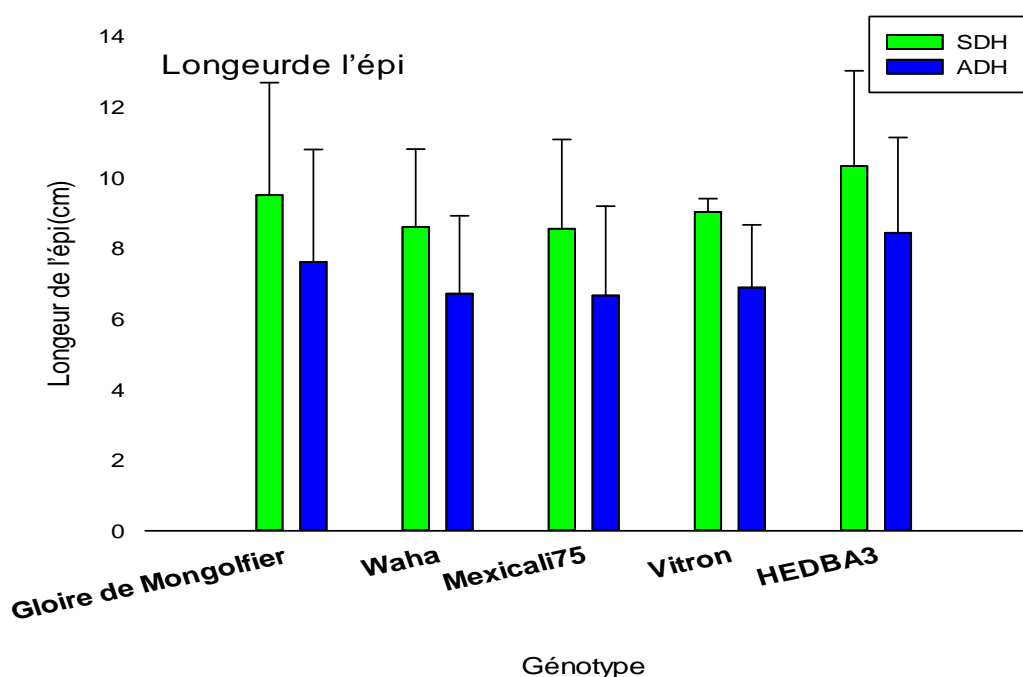


Figure 15 : Evolution de longueur du l'épi chez les cinq génotypes de blé dur testé en fonction des régimes hydrique adopté.

3. les composantes de rondement

1.3. Nombre de l'épillet/épi

Les résultats montrent que, au niveau du lot témoin (SDH), les valeurs du nombre de l'épillet/épi des différentes variétés expérimentées sont représentées par Waha ($23,25 \pm 1,70$), Vitron ($22,75 \pm 1,5$), HEDBA ($20,75 \pm 0,95$), Mexicali ($18,75 \pm 0,95$) et Gloire de Montgolfier ($18,37 \pm 1,10$).

A ce niveau du déficit hydrique a un effet dépressif sur le Nombre de l'épillet/épi de la plante (Figure 16), la réduction moyenne de ce paramètre obtenu (14,24%). Ainsi, les génotypes Gloire de Montgolfier et HEDBA3 extériorisent par les réductions les plus importantes respectives avec 16,41% et 15%. Alors que, les génotypes Waha, Mexicali75 et Vitron s'affichent les réductions les plus faibles avec 13,04%, 13,15% et 13,63% en cas de la tension hydrique les variétés limitées par $20,5 \pm 1,29$ (waha) et $15,82 \pm 0,56$ (Gloire de Montgolfier).

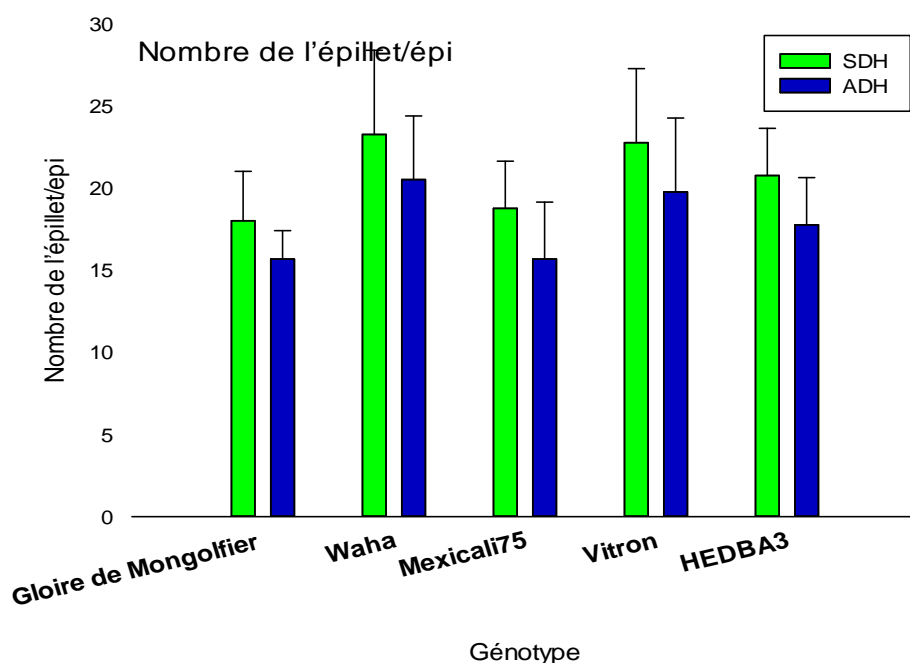


Figure 16 : Evolution Nombre de l'épillet-épi chez les cinq génotypes de blé dur testé en fonction des régimes hydrique adopté.

3.2. Nombre de grain /épi

Dans les conditions de bonne alimentation en eau (SDH), le nombre de grain /épi limité par $51,25 \pm 6,23$ (Vitron) et $29,5 \pm 3,87$ (Gloire Montgolfier)

La soumission de ces génotypes sous stress hydrique provoque un effet remarquable sur le nombre de grain/épi(Figure17). Ainsi, les génotypes Gloire de Montgolfier, Waha et Mexicali75 s'affichent les réductions les plus importantes respectives avec 25,80, 18,18 et 17,77 %, les autres génotypes Vitron et HEDBA3 expriment par les réductions les plus faibles avec 6,25 et 7,31%. Une réduction moyenne de ce paramètre atteint (15,06 %).alors qu'en application de stress hydrique, les déférents génotypes ont inscrits des valeurs respectives de $46,5 \pm 4,65$ (Vitron), $39 \pm 5,59$ (Maxicali75) , $36 \pm 2,16$ (Hedba3), $33,5 \pm 4,79$ (Waha) et la valeur le plus faible sont $19 \pm 5,22$ (Gloire Montgolfier).

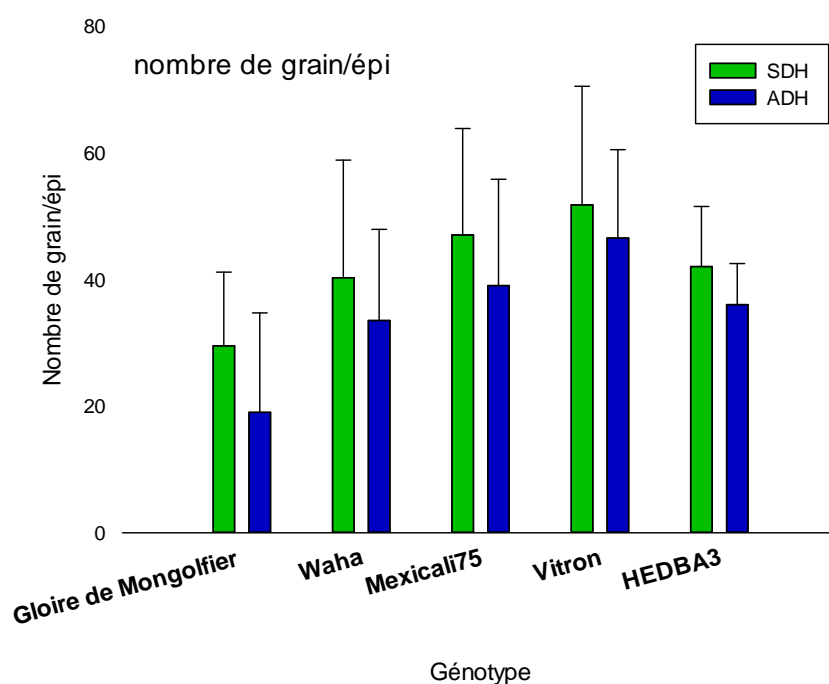


Figure 17 : Evolution Nombre de grain/épi chez les cinq génotypes de blé dur testé en fonction des régimes hydrique adopté.

3.3. Diamètre du grain

Sous des conditions hydriques favorables (SDH), les variétés HEDBA3, Gloire de Montgolfier, Vitron et Waha représentent le diamètre le plus élevés, avec un maximum chez la variété HEDBA3 $2,25\text{mm} \pm 0,22$, par contre les variétés Waha représentent la faible Valeur avec $1,72\text{mm} \pm 0,10$.

L'application du déficit hydrique sur les génotypes testés (Figure 18), se résulte que la réduction moyenne de ce paramètre atteint (43,75%). Donc, les variétés Waha, Mexicali75 et Gloire de Montgolfier s'affichent les réductions les plus importantes respectives avec 53,52, 46,00 et 43,94%. Ainsi, les génotypes Vitron et HEDBA3 extériorisent par les réductions les plus faibles avec 39,35 et 35,94%. Au niveau du stress la valeur plus faible égale à $0,83\text{mm} \pm 0,10$ enregistrée chez le génotype Waha et On remarque aussi que les génotypes Vitron, HEDBA3, Gloire de Montgolfier, et Mexicali75 enregistrent des valeurs respectives de ($1,39\text{mm} \pm 0,18$, $1,31\text{mm} \pm 0,23$, $1,30\text{mm} \pm 0,16$ et $1,23\text{mm} \pm 0,22$).

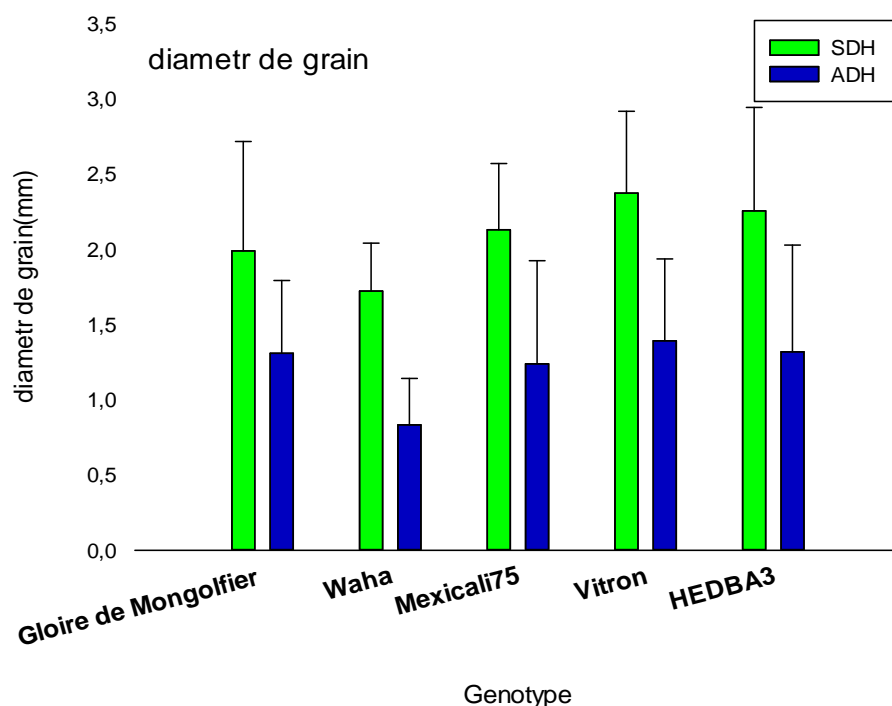


Figure 18 : Evolution du diamètre du grain chez les cinq génotypes de blé dur testé en fonction des régimes hydrique adopté.

3.4. Longueur de grain

A l'échelle du lot irrigué (SDH), les génotypes conduits se distinguent en deux groupes. Dans un premier groupe les génotypes le plus élève sont représentés par HEDBA3et Vitron qui ont inscrits des valeurs respectives de $28,85\text{mm}\pm 1,14$ et $24,47\text{mm}\pm 2,02$. Le second groupe Mexicali75, Gloire de Montgolfier et Waha s'affichent les longueurs très faible qui représentés dans l'ordre avec $15,92\text{mm}\pm 0,91$, $15,75\text{mm}\pm 1,70$ et $14,07\text{mm}\pm 0,87$.

Le régime hydrique a affecté de façon néfaste sur la longueur de grain (Figure 19), la réduction moyenne de ce paramètre atteint (19,99%). Ainsi, on observer un comportement diverses chez les génotypes, Waha, Mexicali75et Gloire de Montgolfier s'affichent les réductions les plus importantes respectives avec 25,19 ; 25,03 et 21,27% et alors que, les génotypes Vitron et HEDBA3 extériorisent par les réductions les plus faibles avec 15,25% et 13,20%. A ce niveau hydrique la longueur des variétés de blé dure limité par HEDBA3 ($25,02\text{mm}\pm 1,14$) et waha ($10,24\text{ cm}\pm 0,87$).

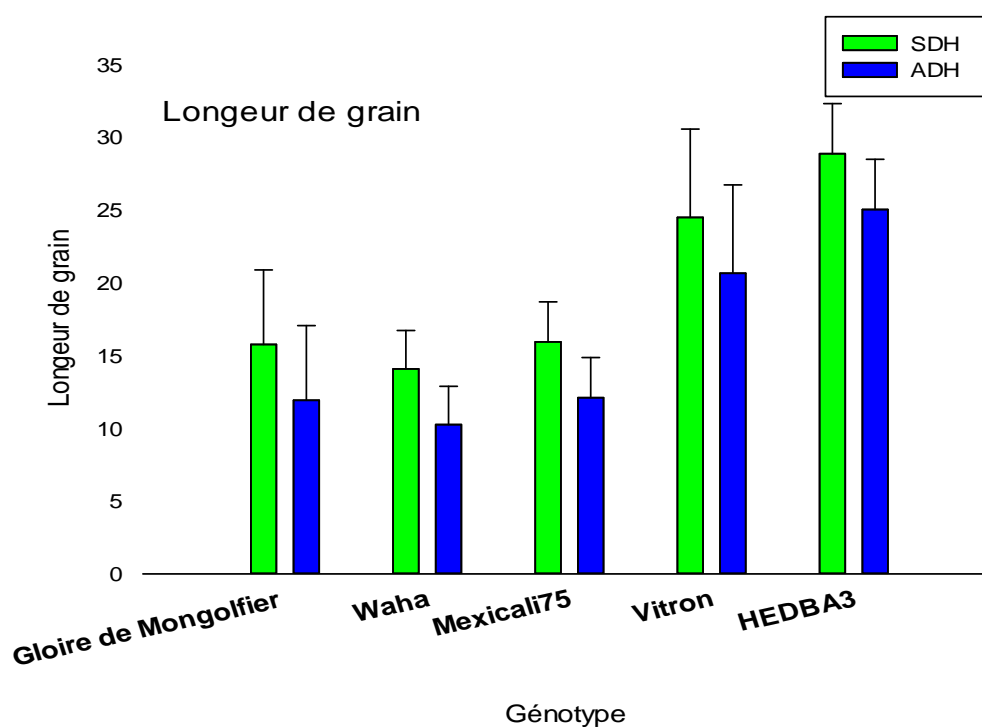


Figure 19: Evolution de la longueur de grain chez les cinq génotypes de blé dur testé en fonction des régimes hydrique adopté.

4. paramètre biochimique

4.1. Sucre soluble

Les résultats obtenus une forte dose de sucre soluble chez les variétés témoin (SDH).les génotypes Waha et HEDBA3 s'affichant par dans l'ordre avec 367, 64mg±8,16 et 370,61±21,23par apport Vitron, Mexicali75 et Gloire de Montgolfier.

En effet de déficit hydrique, il y a une accumulation de sucre soluble chez tous les génotypes étudié (Figure 20), la réduction moyenne de ce paramètre atteint (27,90%).Ainsi, la réduction le plus importante respective par Gloire de Montgolfier avec une valeur de 41,69%. Alor que HEDBA3 enregistre par la réduction le plus faible avec 18,51 %. Donc au niveau de stress hydrique noté par une concentration élevée représenté par 489,13±34,58 (HEDBA3).ensuit les génotypes de Waha(446,42±24,09), Vitron (383,23±52,90), Gloire de Montgolfier (265,86±32,88)et Mexicali75par une faible valeur (352,76±14,06).

Tableau 06: Analyse de la variance de la teneur en sucres solubles des cinq génotypes testés.

	Teneur en sucres solubles	
	Test F	Probabilité
Génotype	0,406	0.699ns
Situation hydrique	782,66	0.0000***
Interaction génotype* situation hydrique	1.109ns	0.451

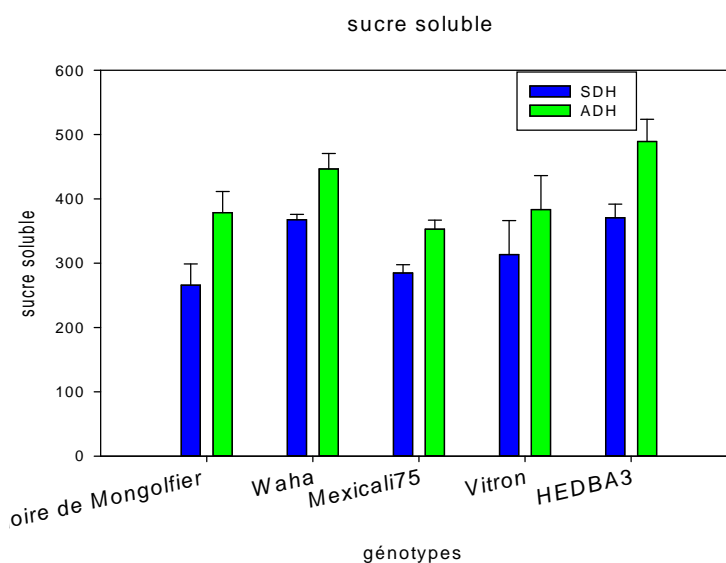


Figure 20 : Evolution des taux des sucres solubles chez les cinq génotypes de blé dur en fonction de deux régimes hydrique adoptés.

DISCUSSION :

Les résultats de l'étude de la réponse des plantes de blé dur des génotypes soumises à un stress hydrique montrent des modifications des paramètres morphologiques tels que la hauteur de la tige, longueur de col de l'épi, la longueur de dernier entre nœud, longueur de l'épi, le nombre de l'épillet par épi, nombre de graine par épi, longueur et diamètre de la graine.

La réduction de la croissance est l'une des premières manifestations du déficit hydrique (**Saab et Sharp, 1989**). D'après **Bewley et Black (1994)**, **Wang et al. (2003)**, le déficit hydrique limite sérieusement la croissance des plantes ainsi que leur productivité végétative.

Plusieurs chercheurs ont montré que la hauteur de la plante pendant un stress hydrique déposer une diminution chez les génotypes locaux et introduits testé. Ainsi, nous avons remarqué que les génotypes de Waha, Mexicali75 et Vitron représenté une réduction plus élevée par contre les génotypes de Gloire de Montgolfier et HEDBA3 s'affichant une réduction faible donc les génotypes de Waha, Mexicali75 et Vitron affect plus que les génotypes Gloire de Montgolfier et HEDBA3. Notre résultat corrobore avec les travaux **d'Aspinall (1986)**, et qui montre que, le déficit en eau entraîne une réduction de la hauteur de la tige et de la croissance végétative, particulièrement l'expansion des feuilles.

Tous les génotypes étudiés affecté par le stress hydrique au niveau de la longueur du col de l'épi et les réductions les plus importantes sont observé chez le Gloire de Montgolfier. Ainsi cette variété le plus influence par le stress hydrique par apport les autres génotypes, Ce résultat conformé par (**Fisher et Maurer, 1978**), qui affirme que, la longueur du col de l'épi est un caractère variétal, il a souvent été proposé comme critère de sélection de génotypes tolérants au déficit hydrique. Le rôle de ce caractère s'expliquerait par les quantités d'assimilés stockés dans cette partie de la plante qui sont susceptibles d'être transportés vers le grain en conditions de déficit hydrique terminal (**Gate et al. ,1992**).

Le déficit hydrique influencée néfaste sur la longueur de dernier entre nœud car les résultats de l'expérimentation montre un régressive sur le caractère étudié chez les cinq génotypes. Donc, il y a une différente réduction entre les génotypes, la réduction le plus important désigné par Waha et les génotypes de Vitron et HEDBA3 extériorisent par les réductions les plus faibles. Après la comparaison entre les génotypes, Waha elle est influencée plus que les autres par le déficit hydrique.

La diminution de la longueur du col de l'épi s'avère très importante sous les conditions du stress hydrique chez l'ensemble des géotypes étudiés. Les résultats de **Fellah et al. (2002)**, démontrent que le col de l'épi par sa photosynthèse courante et le stockage des substrats carbonés contribuent à un meilleur remplissage du grain chez le blé dur.

On note la présence d'une corrélation positive et significative entre la hauteur de la plante, la longueur du col de l'épi ($r = 0.57^{**}$) et la longueur du dernier entre-nœud ($r = 0.79^{**}$). Ce résultat indique que d'une manière générale, l'accroissement de la masse végétative concerne l'ensemble des paramètres caulinaires mesurés. Ceci se confirme par de fortes relations positives qui lient ces deux paramètres et la hauteur de la paille.

Le stress hydrique affectée sur la longueur de l'épi de façon négative chez les variétés testées ou il y a une diminution remarquable sur cette paramètre. Pour la variété de Vitron le taux de réduction représenté par une haute valeur montre que cette variété soumise un fort stress hydrique au contraire chez les Waha, Mexicali75, Gloire de Montgolfier et HEDBA3. Selon **Febrero et al., (1990)**, les caractéristiques de l'épi (épi court) contribuent également à une limitation des pertes en eau un épi court permet une meilleure compactité des grains ce qui permet de lutter contre les aléas climatiques ainsi que contre l'égrenage. ACHOURI (1985) trouve que la longueur des épis est fonction inverse de la densité de semis.

Selon **Grignae (1986) et Gâte (1987)**, le déficit hydrique en période de montaison affecte le nombre d'épis et surtout sa fertilité. Il indique aussi que les quelques jours qui suivent la floraison sont une phase délicate pour la réalisation du nombre de grains par épi. Selon le même auteur, ce paramètre dépend aussi de la date de semis et de la phase (A-B) de Jonard où se détermine le nombre d'épillets et les conditions d'alimentation en eau et en azote. Cette information qui confirme le résultat de l'influence de déficit hydrique sur le nombre de grains par épi. Car il y a une diversité dans le taux de réduction entre les géotypes. La variété de Gloire de Montgolfier enregistre la grande réduction donc le plus sensible que les autres.

A la fin de l'expérimentation, on enregistre une réduction sur la longueur de la graine et le diamètre de la graine à cause de stress hydrique. Waha c'est la variété qui donne une réduction élevée dans les deux paramètres étudiés (la longueur et le diamètre de la graine) alors qu'il y a une diminution dans le rendement par rapport aux autres. En effet le rendement est la résultante de trois composantes principales qui sont le nombre d'épis, celui des grains/épi et le poids du grain (**Fellah et al., 2002 ; Benmahammed et al., 2010**). Ces composantes se forment à des différentes phases végétatives réparties tout le long du cycle de la plante. Tout

déficit hydrique qui affecte la formation d'un ou plusieurs composantes, affecte le rendement. La phase de maturation correspond à la période de remplissage du grain. L'effet du déficit hydrique, au cours de cette dernière phase, se traduit par une diminution de la taille du grain (**Bahlouli et al., 2005**).

En effet de stress hydrique, l'accumulation de sucre soluble chez les géotypes étudié a été largement reportée comme une réponse au déficit hydrique puisque le variété HEDBA3 représente une haut accumulation de sucre soluble donc HEDBA3 c'est un meilleure génotype qui adapté a la sécheresse par contre les autres. Les sucres soluble sont considérés par plusieurs auteurs comme de bons osmorégulateurs (**Kameli et Losel, 1995; Sanchez et al., 1997**) qui peuvent jouer un rôle important dans l'ajustement osmotique et l'adaptation des plantes à la sécheresse (**Morgan, 1984; Zhang et al., 1999**).

L'accumulation des sucres solubles peut résulter d'une augmentation de l'hydrolyse de l'amidon puisqu'ils ont enregistré, simultanément, une diminution de l'amidon et une accumulation de sucres solubles dans les tissus stressés (**BOUCHELAGHEM, 2012**).

L'adaptation est un mécanisme nécessaire pour les variétés à adopter dans les régions arides et semi- arides, pour tolérer la sécheresse (**Slamaet al.,2005**).

Conclusion

Le déficit hydrique constitue l'un des principaux facteurs responsables des faibles rendements chez le blé dur. Cependant, l'impact de ce stress abiotique sur la productivité de cette espèce, dépend de son intensité et le temps de sa déclaration.

Les géotypes testé présentent une forte variabilité pour le critère étudié en fonction du déficit hydrique; celle-ci est imputable, pour une partie, à des effets génétiques ; ainsi à productivité comparable de grandes différences existent entre les variétés. Par ailleurs, l'expression de l'adaptation et la réaction de chaque géotype aux conditions hydrique adopté.

Néanmoins tous les géotypes ne réagissent pas de la même manière dans les différents environnements : certains d'entre eux se révèlent particulièrement avantagés ou au contraire défavorisés par certaines conditions culturales faisant varier la disponibilité en eau.

Les résultats obtenus par la réalisation du présent travail informent que les géotypes testés influent sur le rendement en grain du blé dur et l'élaboration de sa qualité dépendent étroitement des conditions d'alimentation hydrique de la plante.

Une première constatation indique que sous les conditions hydriques déficientes, le remplissage du grain repose essentiellement sur le phénomène de la translocation des réserves contenues dans les différentes parties de la plante.

L'accumulation des sucres solubles reflète le rôle joué par les saccharoses et les monosaccharides dans la diminution du potentiel hydrique dans l'ajustement osmotique chez les différentes plantes de blé dur, Elle leur confère une certaine aptitude à la tolérance au stress hydrique.

L'accumulation de ces osmolytes (sucres et proline) n'est qu'un phénomène d'adaptation à la sécheresse. Ces osmolytes permettent de protéger la plante à maintenir la turgescence de la cellule et l'intégrité des membranes cellulaires, afin d'assurer ses fonctions physiologiques.

Références bibliographie

- Acevedo, E., Conesa, A. P., Monneveux, P., & Srivastava, J. P. (1989). Physiology breeding of winter cereals for stress ed mediterranean environments, *INRA Stat. Bioclimatologie*, 50-66.
- Acevodo E., Varma S.(éd). John Wiley and sons. UK: 191 -200 p.
- Ait Slimane Ait Kaki S. 2008. Contribution à l'étude de l'interaction génotype x milieu, pour la qualité technologiques chez le blé dur en Algérie. Mémoire de magistère. Université Badji Mokhtar Annaba.
- AMIGUES J.P., DEBAEKE B.I., LEMAIRE G., SEGUIN B., TARDIEU F., THOMAS A. (2006). Sécheresse et agriculture. Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA (France), 72p.
- Amokrane A., Bouzerzour H., Benmahammed A. & Djekoun A. 2002. Caractérisation des variétés locales, syriennes et européennes de blé dur évaluées en zone semi-aride d'altitude. *Sciences et Technologie. Univ. Mentouri. Constantine. N° spécial D:33 -38 p.*
- Angus J.F., Van Herwaarden V.F. (2001). Increasing water use and water-use efficiency in dryland wheat. *Agron. J*, 93: 290–298.
- Araus J.L., Slafer G.A., Reynolds M.P., Royo C. (2002). Plant breeding and water relations in C3 cereals: what should we breed for *Annals of Botany*, 89: 925-940.
- Ashraf M., 1994. Salt tolerance of pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) at three growth stages. *Ann. Appl. Biol.*, 124: 153-164.
- Asloum H., 1990. Elaboration d'un système de production maraîchère (Tomate, *Lycopersicon esculentum* L.) en culture hors sol pour les régions sahariennes. Utilisation de substrats sableux et d'eaux saumâtres. Thèse de doctorat, développement et amélioration des végétaux, Université de Nice Sophia- Antipolis : 24- 32.
- Bagga A.K., Ruwal K.N. & Asana R.D. 1970. Comparison of some Indian and semi-dwarf Mexican wheat to unirrigated cultivation. *Indian J. agric. Sci.* 40: 421- 427 p.
- 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 Variants somaclonaux sélectionnés In vitro. Thèse de doctorat. Univ . Louvain.

- Baldy C., "Contribution à l'étude fréquentielle des conditions climatiques: leur influence sur la production des principales zones céréalières d'Algérie", MARA, projet céréales, Alger. (1974), 152 p.
- Belaid D. 1996.Aspects de la céréaliculture algérienne. INES. D'agronomie. Batna.p187.
- Ben Naceur M., Gharbi M.S. & 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.
- Ben Rejeb, K., Abdelly, C., & Savouré, A. (2012). La proline, un acide aminé multifonctionnel impliqué dans l'adaptation des plantes aux contraintes environnementales. *Biologie Aujourd'hui*, 206 (4) : 291-299.
- Ben Salem M., Boussen H. & Slama A. 1997. Évaluation de la résistance à la contrainte hydrique et calorique d'une collection de blé dur : recherche de paramètres précoces de sélection. Sixièmes Journées scientifiques du réseau Biotech.-Génie Génétique des plantes, Agence francophone pour l'enseignement supérieur et la recherche (AUPELF / U R E F). Orsay. Sécheresse. 2 : 75- 83 p.
- Benlarabi, M., & Monneveux, P. (1988). Etude comparée du comportement en situation de déficit hydrique de deux variétés algériennes de blé dur (*Triticum durum* Desf.) adaptées à la sécheresse. *C.R Acad. Agric. France.*, 74 (5): 73-83
- Bensari M., Calme S.J. & Viala G. 1990. Répartition du carbone fixé par photosynthèse entre l'amidon et le saccharose dans la feuille de soja : influence d'un déficit hydrique : *Plant phisiol. Biochimie.* 28 : 113-124 p.
- BEWLEY J.D. and BLACK M., 1994. *Seeds - Physiology of development and germination.* ; 2nd Edition. Plenum Press, New York, NY. 445 p.
- Blum A. 1996. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation plant growth regulation. 20: 135 - 148 p.
- BONJEAN A., PICARD E, 1990 : *Les céréales à paille origine, historique, économie et sélection.* Eds Nathan, 235 pages.
- Bonnefoy. M Moynier J-L (2014) ; *Besoins en eau des céréales.* Colloque au champ- Irrigation-le Magneraud, Arvalis, France.

- Bootsma A., Boisvert J. B., Dejong R. et Baier W. 1996. La sécheresse et l'agriculture canadienne. *Sécheresse*: 277 - 285 p.
- Bozzini A. 1988. Origin, distribution, and production of durumwheat in the world.
- Braam J., Sistrunk M., Polisensky D.H., Xu W., Purugganan M.M., Antosiewicz D.M., Campbell P. & Johnson K.A. 1997. Plant responses to environmental stress: regulation and functions of the Arabidopsis TCH genes. *Planta*. 203 : 35 - 41 p
- Cadi, A., 2005- Caractérisation des zones céréalières potentielles à travers le Nord de l'Algérie. *Rév. ITGC. Céréaliculture n° 44.* : 36-39.
- Cadi, A.; Dellig, A.; Sarfatti, P.; Chiar. T.; Bellah, F. et Bazzani, F., 2000- SIG et zonage agro-écologique : Application au Nord algérien. *Rév. Céréaliculture n° 34 ITGC* : 68-75.
- Cattivelli., Crosatti C., Grosi M., Portesi A., Rizza F., Stanca AM. (1995). Relationship among the modifications of gene expression induced by ABA, drought and gold stress in barley. In : *Reproductive Biology and Plant Breeding. XIIIth EUCARPIA Congress 6-11 juillet 1992, Angers, France.*
- Chabi H, Derouiche M, Kafi M et Khilassi E. 1992. Estimation du taux d'utilisation du potentiel de production des terres à blé dur dans le Nord de la wilaya de sétif. Thèse de Ingénieur. INA El-Harrach. p 317.
- Chaker A et Brinis L., 2004. Effet d'un stress thermique à la chaleur sur quelques traits biochimiques de quelques génotypes de blé dur N 42, pp21-28.
- CHARDOUH., Caractéristique biochimique et génétique des réserves de blés durs algériens (*tritium durum*) . Relation avec la qualité., Thèse de magister, (1999), P. 73 .
- Cheftel J.C et Cheftel H., 1992 .Cheftel J.C. & Cheftel H. 1992. Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. V1. Tec & Doc. Paris .Lavoisier : 381 p. 60.
- Clarke J.M., Norvell W.A., Clarke F.R. et Buckley T.W. (2002). Concentration of cadmium and other elements in the grain of near-isogenic durum lines. *Can. J. Plant Sci. /Revue canadienne de phytotechnie*, 82: 27-33.
- Clement G et Prats J. 1970 .Les céréales. Collection d'enseignement agricole. 2ème Ed. 351p.

- Cornic, G. (2008). Effet de la contrainte hydrique sur la photosynthèse foliaire: De l'utilisation expérimental des relations A/Ci et ACC, article, 36 p.
- Croston R. P. et Williams J.T. (1981). A world survey of wheatgeneticresources. IBRGR. Bulletin / 80/59, 37 p.
- D.S.A. d'Ain-Defla.
- Déjardin A., Sokolov L.N. & Kleczkowski L.A. 1999 .Sugar/osmoticumlevelsmodulate Differential abscisicacid-independent expression of two stress-responsive sucrose synthesisgenes in Arabidopsis. BiochemJ . 344: 503 -509 p.
- Dixon R. & Paiva N. L. 1995. Stress – induce dphenylpropanoidmetabolism. The plant cell.7: 1085 - 1097 p.
- El hassani T.A. & Persoons E. 1994. Agronomie moderne. Bases physiologiques et agronomiques de la production végétale. (éd). AUPELF-UREF : 544 p.
- EL Jaafri S., Lepoivre Ph., Semal J. (1995). Implication de l'acide abscissique dans la résistance du blé à la sécheresse. Ed. AUPELF-UREF. John LibbeyEurotext. Paris, 15: 141-148.
- Fabriani G. et C. Lintas (éd). Durum: Chemistry and Technology. AACC (Minnesota), Etats-Unis, pp: 1-16.
- Febrero A.;Brot J.; Brown R.H. etAriaus J.L., 1990: The role of durumwheatear as photosyntheticorganduring grain filling. In: advanced trends in photosynthetic, Mallorca, Spain (unpublished).
- Feillet, 2000(Feillet P., 2000. Le grain de blé : composition et utilisation. INRA. Paris.
- Feillet. P (2000) ; Le grain de blé : composition et utilisation. INRA. Paris : pp 23-25.
- Feldman. M (2001):Origin of CultivatedWheat]. Dans Bonjean A.P. et W.J. Angus (éd). The World Wheat Book a history of wheatbreeding. Intercept Limited, Andover, Angleterre, pp3-58.
- Feliachi k, 2000 : Programme de développement de la céréaliculture en Algérie.

- Feliachi, K., 2000- Programme de développement de la céréaliculture en Algérie. In proc . symposium blé 2000 , enjeux et stratégie Algérie 21-27.
- Fellah A., Benmahammed A., Djekoun A. et Bouzerzour H., 2002 :Sélection pour améliorer la tolérance au stress abiotique chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) .Actes de l'IAV Hassan II, (Maroc) 22, 161-170.
- Fischer R.A. ET Maurer R., 1978:Droughtresistance in springresistancewheat cultivar. I. Grain yieldresponses. Aust, J, Agri, Res, 29: 105-912.
- Fonseca S. et Patterson F. L., “Yield component heritabilities and interrelationship in winterwheat (*Triticumaestivum* L.)”, CropSci. Vol. 8 (1968), pp. 614-617.
- GATE P ., 1995.Ecophysiologie du blé .Tec Doc Lavoisier.Paris.429p
- Gate P, (1987): Mieux comprendre l'élaboration du rendement chez le blé. Perspectives agricoles n°169 Paris, pp 62-67.
- Gate P., Bouthier A., Casablanca H. et Deleens E., 1992 :Caractères physiologiques décrivant la tolérance à la sécheresse des blés cultivés en France. Interprétation des corrélations entre le rendement et la composition isotopique du carbone des grains. In : Tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétale. Montpellier (France) INRA. (Les colloques n°64).
- Geigenberger P., Reimholz R., Geiger M., Merlo L., Canale V. &StittM . 1997.
- Gonzalez A., Martin I. &Ayerbe L. 1999. Barleyyield in water stress conditions. The influence of precocity, osmoticadjustment and stomatal conductance. Field CropRes.62: 23 - 34 p.
- Google maps , 2018. <http://maps.google.com/>. Consulté le : 12/05/2018.
- Grignac.R ,1986 : contrainte de l'environnement et l'élaboration du rendement dans la zone méditerranéenne France. In l'élaboration du rendement des cultures céréalière, colloque Franco-Romain généralement, 17-18 mars 178-207.
- Hachemi MM., Saidani.,Bouattoura et Ait ameur C. ,1979 Situation des céréales en Algerie .céréaliculture,N 11 ,pp7-12.
- Hadjichistodoulou A. 1985. Stability performance of cereals in lowraifall areas as related to adaptative traits. in : droughttolerance in wintercereals. Srivastava J.P., Porceddu E.

- Hannachi A., Z.Fellahi, H.Bouzerzour, A.Boutekrabt. 2013. Correlation, PathAnalysis and Conditions. Journal of Agriculture and Sustainability., 3 (2) :122-131.
- Hare P.D. &Cress W.A. 1997.Dissecting the roles of osmolyte accumulation during stress Plant cell and environment. 21: 535 - 553 p.
- Harlan J.R. (1975). Our vanishinggeneticsresources. Science, 188: 618-621.
- Hannachi A., Z.Fellahi, H.Bouzerzour, A.Boutekrabt. 2013.Correlation, PathAnalysis and StepwiseRegression in DurumWheat (TriticumDurumDesf.) underRainfed Conditions. Journal of Agriculture and Sustainability., 3 (2) :122-131
- Hireche, Y. (2006). Réponse de la luzerne (Medicagosativa L) au stress hydrique et à la profondeur de semis. Mémoire de magister, Département d'Agronomie. Université EL-Hadj Lakhdar, Batna. 83p.
- Hsissou D. 1994. Sélection In vitro et caractérisation de mutants de blé dur tolérants à la sécheresse. Thèse de doctorat. Univ. Catholique de Louvain.
- ITGC de khemis-malina.
- Jean-François., &Morot-Gaudry. (1997). Assimilation de l'azote chez les plantes: aspects physiologique, biochimique et moléculaire. INRA, Paris, 119-235.
- Jeant et al., 2006.Jeantet R., Croguennec T., Schuck P. & Brulé G. 2006. Science des aliments : Biochimie- Microbiologie- Procédés- Produits. V2. Technologie des produits alimentaires. (éd).TEC & DOC. Paris
- Jones H.G., Flowers T.J. et Jones M.B. 1989. Plants under stress. Univ. Cambridge.
- KAMELI A. et LÖSEL D.M. 1995. Contribution of carbohydrates and othersolutes to osmoticadjustment in wheatleavesunder water stress. J. Plant Physiol., 145 : 363-366.
- Karakas et al., 2011.Karakas O, Gurel F. and Uncuoglu AA2011 Assessment of geneticdiversity of wheatgenotypes by resistancegenealog-est markers. Genetics and MolecularResearch 10:1098-1110.
- KIANI P., 2007. Analyse génétique des réponses physiologiques du tournesol (Helianthusannus L.) soumis à la sécheresse. Thèse Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Toulouse.

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

-LAMAZE T., TOUSCH D., SARDA X., GRIGNON C., DEPIGNY-THIS D., MONNEVEUX P. et BELHASSEN E., 1994. Résistance de plantes a la sécheresse : mécanismes physiologiques. Le sélectionneur Français, 45: 75-85.

LARCHER W., 1995. Plant under stress. In, Physiological Plant Ecology. 3ème ed. Springer : 321- 448.

-LATIRI K., LHOMME J.P., ANNABI M., SETTER T.L. (2010). Wheat production in Tunisia: Progress, inter-annualvariability and relation to rainfall,. Europ. J. Agron., Vol.33, 33-42

-Legoupil Jean-Claude (1974) ; L'Agronomie Tropicale. Série 3, Agronomie Générale. Etudes Scientifiques, 29 (12) : 1212-1227.

-Lepoivre, P. (2003).Phytopathologie: Bases moléculaires et biologiques des pathosystèmes et fondements des stratégies de lutte. De Boeck Supérieur, 27-28.

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

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

-Mémoire magistère, Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (*Triticum durum Desf.*) au stress hydrique.

-Mefti et al., 2000). Etude de la tolérance à la sécheresse chez quelques populations de *Medicago truncatula* (L.) Gaertn.

-Merizek S.1992.Evolution de la biomasse et des composantes du rendement d'une culture de blé(Waha) conduire en sec et en irrigué .Thèse Ingénieur .INA El-Harrach.p 10.

-Moule. C (1980) ; Bulletin FAO d'irrigation et de drainage N° 35. « La mécanisation de l'irrigation par aspersion », pp91-92.

- Neffar, F. (2013). Analyse de l'expression des gènes impliqués dans la réponse au stress abiotiques dans différents génotypes de blé dur (*Triticum durum*) et d'orge (*Hordeum vulgare*) soumis à la sécheresse. Thèse doctorat en Sciences, Université Sétif. 86p.
- Poorter H. 1989. Interspecific variation in relative growth rate: on ecological consequences. In: Causes and consequences of variation in growth rate and productivity of higher plants.
- Rachedi., 2003 : Les céréales en algérie : problématique et option de réforme, Céréaliculture, N 38, pp 6-9.
- Resolution of sucrose and starch metabolism in potato tubers in response to short-term Water deficit. *Planta*. 201: 502 -518 p.
- Richards R.A., Rebetzke G.J., Condon A.G., Van Herwaarden A.F. (2002). Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. *CropSci*, 42: 111-21.
- Richards R.A., Rebetzke G.J., Van Herwaarden A.F., Duggan B.L., Condon A. (1997). Improving yield in rainfed environments through physiological plant breeding. *Dryland Agriculture*, 36: 254-66.
- Samars, Y., Bressan, R. A., Csonka, L. N., Garcia-Rios, M. G., Paino D'Urzo, M., & Rhodes, D. (1995). Proline accumulation during drought and salinity. In : Environment and plant metabolism, Smirnoff N, ed. Bios scientific publisher, Oxford.
- Singh, T. N., Paleg, L. G., & Aspinall, D. (1973). Nitrogen metabolism and growth in barley plant during water stress. *Aust. J. Biol. Sci.*, 26: 45-56.
- Soltner, D., 1990. Les grandes productions végétales : Céréales, plantes sarclées, prairies. Coll. Sciences et Techniques agricoles. 17^{ème} Ed. 464 pages.
- Soltner. D (1980) ; Les grandes productions végétales, collections de sévices des techniques agricoles.
- Sorrells M.E., Diab A., Nachit M. (2000). Comparative genetics of drought tolerance. *Options méditerranéennes série A (Séminaires méditerranéens)*, 40: 191-201.
- .Souhila .A., Assia douici- Khalfi .(2009). des principales maladies fongiques des céréales en algérie.

- Sun N.Z., 1994. Inverse problems in groundwater modeling, Theory and applications of transport in porous media v. 6, Dordrecht, Boston : Kluwer Academic, 337 p.
- Tahri, E., Belabed, A., & Sadki, K. (1997). Effet d'un stress osmotique sur l'accumulation de proline, de chlorophylle et des ARNm codant pour la glutamine synthétase chez trois variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.). Bulletin de l'Institut Scientifique. Rebat, 21: 81-89 .
- 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 NC. 1986. Adaptation to water deficit: a changing perspective. Aust J Plant Physiol 13: 175- 90 p.
- VESELOVSKY H., 1985. Sunflower growing. J. Sel'skoe Hozayaystvo I lesovodstvo. T.O. XLVIII (In Russian).
- Wall A.M., Ripley R. & Gale M.D. 1971. The position of a locus on chromosome 5B of *Triticum aestivum* affects in homoologous meiotic pairing. Genet Res. 18: 329 - 339 p.
- WANG W., VINO CUR B. et ALTMAN A., 2003. « Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. » *Planta* 218(1): p.1-14
- Wang Y, et al. (2003) Regulation of Ste7 ubiquitination by Ste11 phosphorylation and the Skp1-Cullin-F-box complex. *J Biol Chem* 278(25) :22284 -9.
- Xu W., Campbell P., Vargese A.K. & Braam J. 1996. The Arabidopsis XET-related gene family : environmental and hormonal regulation of expression. *Plant J.* 9: 879 - 889 p.
- YOKOTA A., TAKAHARA K. et AKASHI K., 2006. *Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants*. Springer : 15-39.
- Zhang J., Nguyen H.T., Blum A. (1999). Genetic analysis of osmotic adjustment in crop plants. *J. Exp. Bot.* 50: 291-302.

Tableau 01 : les mesure de hauteur de la tige chez de cinq géotypes.

Géotypes	SDH	ADH	Taux de réduction	MOY SDH	Ecartype s SDH	MOY ADH	Ecartypes ADH
Gloire de Montgolfier	155,7	148,39	4,69	151,425	3,20	144,11	3,20
Waha	82,8	75,49	8,82	72,4	7,09	65,09	7,09
Mexicali75	82,5	75,19	8,86	78,45	3,40	71,14	3,40
Vitron	89,7	82,39	8,14	86,5025	2,86	79,19	2,86
HEDBA3	128	120,69	5,71	122,945	7,23	115,63	7,23
moyenne			7,24%				

Tableau 02 : les mesure de la longueur de dernier entre nœud chez de cinq géotypes.

Géotypes	SDH	ADH	Taux de réduction	MOY SDH	Ecartype s SDH	MOY ADH	Ecartype s ADH
Gloire de Montgolfier	39,5	35,12	11,08	36,9	2,98	32,52	2,98
Waha	33,4	24,02	28,08	30,77	1,93	24,89	1,35
Mexicali75	31,8	30,42	4,33	31,95	1,16	28,32	1,47
Vitron	36,1	36,72	1,71	37,175	0,90	36,04	0,83
HEDBA3	35,2	36,82	4,60	36,9	3,53	36,52	1,31
Moyenne			7,43%				

Tableau 03 : les mesure de la longueur de col de l'épi chez de cinq géotypes.

Géotypes	SDH	ADH	Taux de réduction	MOY SDH	Ecartype s SDH	MOY ADH	Ecartype s ADH
Gloire de Montgolfier	12,3	9,61	21,86	14,425	1,64	11,73	1,64
Waha	15,3	12,61	17,58	15,2	0,47	12,26	0,52
Mexicali75	17,5	16,81	3,94	16,83	0,84	15,58	0,95
Vitron	16	13,31	16,81	14,95	1,36	12,26	1,36
HEDBA3	18	15,31	14,94	16,4	1,31	13,71	1,31
Moyenne			15,03%				

Tableau 04 : les mesure de la longueur de l'épi chez de cinq géotypes.

Génotypes	SDH	ADH	Taux de réduction	MOY SDH	Ecartypes SDH	MOY ADH	Ecartypes ADH
Gloire de Montgolfier	10,2	8,31	18,52	9,5	1,06	7,61	1,06
Waha	8	6,11	23,62	8,6	0,73	6,71	0,73
Mexicali75	7,7	5,81	24,54	8,55	0,84	6,66	0,84
Vitron	8,9	6,01	32,47	9,02	0,12	6,885	0,59
HEDBA3	9,5	7,61	19,89	10,32	0,89	8,435	0,89
Moyenne			23,81%				

Tableau 05 : les mesure le nombre de l'épillet/ épi chez de cinq génotypes.

Génotypes	SDH	ADH	Taux de réduction	MOY SDH	Ecartype s SDH	MOY ADH	Ecartype s ADH
Gloire de Montgolfier	19,5	16,3	16,41	18,37	1,10	15,82	0,56
Waha	23	20	13,04	23,25	1,70	20,5	1,29
Mexicali75	19	16,5	13,15	18,75	0,95	15,87	1,03
Vitron	22	19	13,63	22,75	1,5	19,75	1,5
HEDBA3	20	17	15	20,75	0,95	17,75	0,95
Moyenne			14,24%				

Tableau 06 : les mesure de nombre du grain / épi chez de cinq génotypes.

Génotypes	SDH	ADH	Taux de réduction	MOY SDH	Ecartypes SDH	MOY ADH	Ecartype s ADH
Gloire de Montgolfier	31	23	25,80	29,5	3,87	19	5,22
Waha	44	36	18,18	40,25	6,18	33,5	4,79
Mexicali75	45	37	17,77	47	5,59	39	5,59
Vitron	48	45	6,25	51,25	6,70	47	4,69
HEDBA3	41	38	7,31	42	3,16	36	2,16
Moyenne			15,06%				

Tableau 07 : les moyenne et ecartype de diamètre du grain chez de cinq génotypes.

Génotypes	SDH	ADH	Taux de réduction	MOY SDH	Ecartype s SDH	MOY ADH	Ecartype s ADH
Gloire de Montgolfier	2,23	1,25	43,94	1,9875	0,24	1,30	0,16
Waha	1,7	0,79	53,52	1,72	0,10	0,83	0,10
Mexicali75	2,13	1,15	46,00	2,1275	0,14	1,23	0,22
Vitron	2,49	1,51	39,35	2,37	0,18	1,39	0,18
HEDBA3	2,17	1,39	35,94	2,2525	0,22	1,31	0,23
Moyenne			43,75%				

Tableau 08 : les mesure de la longueur du grain chez de cinq génotypes.

Génotypes	SDH	ADH	Taux de réduction	MOY SDH	Ecartypes SDH	Moyenn e ADH	Ecarpes ADH
Gloire de Montgolfier	18	14,17	21,27	15,75	1,70	11,92	1,70
Waha	15,2	11,37	25,19	14,07	0,87	10,24	0,87
Mexicali75	15,3	11,47	25,03	15,92	0,91	12,09	0,91
Vitron	25,1	21,27	15,25	24,47	2,02	20,64	2,02
HEDBA3	29	25,17	13,20	28,85	1,14	25,02	1,14
Moyenne			19,99%				

Tableau 09 : résultat de sucre soluble chez de cinq génotypes étudié.

Génotypes	SDH	ADH	Taux de réduction	MOY SDH	Ecartypes SDH	MOYADH	Ecartypes ADH
Gloire de Montgolfier	270,46	383,22	41,69	300,75	44,96	391,47	61,20
Waha	367,66	480,42	30,66	367,64	8,16	446,42	24,09
Mexicali75	282,45	349,9	23,88	284,69	12,92	352,76	14,06
Vitron	282,43	352,36	24,76	313,30	52,90	383,23	52,90
HEDBA3	377,66	447,59	18,51	370,61	21,23	489,13	34,58
moyenne			27,90%				



Figure : les cinq variétés de Blé dur étudié.



Photo : les variétés de blé dur testé dans le champ expérimentale.