

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة الجيلالي بونعامة خميس مليانة
Université Djilali Bounaâma de Khemis Miliana



Domaine des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre
Département de Biologie
Filière de l'écologie et environnement
Spécialité de Protection des écosystèmes
Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master

Thème

*Contribution à l'étude du comportement du blé dur
(triticum durum Desf) dans les conditions climatiques du
Haut Cheliff.*

Présenté par :

- IKHLEF HANANE
- CHOUBANE RAHMA

Devant le jury composé de :

Président : MEKHANEG. AEK	MAA UNIV Djilali Bounaâma Khemis-Miliana
Promoteur : Mr.AROUS. A	MAA UNIV Djilali Bounaâma Khemis-Miliana
Examineurs : MR. BADACHE.H	MCB UNIV Djilali Bounaâma Khemis-Miliana
Examinatrice : Mm. NABTL.DJ	MCBUNIV Djilali Bounaâma Khemis-Miliana

Année universitaire : 2018/2019

Remerciements

Pour commencer nous remercions tout d'abord ALLAH le tout puissant et miséricordieux, qui nous a toujours donné la force de passer à travers toutes les épreuves et les découragements, qui nous a aidée à mener à terme Cette étude.

Nous remercions sincèrement notre promoteur Mr AROUS ALI pour ses judicieux conseils. Quelques mots ne suffiront pas à exprimer notre profonde gratitude pour la confiance que vous nous avez accordée en acceptant de superviser ce travail.

Nous tenon à remercier vivement tous les enseignants qui ont contribué à notre formation et principalement l'ensemble des enseignants du département de Biologie, spécialité protection des écosystèmes.

Nos remerciements vont aussi aux personnels :

Nous ne saurions oublier de remercier les honorables membres du jury, Monsieur MEKHANAG AEK qui a bien voulu accepter d'être président de jury, Monsieur BADACH. H et Madame NABTI DJAHIDA qui a accepté la lourde tâche d'être examinateurs de notre travail. Et qui nous ont fait l'immense honneur de présider et d'examiner ce travail.

Nos remerciements vont aussi à tous les responsables et les techniciens par l'Institut technique des grandes cultures de Khemis Milana (l'ITGC KM) qui ont bien participé avec nous, et ceux qui participé aussi de près ou de loin même avec un bon mot humble, sincère et sourire pour l'établissement de ce modeste travail.

A Tous ceux qui nous ferons l'honneur de tenir ce mémoire.

Dédicaces

Au terme de ce travail, nous tenons avant tout à remercier ALLAH le Tout Puissant, le Miséricordieux qui, grâce à sa protection et sa bienveillance, nous a permis d'acquérir le savoir et d'arriver à ce niveau ;

Je dédie ce modeste travail à

Mon père,

Qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

Ma mère,

Qui à œuvrer pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

Mon très cher fiancé Abdelhakim qui m'a éclairé le chemin de la vie par son grand soutien et ses encouragements et qui a toujours aimé me voir réussir ;

A mes très chers frères : Ayoub, Abdelwafi et le petit Zidan.

A ma chère sœur Tourkiya, qui Dieu les protège.

Mes tantes et ces enfants

A toute la famille choubane, tegrirout et telli

A ma Binome Hanane et sa famille.

A mes chères très et fidèles Amis :Zoulikha , Meryeme , Malika , Manal , Nawal , Hanane, Rachida , Sakina et Salima

A mon promoteur Mr Arous Ali.

A toute la promotion du Master 2 protection des écosystèmes de l'année 2018-2019

RAHMA

Dédicaces

A ma très chère mère :

Ma mère qui m'a entouré d'amour, d'affection et qui fait tout pour ma réussite, que dieu la garde ; Puisse le tout puissant te donner santé, bonheur et longue vie afin que je puisse te combler à mon tour.

Mon père

Je dédie cet événement marquant de ma vie à la mémoire de mon père disparu trop tôt. J'espère que, du monde qui est sien maintenant, il apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part d'une fille qui a toujours priée pour le salut de son âme. Puisse Dieu, le tout puissant, l'avoir en sa sainte miséricorde !

Je dédie aussi mes beaux-frères , mes sœurs et leurs enfants , Ikram , Raouf , Walid , Ibrahim , Nadir , Rimas , Naima , et HAMZA , et toute La famille Ikhlef , puisse ce travail témoigner de ma profonde réfection et de ma sincère estime

A Ma chère binôme Rahma et Sa Famille et Mes amis Mouna, malika , Manel, Nawel , Rachida , Fatima , Noussaïba , Hanane , Salima, Sakina , khadija , Amel , Amina , et toutes mes camarades.

A ma promotion de 2eme Master protection des écosystèmes. Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce Projet soit possible, je vous dis merci.

HANENE

Résumé

La sécheresse est le facteur le plus significatif et le plus limitant des cultures en général et du blé dur en particulier, surtout en zones semi-aride.

Ce travail a pour objectif d'étudier les comportements du blé dur dans les conditions climatiques du haut Cheliff (commune Bir Oueld Khelifa) chez cinq variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) Waha , Mexicali75, Vitron, Goloire de Mongolfier et HEDBA3, et les effets de stress hydrique chez ces variétés, et de comparer entre les géotypes étudiés vis-à-vis la résistance aux sécheresse, ceci par la mesure de certains caractères morphologiques et physiologiques et biochimiques ainsi le rendements et ces composants sous différents conditions irrigues et pluviales.

Les résultats obtenus montrent que le régime hydrique a causé un effondrement de la hauteur de la plante, de la longueur du col de l'épi, et aussi une réduction de la longueur du dernier nœud, la longueur d'épi, en plus d'une diminution à la fois du nombre d'épillets par épi, le nombre de graine par épi et le PMG. Ainsi Nous Avons enregistré une forte 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 (*Triticum durum* Desf), stress hydrique, morphologique, physiologique, biochimique, haut Cheliff, résistantes.

Abstract

Drought is the most significant and limiting factor for crops in general and durum wheat in particular, especially in semi-arid areas.

This work aims to study the behaviors of durum wheat under the climatic conditions of the upper Cheliff (Bir Oueld Khelifa commune) in five varieties of durum wheat (*Triticum durum* Desf) Waha, Mexicali75, Vitron, Mongolfier's Goloire and HEDBA3, and the effects of water stress in these varieties, and to compare the genotypes studied with respect to drought resistance, by measuring certain morphological and physiological and biochemical characters and the yields and these components under different irrigated and rain-fed conditions.

The results show that the water regime caused a collapse of the height of the plant, the length of the neck of the ear, and also a reduction in the length of the last node, the length of the ear, in addition to a decrease in the number of spikelets per spike, the number of seeds per spike and the PMG. Thus we have recorded a strong accumulation of soluble sugar.

The study showed that all varieties have the same response to water stress, but to varying degrees.

Key words: Durum wheat (*Triticum durum* Desf), water stress, morphological, physiological, biochemical, high Cheliff, resistant

ملخص

الجفاف هو العامل الأكثر أهمية أكثر تأثيرا معنويا والاكثر تحديدا للمحاصيل عامة والقمح القاسي على وجه الخصوص، لا سيما في المناطق شبه الجافة ويهدف هذا العمل إلى دراسة سلوك القمح القاسي في الظروف المناخية لشلف العليا (منطقة بير ولد خليفة) لخمسة أصناف من القمح القاسي (*Triticum durum* Desf) Goloire de Mongolfier, Mexicali75 و HEDBA3 Waha , Vitron وآثار الإجهاد المائي في هذه الأصناف والمقارنة بين المورثات المدروسة ومقاومتها للجفاف وذلك عن طريق قياس بعض الصفات المورفولوجية والفسيلولوجية والبيو كيميائية والغلة وهذه المكونات في ظل ظروف المروية والغير مروية.

النتائج التي تم الحصول عليها تبين أن نظام المياه تسبب انهيار ارتفاع النبات، طول طوق السنبل، وأيضا انخفاض في طول العقدة الأخيرة، وطول الأذن، بالإضافة إلى انخفاض في كل من عدد السنبل لكل أذن ، عدد البذور لكل أذن وPMG. وكذلك سجلنا تراكمًا قويًا للسكر القابل للذوبان.

أظهرت الدراسة أن جميع الأصناف لها نفس استجابة الإجهاد المائي، ولكن بدرجات متفاوتة.

الكلمات المفتاحية: القمح الصلب (*Triticum durum* Desf)، الإجهاد المائي ، المورفولوجية ، الفيسيولوجية، البيوكيميائية، شلف العليا، المقاومة .

Abstract

Drought is the most significant and limiting factor for crops in general and durum wheat in particular, especially in semi-arid areas.

This work aims to study the behaviors of durum wheat under the climatic conditions of the upper Cheliff (Bir Oueld Khelifa commune) in five varieties of durum wheat (*Triticum durum* Desf) Waha, Mexicali75, Vitron, Mongolfier's Goloire and HEDBA3, and the effects of water stress in these varieties, and to compare the genotypes studied with respect to drought resistance, by measuring certain morphological and physiological and biochemical characters and the yields and these components under different irrigated and rain-fed conditions.

The results show that the water regime caused a collapse of the height of the plant, the length of the neck of the ear, and also a reduction in the length of the last node, the length of the ear, in addition to a decrease in the number of spikelets per spike, the number of seeds per spike and the PMG. Thus we have recorded a strong accumulation of soluble sugar.

The study showed that all varieties have the same response to water stress, but to varying degrees.

Key words: Durum wheat (*Triticum durum* Desf), water stress, morphological, physiological, biochemical, high Cheliff, resistant

Liste des tableaux

Tableau 01: Classification botanique du blé.....	10
Tableau 02 : Principales maladies du blé	25
Tableau 3 : Caractéristiques des variétés et nombre d'individus par variété.....	36
Tableau 04 : Résultats d'analyses physiques du sol.....	37
Tableau 05 : Résultats d'analyse chimiques du sol.....	38
Tableau 06 : Moyenne de la pluviométrie et des températures durant l'année 2018/2019.....	39
Tableau 07 : Analyse de la variance (hauteur de la plante).....	44
Tableau 08 : Analyse de la variance de la Longueur du col de l'épi.....	46
Tableau 09: Analyse de la variance de la longueur de Dernier entre nœud.....	47
Tableau 10: Analyse de la variance du Longueur de l'épi.....	49
Tableau 11: Analyse de la variance du Nombre de l'épillet/épi.....	50
Tableau 12: Analyse de la variance Nombre de grain /épi).....	51
Tableau 13: Analyse de la variance du PMG.....	53
Tableau 14: Analyse de la variance des paramètres physiologiques (RWC).....	54
Tableau 15: Analyse de la variance des paramètres biochimiques (Les sucres solubles).....	55

Listes des figures

Figure 01 : La production céréalière en Algérie 1962/2012.....	06
Figure 02 : Graines de blé dur.....	08
Figure 03 : Stades repères du cycle de développement du blé.....	12
Figure 04 : Schéma d'une graminée typique du blé dur.....	15
Figure 05 : Photo descriptive d'épillet et fleur de blé.....	16
Figure 06 : Schéma histologique d'une coupe longitudinale d'un grain de blé.....	18
Figure 07 : Coupe d'un grain de blé.....	18
Figure 08 : Variation de la production des céréales durant la période 2000-2007.....	21
Figure 09 : Effets du stress hydrique sur la plante du blé dur	27
Figure 10 : Symptômes de stress hydrique sur le blé dur.....	29
Figure 11 : Image satellitaire de la zone de Bir Oued Khelifa.	37
Figure 12 : Dispositif expérimentale.....	38
Figure 13 : Moyennes mensuelles de la pluie et de la température de la campagne 2018/201.....	39
Figure 14 : Evolution de la hauteur de la plante du Blé dur chez Cinq génotypes testés en fonction des deux régimes hydrique adopté.....	44
Figure 15 : Evolution de la longueur du col de l'épi chez les cinq génotypes de blé dur testé en fonction des deux régimes hydrique adopté.....	46
Figure 16 : Evolution de la longueur du dernier entre-nœud chez les cinq génotypes de blé dur testé en fonction des deux régimes hydrique adopté.....	47
Figure 17 : Evolution de la longueur de l'épi chez les cinq génotypes de blé dur testé en fonction des deux régimes hydrique adopté.....	48
Figure 18 : Evolution du Nombre de l'épillet/épi chez les cinq génotypes de blé dur testé en fonction des deux régimes hydrique adopté.....	50
Figure 19 : Evolution du Nombre de grain /épi chez les cinq génotypes de blé dur testé en fonction des deux régimes hydrique adopté.....	51
Figure 20 : Evolution de poids de mille de grain (PMG) chez les cinq génotypes de blé dur testé en fonction des deux régimes hydrique adopté.....	52
Figure 21 : Evolution de la teneur relative en eau (RWC) chez les cinq génotypes de blé dur testé en fonction des deux régimes hydrique adopté.....	53
Figure 22 : Evolution des sucres solubles chez les cinq génotypes de blé dur testé en fonction des deux régimes hydrique adopté.....	55

Liste des abréviations :

ADH : Avec Déficit Hydrique.

ANRH : Agence National des Ressource Hydriques.

C° : Degré Celsius.

Cm : Centimètre.

Cm² : Centimètre carré.

CIC : Conseil International des Céréales.

D.S.A. : Direction De service agricole

F : Test de Fisher

FAO : Food and Agriculture Organisation

Ha : Hectare

Habit : habitant

HP : Hauteur de la plante

INRA : Institut National de Recherche Agronomique

ITGC : Institut Technique des Grandes Cultures

LC : Longueur du col d'épi

LE : La longueur de l'épi

LEPS : Laboratoire d'Ecophysiologie des Plantes sous stress environnementaux

MMT : Million Matrice Tonnes

NE/E : Le nombre d'épillets par épi

NGE : Le nombre de grains par épi

Ns : non significatif.

OATC : L'Office Algérien Interprofessionnel des Céréales.

P : Précipitation

PMG : Le poids de mille grains

PF : poids de la matière fraîche foliaire (mg)

PS : poids de la matière sèche foliaire (mg)

PT : poids de la matière turgide foliaire (mg)

qx : quintaux

SAU : Surface Agricole Utile

SDH : Sans Déficit Hydrique

T : Température.

TRE : teneur relative en eau

USDA : United States Department of Agriculture.

% : Pourcentage.

Sommaire

Remercîment	
Dédicaces	
Résumer	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction	01

CHAPITRE 01 : REVUES BIBLIOGRAPHIQUES

1. les céréales dans le monde et en L'Algérie	03
1.1. Situation céréalicultures.....	04
1.2. Importances des céréales en Algérie.....	05
1.3. Production de céréalière.....	07
2. Généralité sur le blé dur (<i>triticum durum</i> Desf)	08
2.1. Historiques du blé dur.....	08
2.2. Origine du blé dur :.....	09
a. génétiques.....	09
b. géographiques.....	10
2.3. Classification botanique du blé	10
2.4. Cycle de développement de blé dur	11
2.4.1. Période végétative.....	11
2.4.2. Période reproductrice.....	13
2.4.3. Période de maturation	14
2.5. Description générale de la plante	14
2.6. Morphologique et Histologie du blé dur	15
2.7. Exigence du blé dur	18
2.7.1. Exigence Edaphiques	18
2.7.2 Exigence climatique	19
2.8 Culture du blé dur en monde et en Algérie.....	20
2.9. Importance du blé dure en monde et en Algérie.....	21
a. Importance économique	21
b. Importance alimentaire	22
2.10. Production et la consommation du blé dur en Algérie	22

2.11. Contraintes de la production de blé dur :	23
2.11.1. Contraintes climatiques (pluviométrie, température)	23
2.11.2. Contraintes Techniques	23
2.11.3. Contraintes foncières	24
2.11.4. Contraintes économiques	24
2.12. Maladies principales du blé dur et leur traitement	25
3. Effet du stress hydrique sur le développement des plantes	26
3.1. Rôle de l'eau pour la plante	26
3.2. Notion de sécheresse	27
3.3. Concept du phénomène de la sécheresse	28
3.4. Sécheresse et cycle du blé dur	28
3.5. Impact de la sécheresse sur la production du blé dur	29
3.6. Blé dur et stress	31
3.7. Types de stress	31
3.7.1. Stress thermique	31
3.7.2. Stress hydrique	32
3.7.3. Stress salin	32
4. Stratégies de la réponse des plantes au stress hydrique	33
4.1. Stratégie d'esquive	33
4.2. Stratégie d'évitement	34
4.3. Stratégie de tolérance	34
4.3.1. Accumulation des sucres solubles	35
4.3.2. Teneur en chlorophylle	35

CHAPITRE 02 : MATERIEL ET METHODES

2. Objectif	36
2.1. Matériel végétal	36
2.2. Site d'expérimentation	37
2.2.1. Présentation général de haut cheliff	37
2.2.2. Localisation du site expérimental du bir Oueld Khelifa	38
2.2.3. Mise en place de l'essai	38
2.3. Conduit de la culture du blé dur	38
2.3.1. Préparation des semis	38
2.3.2. Fertilisation	38
2.3.3. Désherbage	39

2.3.4. Irrigation.....	39
2.4. Caractéristiques édaphiques.....	39
2.4.1. Caractéristiques physico-chimiques du sol.....	39
2.4.2. Analyse physique du sol.....	39
2.4.3. Analyse chimique du sol.....	40
2.5. Caractéristiques climatiques.....	40
2.5.1. Climat.....	40
2.5.2. Températures.....	40
2.5.3. Précipitations.....	41
2.6. Paramètres mesurés.....	42
2.6.1. Paramètres Morphologiques.....	42
2.6.2. Composantes de rondement	42
2.6.3. Paramètres physiologiques.....	43
2.6.4. Paramètres biochimiques	43
2.7. Analyse statistiques des données.....	44

CHAPITRE 03 : RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Caractérisation morphologiques des génotypes testés.....	43
3.1.1. Hauteur de la plante.....	43
3.1.2. Longueur du col de l'épi.....	45
3.1.3. Longueur de dernier entre nœud	46
3.1.4. Longueur de l'épi	47
3.2. Composantes de rondement	48
3.2.1. Nombre de l'épillet/épi :.....	48
3.2.2. Nombre de grain /épi	50
3.2.3. Poids de mille de grain (PMG)	51
3.3. Paramètres physiologiques.....	52
3.3.1-RWC (teneur relative en eau).....	52
3.4. Paramètres biochimiques	54
3.4.1. Sucres solubles	54
Discussion	56
Conclusion	58

Référence bibliographique

Annexe

Introduction

Les céréales occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans le système agricole. Les céréales sont considérées comme une principale source de la nutrition humaine et animale (**Slama et al., 2005**), selon (FAO, 2007) leur production arrive jusqu'à 2 Milliards de tonnes.

La culture des céréales à paille en générale et celle du blé dur (*Triticum durum*, Desf.) En particulier est confrontée, en zones semi-arides d'altitude, à diverses contraintes climatiques qui rendent le rendement en grain très peu efficace comme critère de sélection. En effet, la majeure partie des emblavures se trouve sur les hautes plaines caractérisées par une altitude assez élevée (800 à 1200 m), des hivers froids, un régime pluviométrique insuffisant et irrégulier, des gelées printanières fréquentes, et l'apparition du sirocco du fin de cycle (**Baldy, 1974**).

Le blé est l'une des principales céréales. Cette plante herbacée annuelle qui produit le grain dont on tire la farine pour faire notamment le pain et les pâtes alimentaires constitue la base de la ressources alimentaires de l'humanité. En effet, La production mondiale de blé en 2008 a été de 686.8 millions de tonnes (**CIC, 2008**), de 700 millions de tonnes en 2011 (**FAO, 2012**), La production mondiale de blé en 2012, est de 690 millions de tonnes.

Tournent qu'autour de 10 à 15 qx/ha, malgré les efforts fournis pour répondre aux besoins alimentaires de la population qui est toujours croissante. Cette faible production est souvent expliquée par l'influence des mauvaises conditions pédoclimatiques associées, notamment à : la désertification, l'érosion, la pollution, les mauvaises pratiques agricoles et la salinisation des sols (**Selmi, 2000**).

En Algérie, une grande partie des terres situées dans les régions arides et semi-arides est occupée par les céréales dont les rendements restent faibles et irréguliers. La culture de blé dur, y occupe une superficie importante, plus d'un million d'hectares (**Benlaribi, 1990**). Cette culture est conduite sous conditions pluviales. Elle est soumise à la variabilité climatique qui se traduit par des contraintes hydriques et thermiques erratiques, notamment dans l'étage bioclimatique semi-aride qui se caractérise par de larges fluctuations spatiotemporelles des quantités de pluies (200 à 600 mm/an) et des températures (**Benseddik et khelloufi, 2000**).

Les stress environnementaux, notamment le stress hydrique, limitent sérieusement la croissance des plantes ainsi que la productivité végétale (**Wang et al., 2003**). En Algérie, la production nationale en blé dur est encore faible (**Allaya, 1998**). La cause principale de cette faiblesse est le bas niveau de productivité (le rendement) obtenu, soit 9 à 11 qx/ha (**Hamadache et al., 2002**). Cette faible productivité est elle-même due à des contraintes

Introduction

abiotiques surtout le stress hydrique (**Kara et al., 2000**). On note dans ce contexte que la sécheresse, présente le principal facteur abiotique, responsable des irrégularités des rendements et de leur faiblesse (**Schiefelbein et al., 1997**).

La recherche d'une meilleure adaptation à la variation environnementale est devenue une nécessité pour stabiliser les rendements de ces régions (**Benmahammed et al., 2010**). La capacité d'évaluer quantitativement les performances des plantes cultivées subissant un stress hydrique est très importante au niveau des programmes de recherche qui visent la réhabilitation et l'amélioration de la production en région semi-aride (**INRA, 2000**).

La plupart des travaux effectués sur le blé dur dans le cadre de l'amélioration génétique de la tolérance au stress hydrique, se sont donnés pendant longtemps pour objectif primordial: l'augmentation de la productivité, une approche basée sur les performances agronomiques. Actuellement, les programmes d'amélioration du blé s'intéressent de plus à l'amélioration génétique de la tolérance au stress hydrique. Cette amélioration exige d'étudier, d'identifier et de vérifier les caractères phénologiques, morpho physiologiques et biochimiques liés au rendement en condition de stress hydrique (**Pfeiffer et al., 2000**).

Pour répondre à cette préoccupation, Ce travail a pour objectif d'étudier les comportements du blé dur dans les conditions climatiques de haut Cheliff (commune BirOueldKhlifa) , et les effets de stress hydrique chez quelques géotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf.), et de comparer entre les variétés étudiés vis-à-vis la tolérance aux sécheresse, ceci par la mesure de certains caractères morphologiques ,biochimique et physiologiques sous différents conditions irrigués et non irrigués.

Notre mémoire est présenté en trois chapitres:

Le premier chapitre (01) a été réservée à une étude bibliographique, pour cerner toutes les données de la problématique par l'étude des différents aspects de déficit hydrique et les mécanismes d'adaptation des plantes à cette contrainte, suivie par une présentation et description de l'espèce étudiée ainsi que son importance économique et leur distribution.

Le deuxième chapitre (02) a porté sur une description du matériel végétal, les conditions de culture et les méthodes d'analyse utilisées dans ce travail.

Le troisième chapitre (03), fait l'objet de la présentation des résultats et leurs discussions obtenues lors dans cette étude. Le mémoire est achevé, par une conclusion e, suivies de la liste des références bibliographiques et des annexes.

Introduction

1. Céréales dans le monde et en L'Algérie.

A. Céréales dans le monde

Les céréales sont des graines alimentaires appartenant à 10 espèces végétales, les 3 les plus employés actuellement : blé, riz et maïs ; à cela s'ajoute l'orge, le seigle, avoine, le sorgho, etc., Les blés sont présentent partout dans le monde où 2 espèces sont particulièrement cultivées : le blé dur (*Triticum durum*) c'est le blé de semoulerie par excellence ; le blé tendre (*Triticum aestivum*), *T. Vulgare*, froment.

La récolte de blé a lieu à différentes époques de l'année quelque part dans le monde : en mars en Inde, en mai en Chine, en juillet-août aux USA et Europe, Algérie, en Canada, en hiver au Argentine et Australie (**Gharib ; 2007**).

B. Céréales en Algérie

Les céréales, socle historique de la diète méditerranéenne, occupent encore aujourd'hui une place prépondérante à la fois dans la production agricole et agroalimentaire de l'Algérie et dans la consommation alimentaire des ménages (**Rastoin et Benabderrazik, 2014**).

B.1. Production céréalière agricole

La production des céréales, jachère comprise, occupe environ 80% de la superficie agricole utile (SAU) du pays, La superficie emblavée annuellement en céréales se situe entre 3et 3,5 million d'ha. Les superficies annuellement récoltées représentent 63% des emblavures. Elle apparait donc comme une spéculation dominante.

Leur production est pluviale (moins de 3% en irrigué) et majoritairement localisée en zone humide et subhumide, dans le nord du pays. Les céréales concernent environ 590 000 producteurs (58% des exploitants agricoles). En Algérie, les exploitants agricoles (tous produits confondus) sont majoritairement petits avec 717 000 exploitations de moins de 10 ha, soit 70% et 230 000 entre 10 et 50 ha, soit 23%. Les grands agriculteurs (20 000, soit 2%) occupent près du quart de la SAU (**MADR, 2003**). On peut estimer que la moitié de la production de céréales en Algérie est réalisée par des exploitations de taille modeste (moins de 50 ha) (**Rastoin et Benabderrazik, 2014**).

B. 2 Consommation

La consommation des produits céréaliers se situe à un niveau d'environ 205 kg /hab/an (**Chehat, 2007**).

Les céréales et leurs dérivés constituent l'épine dorsale du système alimentaire algérien, et elles fournissent plus de 60% de l'apport calorifique et 75 à 80% de l'apport protéique de la ration alimentaire. C'est ainsi, au cours de la période 2001-2003, les disponibilités des blés représentent un apport équivalent à 1505,5 Kcal/personne/jour, 45,533 gr de protéine /personne/j et 5,43 gr de lipide/personne /J (**Djermoun ,2009**).

1.1. Situation céréaliculture

A.Dans le monde

Aujourd'hui les céréales constituent une part importante dans les ressources alimentaire et des échanges économiques dans le monde. Selon la **FAO (2014)**, la production mondiale des céréales atteinte un niveau record, qui dépasse les 2,5 milliards de tonnes avec une surface cultivée autour de 691,4 millions d'hectares, soit plus de 14,4 % de la surface agricole mondiale, parmi ces céréales, le blé est la céréale la plus cultivée au monde.

(**USDA, 2013**), occupant la deuxième place mondiale après le maïs soit 29% de la production mondiale. Les besoins de consommation des populations ne cessent pas à s'aggraver devant une forte évolution démographique.

B.Dans l'Algérie

La céréaliculture Algérienne est essentiellement le blé dur, le blé tendre et l'orge, la production des céréales occupe environ 80% de la superficie agricole utile (SAU) du pays, la superficie emblavée annuellement en céréales se situe entre 3 et 3 ,5 million d'ha (**Djermoun, 2009**).

Les besoins de l'Algérie en céréales sont estimés à environ de 8 millions de tonnes par an, Ces besoins ne cessent pas à la croissance devant une forte évolution démographique (**OAIC, 2013**).En relations avec le marché mondial, les produits céréaliers représentent plus de 40% de la valeur des importations algérienne des produits alimentaires qui occupent le premier rang (**Djermoun, 2009**).

Malgré les efforts consentis, les rendements restent très bas. Leur faible niveau est souvent expliqué par l'influence des mauvaises conditions pédoclimatiques ; cependant, à ces conditions, nous pouvons associer entre autres, une faible maîtrise des techniques culturales (**Chabi et al., 1992**).

Les tendances socio-économiques qui marquent l'agriculture ne sont pas négligeables. Ainsi, l'exode rural, la priorité donnée à l'industrie durant les années 70 ont marqué durablement la céréaliculture algérienne (**Selmi, 2000**).

1.2. Importances des céréalicultures en Algérie

Dans plusieurs régions d'Algérie, les céréales représentent les ressources principales du Fallah, elles constituent la base de la nourriture des Algériens (**Lerin François, 1986**). Les céréales et leurs dérivées constituent l'épine dorsale du système alimentaire Algérien. En effet, elles fournissent plus de 60% de l'apport calorique, et 75 à 80% de l'apport protéique de la ration alimentaire nationale (**Feillet P., 2000**)

En Algérie, les superficies réservées aux céréales sont de l'ordre de six (06) millions d'hectares, chaque année trois (03) à 3,5 millions d'hectares sont emblavés, les restes étant laissés en jachère (non cultivée).

Soit, 70% est destinée particulièrement à la culture de blé, l'orge, et l'avoine n'occupe qu'une faible superficie, même quand les conditions climatiques sont favorables, la superficie récoltée est moins que celle emblavée. La majeure partie de ces emblavures se font dans les régions de : Sidi Bel Abbés, Tiaret, Sétif, El Eulma. Ces grandes régions céréalières sont situées dans leur majorité sur les hauts plateaux. Ceux-ci sont caractérisés par des hivers froids, un régime pluviométrique irrégulier, des gelées printanières et des vents chauds et desséchants (**Belaid, 1996 ; Djekounetal., 2002**)

La production de céréales en Algérie est marquée par une forte irrégularité, elle-même conditionnée par les aléas climatiques. Ainsi, sur les 40 dernières années, on enregistre un écart de 1 à 5 entre une année calamiteuse (9,7 millions de q en 1994) et une année d'abondance (52,5 millions de q en 2009) (Fig1). Cependant, les progrès technico-économiques, s'ils ne parviennent pas à stabiliser la production du secteur, ont permis de l'augmenter significativement.

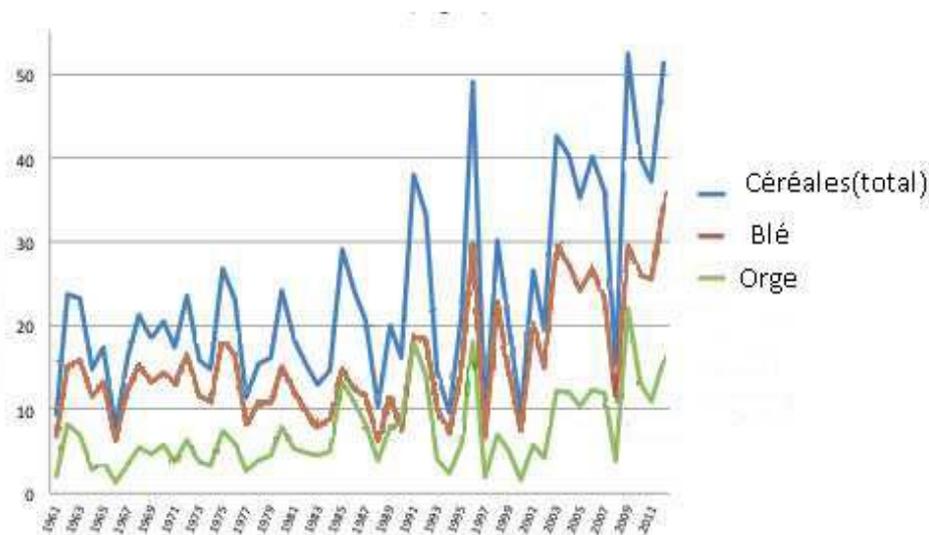


Figure 01 : la production céréalière en Algérie 1962/2012.

Source : F.A.O stat 2012.

La moyenne décennale a ainsi presque doublé entre 1981-90 (18,2 millions de q) et 2001-2010 (34,9 millions de q), avec une progression régulière qui a permis d'accompagner.

La progression démographique (de 19 à 38 millions d'habitants entre 1980 et 2012) (**Jean-Louis & E. H. Benabderrazik, 2014**).

La production moyenne de céréales des 5 dernières années (2008 à 2012), qui a légèrement dépassé 32 millions de quintaux selon la FAO, se répartit de la façon suivante :

- Blé : 19 millions de q (60%).
- Orge : 13 millions de q (40%).

La production de blé se répartit entre blé dur (70% en 2012) et blé tendre (30%), avec une importante variabilité inter annuelle. Le blé dur reste ainsi la céréale prépondérante en Algérie. Généralement bien adapté aux conditions locales, sa production progresse au même rythme que celle du blé tendre (+ 47% entre les moyennes quinquennales 2000-2004 et 2008-2012), contre + 84% pour l'orge, qui reste plus importante que le blé tendre, à plus de 13 millions de quintaux en 2008-2012, contre 8 pour le blé tendre et 19 pour le blé dur (**Jean-Louis Rastoin & El Hassan Benabderrazik Mai 2014**).

Les rendements céréaliers demeurent faibles et très irréguliers : 13,5 q/ha pour le blé (dure et tendre) en moyenne sur 2001-2010, et 13,2 pour l'orge, ce qui se situe loin derrière la productivité des pays méditerranéens de l'Europe et s'explique à la fois par des causes

naturelles (sol et climat), techniques (semences, pratiques culturales) et humaine (organisation et formation des producteurs). On note par ailleurs en Algérie une forte « régionalisation » des conditions de production et donc des niveaux de récolte contrasté d'Est en Ouest, la même année (**Jean-Louis. R & E. H.Benabderrazik, 2014**).

1.3. Production de céréalière

1.9.1. 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 sub-humide 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 sublittorales 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 où 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. Généralité sur le blé dur (*triticum durum* Desf)

Le blé fait partie des trois grandes céréales avec le maïs et le riz. C'est la troisième espèce par importance de la récolte mondiale, et la plus consommée par l'homme. En Algérie, le blé est cultivé pour son grain, c'est une culture qui occupe grandes surfaces. On distingue deux espèces de blé: le blé tendre et le blé dur. Ces deux espèces, se différencient par la friabilité de l'amande.

L'amande du blé tendre est blanche et friable, tandis que celle du blé dur est jaune et plus dure. Au moulin, les grains de blé tendre sont broyés en farine, celles-ci servent à la fabrication de pains, de biscuits, de pâtisseries, de pizzas, de viennoiseries. A la semoulerie, les grains de blé dur sont broyés en semoules, ceux-ci servent à la fabrication de pâtes et de couscous.



Figure 02 : graines de blé dur.

Source : caméra de téléphone, mes photos.

2.1. Historiques du blé dur

La culture des céréales a permis l'essor des grandes civilisations, car elle a constitué l'une des premières activités agricoles. En effet, Il ya plus de trois millions d'années, l'homme préhistorique était nomade, pratiquait la chasse et la cueillette des fruits pour assurer sa nourriture. Le nomadisme a progressivement laissé la place à la sédentarité qui permit la culture des céréales. Le blé est l'une de ces céréales connue depuis l'antiquité (**Ruel, 2006**).

Sa culture remontée au mésolithique vers 7000 avant Jésus-Christ(**anonyme 1981; Ruel, 2006**).

Le blé dur provient des territoires de la Turquie, de la Syrie, de l'Iraq et de l'Iran (**Feldman 2001**).

Le terme blé vient probablement du gaulois blato (à l'origine du vieux français *blaie*, *blee*, *blaier*, *blaver*, d'où le verbe emblaver, qui signifie ensemer en blé) et désigne les grains qui broyés, fournissant de la farine, pour des bouillies (*polenta*), des crêpes ou du pain. On trouve sous le nom de blé des espèces variées: le genre *Triticum* (du latin *Tritus*, *us*= broiement, frottement): le blé moderne (*froment*), l'orge (*Hordeum*) et le seigle (*Secalecereale*), le blé noir (*sarrasin*).

C'est en l'an 300 ans avant JC, que les premiers procédés de panification ont été élaborés par les Egyptiens qui préparaient déjà les premières galettes à base de blé. L'homme sait alors produire sa propre nourriture, en même temps celui-ci acquiert son autosuffisance alimentaire et en ces temps-là, apparaissent les premiers échanges commerciaux. Par la suite, les techniques de panifications se sont améliorées grâce au Hébreux, Grecs et enfin Romains qui en répandent l'usage à travers l'Europe et devenue, un des constituant essentiel de l'alimentation humaine (**Yves et de Buyer., 2000**).

2.2.- Origines génétique et géographique du blé dur (*Triticum durum* Desf.)

La culture de blé est très ancienne, on trouve ses traces dès le néolithique. Le blé a été cultivé 2700 ans avant notre ère en Chine. Les civilisations babyloniennes et égyptiennes sont développées autour du blé (**Moule, 1980**).

2.2.1. Origine génétique

Le blé dur comme le blé tendre appartiennent au genre *Triticum*. Ce genre comporte de nombreuses espèces autres que le blé, qui se répartissent en trois groupes distincts selon leur nombre de chromosomes :

✓ Le groupe diploïde ($2n = 14$ chromosomes) ou groupe de *Tritium monococcum* (engrain, en langage courant).

✓ Le groupe tétraploïde ($2n = 28$ chromosomes) ou groupe de *Triticum dicoccum* (amidonnier), dans lequel on trouve T.durum (blé dur).

✓ Le groupe hexaploïde ($2n = 42$ chromosomes) ou groupe de *Triticum sativum*, auquel appartient *T.sativum* (blé tendre), ou encore appelé *T.vulgare*. (**Anonyme, 1981**).

2.2.2. Origine géographique

Le Moyen Orient serait le centre géographique d'origine. À partir duquel, l'espèce s'est différenciée dans trois centres : la méditerranée, le sud de l'U.R.S.S et le proche et moyen orient. L'Afrique du Nord est considérée comme un centre secondaire de diversification de l'espèce (Chikhi, 1992).

2.3. Classification botanique du blé

Le blé dur est une plante herbacée, appartenant au groupe des céréales à paille qui sont caractérisée par des critères morphologiques particuliers. Le blé dur est une monocotylédone qui obéit à la classification détaillée est donnée par le tableau ci-dessous.

Tableau 01 : Classification botanique du blé.

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

Les Différentes classifications sont basées sur des critères morphologiques et ont été proposées par de nombreux auteurs (Kornicke, 1885 in Grignac, 1965 ; Dalhgreen et Clifford, 1985) Vavilov(1936) cité par Auriou (1967) et Moule (1971) fait intervenir pour la première fois dans la classification l'origine géographique des espèces.

Selon Monneveux *et al.*, (1989), ce type de classification a eu le mérite d'orienter la recherche des gènes susceptibles d'intéresser le sélectionneur sur le plan des caractéristiques agronomiques (résistance aux basses températures, précocité et gros grains vitreux).

2.4. Cycle de développement de blé dur

Le développement représente l'ensemble des modifications phénologiques qui apparaissent au cours du cycle des cultures. Le cycle de développement du blé dur comprend trois périodes bien distinctes (fig. 03).

2.4.1. Période végétative**a. Phase semis-levée**

La germination du grain de blé commence quand il absorbe 25% de son poids d'eau (**Grandcourt et Prats, 1970**). La germination se traduit par la sortie des racines séminales et par la croissance de la coléoptile qui s'entrouvre pour laisser passer la première feuille vers la surface du sol. Pendant cette phase, la jeune plantule vit sur les réserves de la graine (**Boulal et al., 2007**)

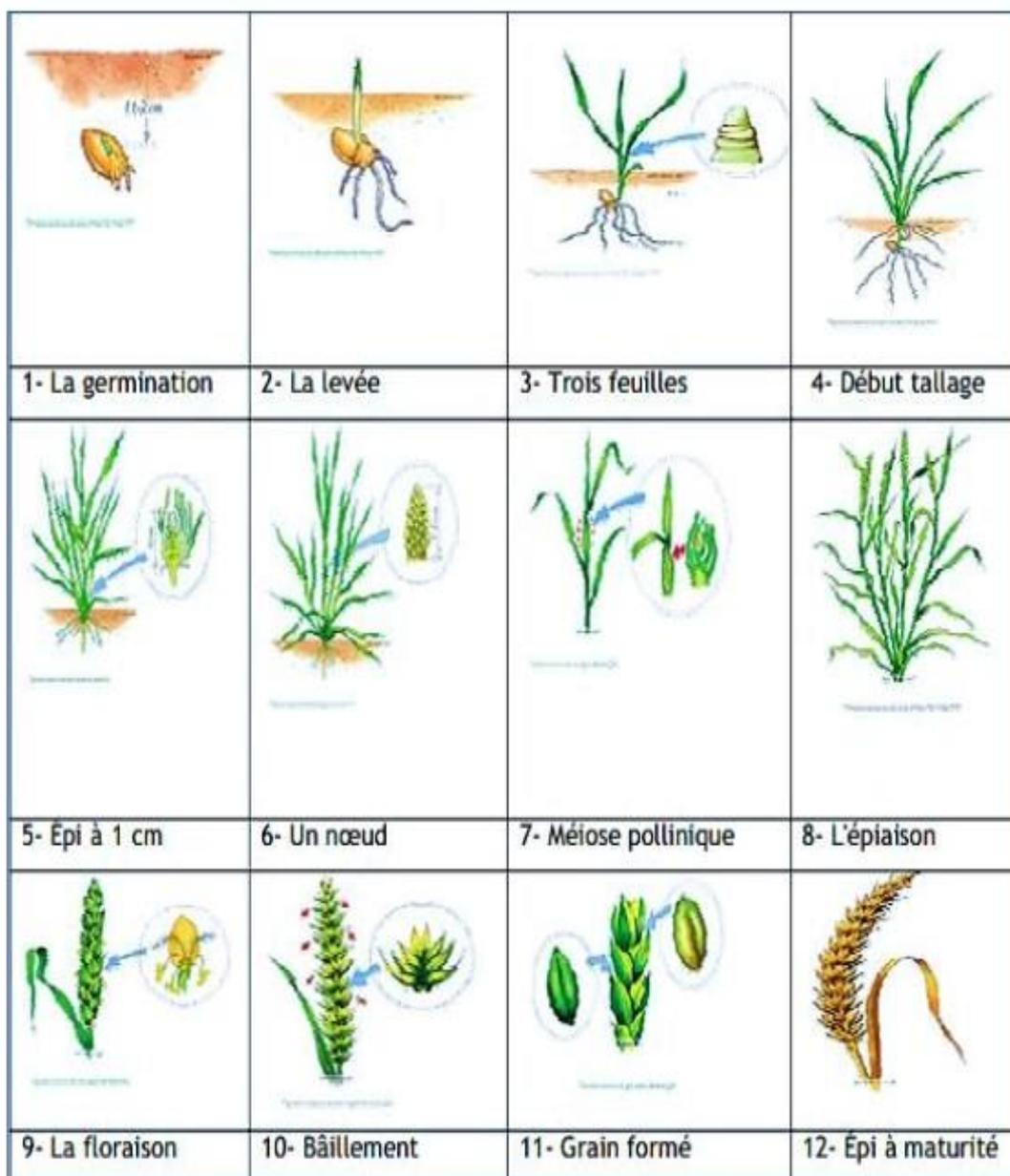


Figure 03: Stades repères du cycle de développement du blé.

Source : blé hybride HYN0 (onglet « le blé en générale »).

b- Phase levée- début tallage

Dès que la première feuille a percé la coléoptile, ce dernier s'arrête de croître et se dessèche. La première feuille fonctionnelle s'allonge, puis la deuxième, la troisième et la quatrième toutes en positions alternées (Boulalet al., 2007). Le tallage est un mode de développement propre aux graminées, il débute à la troisième feuille lorsqu'un renflement apparaît à 2 cm de la surface du sol, c'est le futur plateau de tallage (Grandcourt et Prats, 1970).

A partir du stade 3-4 feuilles, une première tige (talle) apparaît à l'aisselle de la première feuille de la tige principale (**Boulal et al., 2007**).

a. Phase plein tallage-début montaison

Pendant cette phase, en même temps que l'émission des feuilles du maître-brin, des talles apparaissent d'une façon synchrone. Le tallage se caractérise par l'entrée en croissance de bourgeons différenciés à l'aisselle des feuilles. Les talles issues des premières feuilles sont appelées talles primaires. Chaque talle primaire émet une talle secondaire susceptible d'émettre une talle tertiaire (**Boulal et al., 2007**). Ce phénomène correspond en fait à une ramification de la tige principale. De nouvelles racines sortent de la base du plateau de tallage (Zone de la sortie des talles), ce sont les racines secondaires, les racines primaires deviennent inactives (**Bozzini, 1988**).

La fin de cette phase est observée lorsque la jeune inflorescence (apex) est d'environ 1cm au-dessus du plateau de tallage. On atteint donc le stade début montaison qui se caractérise par la différenciation et l'élongation des ébauches des nœuds et d'entre-nœuds (**Boulal et al., 2007**).

2.4.2. Période reproductrice

b. Phase ébauches d'épillets (phase A-B)

Le début de cette phase est marqué par une différenciation de l'ébauche d'épillet sur l'apex qui correspond au stade A. Le stade B est repéré par l'apparition de deux renflements latéraux qui apparaissent sur l'épillet, ce sont les ébauches des glumes (**Boulal et al., 2007**).

a. Phase montaison-floraison (anthèse)

Dès le début de la montaison, on assiste à une différenciation des pièces florales : glumelles, organes sexuels ; et enfin méiose pollinique. En parallèle, la tige et l'inflorescence s'allongent. Les apex des talles se différencient des ébauches d'épillets puis des pièces florales et montent. Seules quelques talles donneront des épis. C'est le tallage épis (**Boulal et al., 2007**).

L'épiaison se caractérise par l'émission de l'épi hors de la gaine de la feuille. La fécondation et l'anthèse suivent de quelques jours l'épiaison. Les épis dégainés fleurissent généralement entre 4 à 8 jours après l'épiaison (**Bahlouli et al., 2005**). La précocité de l'épiaison et de la floraison sont un facteur très recherché dans les environnements où les

facteurs limitant hydriques et thermiques sont souvent une contrainte pendant la période de remplissage des grains (Boulal et al., 2007).

2.4.3. Période de maturation

Au cours de cette période, l'embryon se développe et l'albumen se charge de substances de réserve (Boulal et al., 2007).

La première phase est une phase de multiplication des cellules du jeune grain encore vert, dont la teneur en eau est élevée (grain laiteux). Cette phase est suivie par la phase de remplissage actif du jeune grain dont le contenu en eau devient constant (grain pâteux) (Belkharchouche et al., 2009).

La phase de la maturation du grain est marquée par un arrêt de l'accumulation de la matière sèche et une chute de la teneur en eau du grain. Lorsque le grain devient dur et jaune, on considère que le stade de la maturité physiologique est **atteint** (Boulal et al., 2007).

2.5. Description générale de la plante

Le blé dur (*Triticum durum* sp. *Durum*) une graminée annuelle de hauteur moyenne dont le limbe des feuilles est aplatie. L'inflorescence en épi terminal se compose de fleurs parfaite (Soltner, 1998). 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 (Bozzini, 1988).

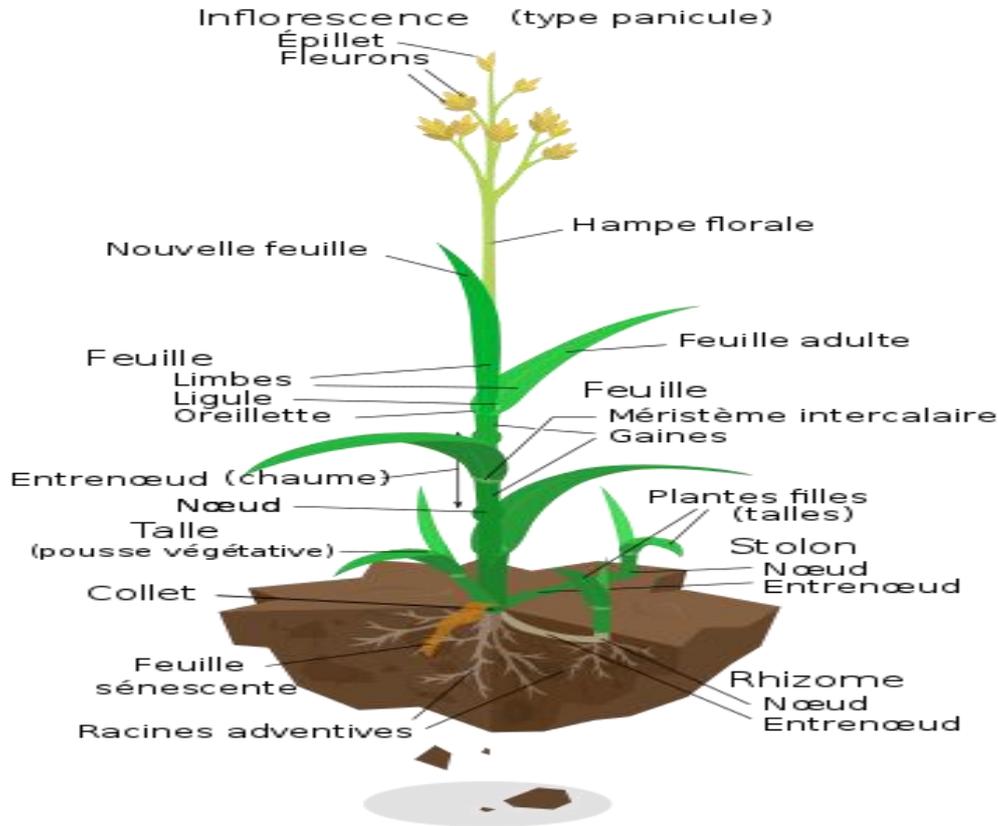


Figure04 : schéma d'une graminée typique du blé dur.

Source : net.

2.6. Morphologie et Histologie du blé dur

2.6.1. Morphologie

2.6.1.1. Appareil racinaire

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

A. Tige et feuille

La tige ne commence vraiment à prendre son caractère de tige qu'au début de la phase végétative, la tige en quelque sorte télescopée à partir d'un massif cellulaire qui forme le plateau de tallage. La tige elle-même ou chaume s'allonge considérablement à la montaison, et porte 7 ou 8 feuilles rubanées, engainantes sur toute la longueur d'un entre nœud. Les feuilles ont des nervures parallèles et sont terminées en pointe. (Clément. 1971).

B. Épi

Il est aussi du bourgeon terminal du plateau de tallage. Lorsque le développement de la tige est terminé, l'épi apparaît enveloppé dans la dernière feuille, et après quelques jours on peut étudier sa structure en détail. C'est l'épiaison.

L'épi comporte une tige pleine ou rachis coudée et étranglée à intervalles réguliers et portant alternativement à droite et à gauche un épillet.

C.Épillets

Ne comportent pas de pédoncule il est attaché directement sur le rachis. Les épillets nombreux (jusqu'à vingt-cinq). Ils représentent Petits groupes de fleurs, inséré sur l'axe de l'épi. Il est protégé à sa base par deux glumes (bractées), les fleurs sont protégées par des glumelles et des glumelles.

Après la fécondation, la fleur donne naissance à un fruit unique, le caryopse ou grain, qui comporte un embryon ou germe plaqué sur les réserves. (Clément .1971).

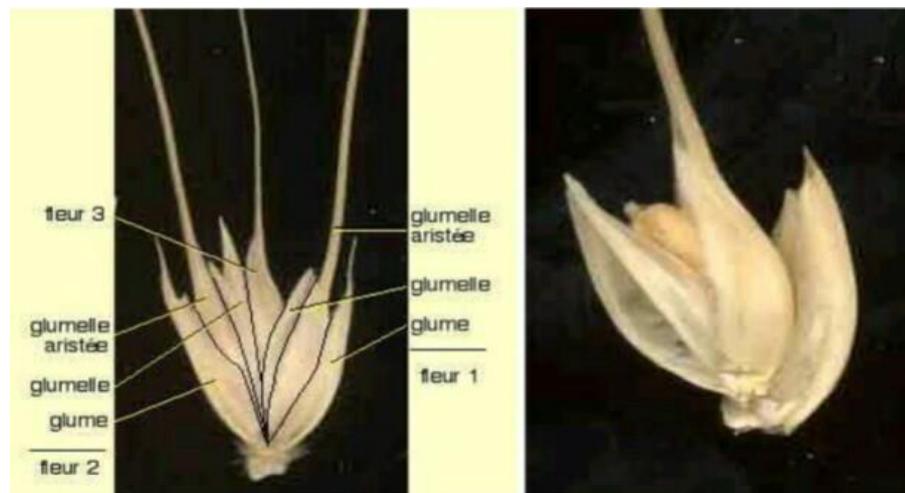


Figure 05: photo descriptive d'épillet et fleur de blé.

2.6.2. Histologie du blé dur

Les graines de blé sont des fruits appelées caryopses. Elles ont une forme ovoïde, possèdent sur l'une de leur faces une cavité longitudinale (le sillon) et à l'extrémité opposée de l'embryon des touffes de poils (la brosse). (GODON ET WILLM.1991)Le grain de blé se compose de trois parties principales:

a. Les enveloppes

Les enveloppes sont de nature cellulosique qui protège le grain et représentent 14-16% de la masse du grain. Elles renferment une teneur importante en protéines, en matières minérales et en vitamine du complexe B; elles contiennent en outre les pigments qui donnent la couleur des grains.

Les enveloppes ont une épaisseur variable et sont formées de trois groupes de téguments soudés.

- Le péricarpe ou tégument du fruit constitué de 3 assises cellulaires :
 - Epicarpe, protégé par la cuticule et les poils.
 - Mésocarpe, formé de cellules transversales.
 - Endocarpe, constitué par des cellules tubulaires.
- Le testa ou tégument de la graine constituée de 2 couches de cellules.
- L'épiderme du nucelle appliqué sur l'albumen sous-jacent. (**GODON et WILLM.1991**).

b. L'endosperme (amande ou albumen)

Constitue presque tout l'intérieur du grain et se compose principalement de minuscules grains d'amidon. On y trouve l'essentiel des réserves énergétiques qui nourrissent la plantule au moment de la germination. Il forme environ 80% du poids d'un grain et est constitué de granules d'amidon enchâssés dans le réseau protéique (gluten).

c. Le germe (embryon)

Il constitue un organe de réserve, riche en protéines et en lipides pour la jeune plantule et forme environ 2,5% à 3% du grain de blé. Le germe comprend deux parties: la plantule (future plante) et le cotylédon (réserve de nourriture très facilement assimilable, destinée à la plantule) qui contient l'essentiel des matières grasses du grain. En fin, le germe est riche en vitamine B1, B6. (**Surget et Barron., 2005**).

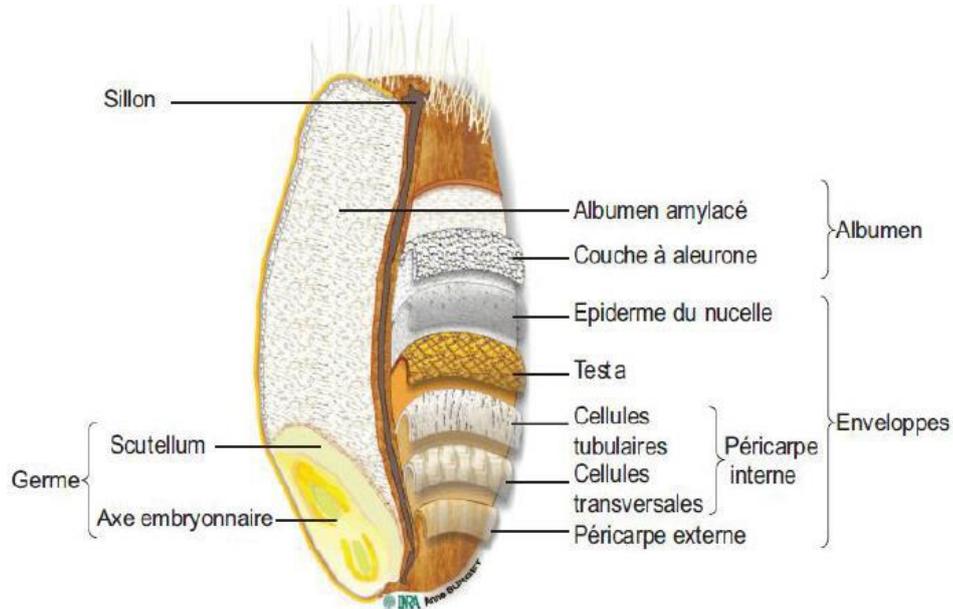


Figure 06 :Schéma histologique d'une coupe longitudinale d'un grain de blé.

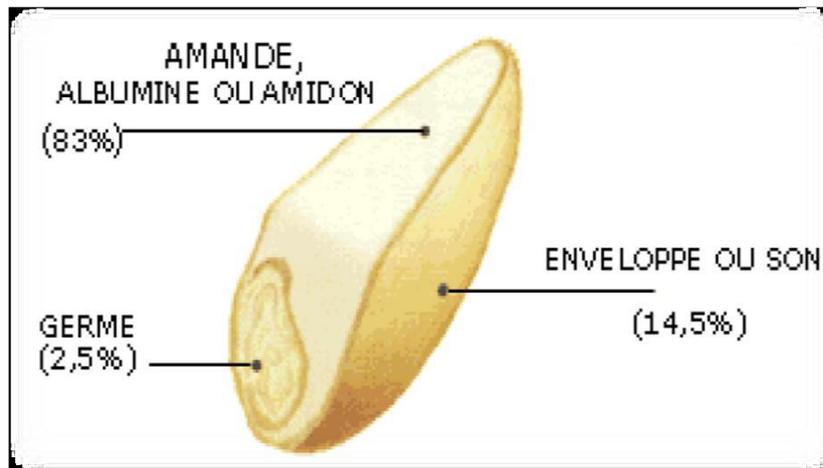


Figure 07 : Coupe d'un grain de blé.

2.7. Exigences de blé

2.7.1. Exigence édaphique

Le blé exige un sol bien préparé, meublé 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.

2.7.2. Exigences climatiques

2.7.2.1. 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 dites d'hiver, cette exigence conditionne la montaison et la mise à fleur (**Clement et Prats, 1970**).

2.7.2.2. L'eau

L'eau joue un rôle important dans la croissance de la plante (**Soltner, 1990**), la germination ne se réalise qu'à partir d'un degré d'imbibition d'eau de 30%. En effet, c'est durant la phase épi

1Cm à la floraison que les besoins en eau sont les plus importants. La période critique en eau se situe entre 20 jours avant l'épiaison jusqu'à 30 à 35 jours après la floraison (**Loue, 1982**). C'est pour ça que le semis est toujours recommandé en culture pluviale.

2.7.2.3. 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.

2.7.2.4. 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.

2.8. Culture du blé dur en monde et en Algérie**2.8.1. Dans le monde**

Selon, **Kantety et al., (2005)**, le blé dur est cultivé sur 10% des superficies réservées aux céréales (blé dur, tendre, riz et maïs). La culture de cette espèce est surtout localisée dans les pays du pourtour méditerranéen (Algérie, Maroc, Espagne, France, Italie, Grèce, Syrie), le Kazakhstan, l'Ethiopie, l'Argentine, le Chili, la Russie, le Mexique, le Canada (**Ammar et al., 2006**).

La production mondiale de blé dur est de 29.3 millions de tonne moyenne annuelle pour la période 1988/1997 (**ADE ,2000**). Les plus grands producteurs de blé dur dans le monde sont l'Union Européenne avec une moyenne de production de 7,9 millions de tonnes (1987/1997). Cette production le fait de quatre pays membre : l'Italie, la Grèce, la France et l'Espagne, avec une production moyenne annuelle respectivement égale à : 4,1 ; 1,5 ; 1,4 et 0,9 millions de tonnes. En dehors, de la Communauté Européenne les autres pays gros producteurs sont la Turquie, le Canada, les Etats-Unis d'Amérique dont la production est respectivement 4,3 ; 4,0 ; et 2,5 millions de tonnes.

2.8.2. En l'Algérie

En Algérie, la superficie consacrée traditionnellement aux céréales varie de 3 à 3,5 millions d'hectares. Le blé dur occupe une place privilégiée suite à son utilisation dans l'alimentation quotidienne de la population sous diverses formes. La superficie moyenne de blé dur varie de 0,82 à 1,49 million ha pour la période 2000 à 2007. Les rendements restent faibles et très variables d'une année à l'autre, à l'image de la production qui varie de 4.9 à 20 millions de quintaux/an pour la même période La culture des céréales d'hiver demeure encore difficile à maîtriser tant que celle-ci reste confrontée et soumise à plusieurs contraintes (aléas climatiques, faible maîtrise de l'itinéraire technique, etc.).

La faiblesse de la production céréalière en Algérie découle en majeure partie des faibles potentiels des rendements. Il est donc impératif de faire accroître les rendements à l'hectare, parcequ'il n'est plus possible d'étendre les superficies consacrées aux céréales d'hiver (**Benbelkacem et Kellou, 2001**). D'après **Acevedo (1989)**, les futurs progrès visent l'accroissement du rendement dans les zones défavorable par le biais du développement de cultivars à adaptation spécifique au stress de l'environnement.

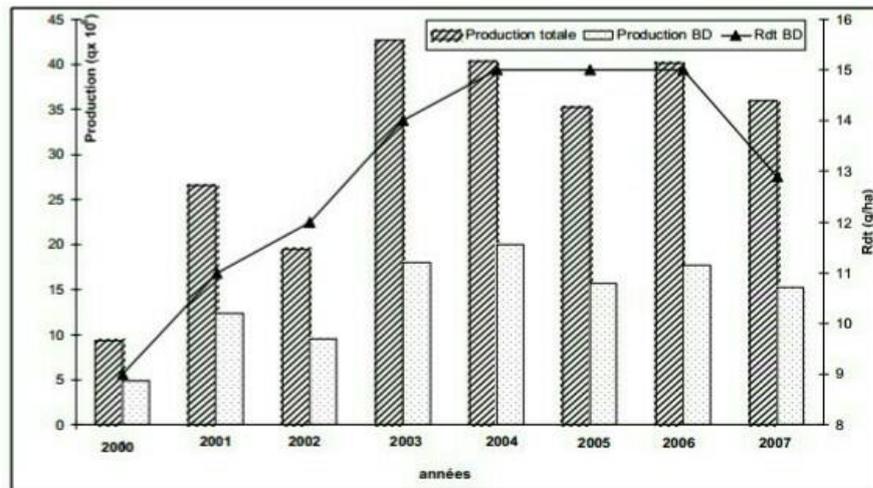


Figure 08 : Variation de la production des céréales durant la période 2000-2007.

2.9. Importance du blé dur

a. Importance agronomique

Tous les nématodes phytoparasites sont des parasites obligatoires qui se nourrissent exclusivement du cytoplasme des cellules vivantes des plantes. Les coûts engendrés par les attaques des nématodes sont, selon **Blanchard (2007)**, imputables aux baisses de rendement, aux problèmes de qualité, à l'augmentation d'irrigations pour pallier les perturbations subies par le système racinaire des plantes parasitées et aux traitements nématicides très coûteux.

S'ajoutent à cela les problèmes environnementaux liés à la toxicité de ces produits.

b. Importance économique

H. avenae est le nématode causant le plus de dégâts aux cultures céréalières de par sa répartition géographique et sa gamme d'hôtes (**Ritter, 1982**). Selon **Barker et al., (1998)** cité par **Pokhare et al., (2012)**, les nématodes à kystes des céréales, principalement *H. avenae*, causent près de 78 billion \$ comme pertes sur la culture du blé dans le monde.

On estime cependant que les pertes de rendement causées par *H.avenae* peuvent être de l'ordre de 50% dans les cas les plus graves et au moins de 5 à 10% dans les zones céréalières en France (**Ritter, 1982**). En Australie, et selon **Brown (1984)**, plus de 2 millions d'hectares des céréales à Victoria et au Sud de l'Australie sont infestés. Les pertes de rendement sont estimées sur le blé uniquement à plus de 72 millions \$ AUS annuellement. En Inde, ce nématode cause la maladie de Molya sur les céréales et induit des pertes allant de 4 à 32 % (**Singh et Yadav, 1986**). Ces pertes varient de 40 à 50% dans la région de Rajasthan et parfois peuvent atteindre 64% (**Rajvanshi et Sharma, 2007**).

Toutefois, des densités croissantes du nématode réduisent significativement les différentes composantes du rendement de blé dur avec des pertes allant de 26 à 96% (**B'Chiretal., 2007**).

c. Importance alimentaire

Les blés constituent la première ressource alimentaire de l'humanité, et la principale source de protéines. Ils fournissent également une ressource privilégiée pour l'alimentation animale et de multiples applications industrielles. (**Bonjean et picard, 1991**).

Le blé occupe la première place pour la production mondiale et la deuxième après le riz, comme source de nourriture pour les populations humaines, il assure 15% de ses besoins énergétiques. Le blé est cultivé principalement dans les pays du bassin méditerranéen à climat arides et semi-arides là où l'agriculture est dans la plus mauvaise passe. Ces régions se caractérisent par l'augmentation de la température couplée à la baisse des précipitations, en plus la désertification et la sécheresse. (**Abeledo et al., 2008**).

En Algérie la céréaliculture constitue la principale activité, notamment dans les zones arides et semi-arides. Les terres annuellement emblavées représentent 3,6 millions d'hectares. Le blé dur est une ancienne culture dont l'origine remonte à la venue des arabes.

La superficie occupée par le blé dur est, en moyenne, de 1.3 millions d'hectares, durant la période 2000-2010.

2.10. Production et consommation du blé dur en Algérie

Chaque année, environ 3,3 millions d'hectares sont consacrés à des cultures céréalières dont environ 1,5 million d'hectares sont plantés de blé dur, 600 000 hectares de blé tendre, la récolte de céréales a atteint 4 MMT dont le blé panifié représentait 1% de la production totale. Le blé étant le produit de consommation de base, les habitants des pays magrébins sont les

plus gros consommateurs de cette denrée au monde notamment l'Algérie avec près de 600 grammes par personne et par jour (**Abis, 2012**).

Cette consommation de blé a légèrement augmenté ces dernières années en raison de l'urbanisation accrue, de la croissance de la population et de l'augmentation de la capacité de broyage, mais devrait rester plus ou moins stagnante (**Hales et Rush, 2016**).

Selon la FAO durant l'année 2014 l'Algérie est classée en quatrième position au niveau Africaines et à la dix-septième position au niveau mondial avec une production du blé de 2.4 millions de tonnes, colletée est constituée en moyenne de blé dur 58,7%, blé tendre 33% (**FAO, 2014**).

2.11. Contraintes de la production de blé dur

a. Contraintes climatiques

Les variations interannuelles de la production de blé sont des 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 gelés 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

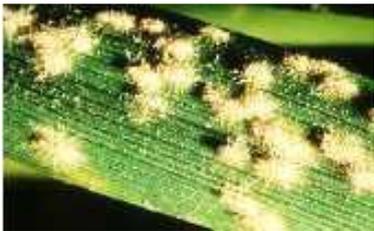
Le statut de la terre d'une part, le morcellement et la dimension des exploitations, d'autre part, constituent des entraves aux tentatives d'amélioration de la production céréalière (**Anonyme, 1999**). D'après (**Rachedi, 2003**), 60 % des superficies se trouvant situées sur des terres peu productives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

2.12. Maladies principales du blé dur et leur traitement

Tableau 02 : Les principales maladies du blé

Maladies	Dégâts	Recommandation
<p>Rouille brune et jaune</p> 	<p>(Rouille brune) Les symptômes apparaissent à partir de février, les attaques peuvent être dévastatrices sur les variétés sensibles si printemps humide -(Rouille jaune) Moins répandue que la Rouille brune -Répondue dans les régions humides</p>	<ul style="list-style-type: none"> - les procédés chimiques - les techniques culturales - variétés résistantes - éliminer les gites d'hiver - Utiliser les variétés résistantes, et diminuer le blé dans la rotation
<p>L'oïdium</p> 	<p>un champignon qui attaque les feuilles, les tiges et les épis 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 %)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Rotation des cultures. - Variétés résistantes. - Traitement de semences.
<p>Septoriose</p> 	<p>Les symptômes peuvent apparaître à n'importe quel stade de la culture sous un climat chaud et humide</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Traiter à l'aide des produits chimiques - utiliser les semences traitées et certifiées, et les variétés résistantes ; - éviter les semis denses - enlever les résidus de récolte du précédent - éradiquer les plantes hôtes
<p>Carier et charbon</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Les grains sont transformés par une masse poudreuse noirâtre à odeur de poisson pourri - les fleurs sont transformées par une poussière noirâtre 	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliser les procédés culturaux et les procédés chimiques. - traitement des semences - la lutte est difficile il faut éliminer les épis charbonnés

<p>Helminthosporiose</p> 	<p>se manifeste sur les feuilles et les grains foliaires sous forme des taches losangique ou allongées de couleur brune violacée</p>	<ul style="list-style-type: none"> -lutter chimiquement - Utiliser les variétés résistantes et éviter les semis denses -traiter des que les pourcentages d'attaque dépasse
<p>La fusariose</p> 	<p>un champignon forme qui infecte les grains, les semis et les plants adultes. Il existe deux types de souches ; <i>Fusarium roseum</i> se trouvera sur les épis et <i>Microdochium nivale</i> se situera sur les feuilles.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Rotation des cultures. - Bonne préparation du sol avec enfouissement léger des matières organiques. - Traitement des semences. - Traitement fongicides en végétation (montaison-épiaison)

3. Effet du stress hydrique sur le développement des plantes

3.1. L'eau dans la plante

L'eau a un rôle fondamental dans la vie des plantes. Dans la mesure où elle conditionne leurs activités physiologiques et métaboliques. Elle est le vecteur des éléments nutritifs de la plante (Riou, 1993).

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

L'eau contribue au maintien de la structure de la cellule et en particulier de la structure colloïdale du cytoplasme.

Elle intervient dans les réactions métaboliques comme l'hydrolyse ou la photosynthèse, elle est donc en ce sens un aliment pour le végétal.

Elle véhicule les nutriments minéraux et les produits du métabolisme.

Par son rejet dans l'atmosphère sous forme de vapeur, elle emprunte à la plante sa chaleur latente de vaporisation. Elle permet à celle-ci de supporter les rayonnements solaires et les divers échauffements climatiques.

La richesse en eau des plantes est variable selon les espèces, les organes et les milieux de vie. En effet, une salade peut contenir 90 à 93 % d'eau, une feuille est composée souvent de 80 à 90 % d'eau et le bois fraîchement coupé peut renfermer 30 à 50 % d'eau (Leclerc,

1999). Il faut 1500 litres pour obtenir 1kg de blé, 500 litres d'eau pour 1kg de maïs et 4500 litres d'eau pour 1kg de riz (Bernard, 2006).

Un manque d'eau au niveau du sol peut affecter le contenu en eau de feuille, le transport et l'accumulation des éléments nutritifs et par la même la croissance des plantes cultivées annuelles (Nana et al., 2010).

3.2. Notion de sécheresse

La sécheresse est l'état du sol au environnement correspondant à un manque d'eau, sur une période significativement longue pour laquelle ait des impacts sur la flore naturelle ou cultivée.

Une sécheresse se définit comme un déficit en pluie, conjoncturel, significatif, pendant une période assez longue (saison, année, voire plusieurs années)

Il y a sécheresse dès lors que l'eau devient facteur limitant de la croissance de rendement (Deraissac, 1992).

Selon Gate (1997), le stress hydrique (ou le déficit hydrique) s'installe dans la plante quand l'absorption ne peut pas satisfaire la demande de la transpiration. La plante perd une partie de son eau d'imbibition et la majeure partie des processus physiologiques commencent à être affectés.



Figure 09: effets stress hydrique sur la plante du blé dur.

Source : net

3.3. Concept du phénomène de la sécheresse

Selon **François et Christian (2005)**; On parle de la sécheresse lorsque la pluviométrie est évidemment insuffisant par rapport aux valeurs moyennes ou normal de pluviométrie d'une région, provoque une diminution de quantité d'eau emmagasinée dans le sol ce qui se traduit par des effets négatifs sur les végétaux et les besoins d'eau en agriculture.

Il existe plusieurs types de sécheresse ; la sécheresse météorologique, hydrologique, agricole et socio-économique (**Wilhite et Buchanan, 2005**).celles qui sont en relation avec l'agriculture sont ci-après :

Sécheresse météorologique : Elle est basée sur le degré d'aridité d'une période sèche par rapport à la normale (médiane ou moyenne) et sur la durée de cette période sèche.

Sécheresse hydrologique : qui est la diminution des ruisseaux et des rivières .Elle intervient après l'épuisement de la réserve en eau des sols. A ce niveau, on parle de sécheresse hydrologique. Quand cette situation s'aggrave encore, alors les nappes phréatiques, puis souterraines disparaissent au fur et à mesure.

Sécheresse agricole : Elle est attachée au taux d'humidité du sol agricole à 1 metre de profondeur. Lorsqu'elle a lieu, la réserve utile des sols des végétaux s'épuise et peut entrainer des effets dramatique sur les plantes .Cela ralentit la montée de la sève.

3.4. Sécheresse et cycle du blé dur

Selon (**Benseddik et Benabdelli, 2000**). Il faut noter que les céréales sont confrontées à plusieurs types de sécheresse qui les affectent au cours de leur cycle de développement, il s'agit de :

- ❖ La sécheresse au début de cycle végétatif et qui affecte l'installation de la culture ;
- ❖ La sécheresse du milieu de cycle végétatif et qui affecte principalement la fertilité des organes reproducteurs de la plante.
- ❖ La sécheresse de fin de cycle végétatif qui affecte la formation et le remplissage du grain.

3.5. Impact de la sécheresse sur la production du blé dur

3.5.1. Symptômes sur la plante

Le premier effet du déficit hydrique est sur le limbe de la feuille. Il a le plus souvent une taille réduite. Visuellement, la feuille se redresse, se replie selon le type de variété.

Le deuxième symptôme remarquable est sur la hauteur des tiges. Un déficit de début montaison affecte l'allongement des premiers entre-nœuds tandis qu'un déficit de fin de montaison, plus fréquent réduit la longueur des derniers entre-nœuds et du col de l'épi. En plus de la hauteur, on observe aussi des peuplements épis anormalement faibles (**Gate, 1997**).



Figure10 : symptômes de stress hydrique sur le blé dur.

Source : net.

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

L'effet du stress dépend de son degré, sa durée, le stade de développement de la plante, le génotype et son interaction avec l'environnement (**YOKOTA et al., 2006**). Selon son intensité et sa date d'apparition au cours du cycle de développement, les blés subissent des déficits hydriques qui affectent plusieurs variables de la plante (**EL MOURID, 1988 ; EL FALAH et al., 1991 ; SAMARAH, 2005 ; TAMBUSSI et al., 2005**).

Les effets de sécheresse ont été largement abordés durant les dernières décades à différents niveaux d'organisation et de fonctionnement de la plante, les travaux couvrent des domaines allant de l'écophysiologie au métabolisme cellulaire (**CHAVES, 1991 in MERAH, 1999**).

Les réductions de croissance sont l'une des premières manifestations du déficit hydrique (**KARAMER et BOYER,1995 ; SAAB et SHARP,2004**). Elles se produisent soit directement au travers d'une réduction de vitesse de croissance par inhibition de la division cellulaire (**GRANIER et al., 2000**),diminution de la surface des feuilles et par conséquent ,la turgescence décroît (**LEPS.,2000 ;BOUCHABKE et al., 2006 ;MOUELLEF,2010**),et une réduction significative de la production de biomasse totale (**ALBOUCHI et al., 2003**) ;soit indirectement en réduisant le nombre d'organes portant des feuilles .

Chez les graminées, le nombre de talles est réduit en cas de déficit hydrique (**COURTOIS et al., 2000 in ATTIA, 2007**). les processus en jeu et les signalétiques sont encore assez mal connus mais ,il s'agit de contrôles actifs de la plante mettant en jeu des signalétiques hormonales et l'expression de gènes induits par le stress ,et non la conséquence passive du stress ou d'un manque de nutriments (**KIANI et al., 2007**).

Le rendement en grains chez le blé dépend fortement du nombre de grains par épi, du poids de grain par épi et du nombre d'épis par m² (**TRIBOÏ, 1990**).l'effet du déficit hydrique sur ces composent, et par conséquent sur le rendement, dépend du stade au cours duquel ce déficit survient (**DEBAEKE et al., 1996**).

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

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

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

Il existe une variation génotypique dans la morphologie des systèmes racinaires de blé face à une sécheresse (**KAROU,1992 ;GREGORY ,2006 ;RICHARDS et al., 2007 ; PALTA et WATT,2009 ;LILIEY et KIRKEGAARD ,2011**).Elle utilise pour améliorer le rendement dans ces environnement avec une augmentation du taux d'élongation des racines

en profondeur (CHRISTOPHER *et al.*, 2008; LOPES et REYNOLDS, 2010; LILIEY et KIRKEGAARD,2011). Selon DAALOUL *et al.*, (2002), démontre qu'en condition de déficit hydrique , le blé dur intensif la longueur des racines séminales ainsi que leur ramification dans les couches de sol les plus humides .BENLARIBI *et al.*,(1990) . observent que le déficit hydrique affect significativement le nombre de racines chez le blé dur, réduisant le volume et la masse racinaire (KHALDOUN *et al.*, 1990).La réduction du volume traduit non seulement une réduction de la croissance ,mais aussi une diminution du diamètre. Cette réduction engendre une augmentation de la résistance au transfert de l'eau vers la partie aérienne.

3.6. Blé dur et stress

3.6.1. 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).

3.7. Type de stress

3.7. 1. Stress thermique

Le stress thermique possède des effets non négligeables sur la croissance du blé dur au cours de ses phases végétatives et sur le rendement et ses composantes s'il apparaît en fin de cycle durant les stades de remplissage et maturation.

Selon Gate (1993), les températures élevées réduisent en premier lieu la taille et le poids des organes (comme la hauteur et la biomasse de la tige, le poids des grains...) et diminuent aussi la taille des puits qui sont à leur origine

L'abaissement brutal de la température, en dessous de 0 °C, provoque de nombreuses perturbations au sein du végétal. Lorsque la température chute fortement, des cristaux de glace se forment dans les espaces intercellulaires déshydratant les cellules dont l'eau est appelée vers ces espaces. La membrane plasmique perd sa perméabilité spécifique et il y a perturbation du fonctionnement cellulaire (**Levitt, 1980**).

3.7.2. Stress hydrique

Le stress hydrique est l'un des stress environnementaux les plus importants, affectant la productivité agricole autour du monde (**Boyer, 1982**). Il occupe et continuera d'occuper une très grande place dans les chroniques agro-économiques. C'est un problème sérieux dans beaucoup d'environnements arides et semi-arides, où les précipitations changent d'année en année et où les plantes sont soumises à des périodes plus ou moins longues de déficit hydrique (**Boyer, 1982**). 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**).

3.7.3. Stress salin

Le stress salin est défini comme une concentration excessive en sel. Le terme stress salin s'applique surtout à un excès des ions, en particulier Na⁺ et Cl⁻ (**Hopkins, 2003**). La salinité des sols constitue l'un des principaux stress abiotiques limitant la croissance des plantes cultivées. Cette salinité peut être naturelle ou induite par les activités agricoles comme l'irrigation ou l'utilisation de certains types d'engrais (**Jabnoue, 2008**). Actuellement, sur 1.5 milliard d'hectares de terre cultivée dans le monde, environ 77 millions d'hectares (5%) sont affectés par la teneur excessive en sel. Ce chiffre ne cesse d'augmenter d'une année à l'autre à cause de la mauvaise qualité de l'eau d'irrigation (**R'him et al., 2013**).

4. Stratégies de la réponse des plantes au stress hydrique

Les végétaux sont caractérisés par une grande capacité à résister aux variations importantes de la teneur en eau de leurs tissus. Néanmoins lorsque l'alimentation en eau est interrompue, la plante a du mal à répondre à la demande climatique. La résistance globale d'une plante au déficit hydrique apparaît comme le résultat de nombreuses modifications. Toutes les plantes développent, à des degrés divers, des mécanismes de résistance au stress hydrique. Mais, **Josis et al., (1983)** estiment que la fermeture des stomates est le principal sinon le seul moyen dont dispose la plante pour réguler son déficit hydrique interne, par conséquent, résister à la sécheresse. Toutefois, **Levitt et al., (1960)** de même que **Turner en 1979** s'accordent à distinguer globalement trois mécanismes de résistance chez les espèces cultivées : l'évitement, l'esquive et la tolérance.

4.1. L'esquive ou l'échappement

L'esquive consiste en un ensemble d'astuces dont se sert la plante pour conserver le potentiel hydrique de ses tissus à un niveau assez élevé durant les périodes de déficit hydrique afin d'éviter leur déshydratation.

La plante réalisée à son cycle pendant la période favorable en réduisant voire en annulant les effets du stress hydrique qui se produit au cours d'une phase sensible ou critique.

La précocité chez les céréales en zones méditerranéennes est un mécanisme largement exploité par les agriculteurs. Mais il n'est pas sans présenter des inconvénients (**Blum, 1988**).

De nombreux travaux ont montrés l'existence d'une corrélation positive entre la longueur du cycle et le rendement potentiel. L'adoption d'une telle stratégie par l'utilisation de variétés précoces entraîne le sacrifice d'une part de productivité.

L'exploitation de l'esquive comme stratégie d'adaptation aux stress s'est faite dans le contexte agricole en cherchant à faire coïncider le développement de la culture ou du moins les phases les plus sensibles avec les périodes où le stress est moins intense. Ceci s'est fait par des études de l'influence de la variabilité de la durée des phases de développement sur la productivité de la plante, dans le but de déduire la durée la plus optimale pour que les stades sensibles puissent se réaliser à des périodes où les risques de stress sont moins pénalisants (**Witcombe et al., 2009**).

4.2. L'évitement

Consiste en un certain nombre de mécanismes permettant à la plante d'effectuer son cycle complet de développement en dehors des périodes de déficit hydrique important.

La stratégie d'évitement permet à la plante de traverser des périodes de sécheresse en privilégiant la limitation de la perte en eau, ce qui restreint la chute de potentiel hydrique des tissus. Les pertes d'eau peuvent être minimisées à court terme par le contrôle de la transpiration par la régulation stomatique et, à plus long terme, par la diminution du rayonnement absorbé grâce à l'enroulement des feuilles, au développement d'une couche dense de trichomes ou à la modification de l'angle des feuilles (**Larcher, 2000**). Elle résulte aussi à plus long terme de la réduction de la surface foliaire et de l'arrêt de croissance (**Chaves et al., 2003**). De plus, l'absorption d'eau est maximisée en favorisant l'allocation de ressources au profit de la prospection racinaire qui se traduit par un accroissement du root/shoot ratio. Cette stratégie «économe en eau », bien que favorable au maintien du statut hydrique du végétal, est pénalisante pour le gain de carbone (**McDowell et al., 2008**).

4.3. Stratégie de tolérance

Cette stratégie consiste à maintenir les fonctions de la plante, croissance, transpiration et la photosynthèse, malgré le déficit hydrique (**Jean-pierre et al., 2006**). La tolérance à la déshydratation implique des mécanismes intra cellulaires qui visent à préserver l'intégrité structurale et fonctionnelle des tissus lorsque le potentiel hydrique diminue (**Laurent et Sané, 2007**). L'ajustement osmotique est un exemple d'une telle adaptation, il permet le maintien d'une turgescence positive pour des teneurs en eau relativement faible (**Hopkinsw ,2003**). L'ajustement osmotique, il consiste en la synthèse des molécules solubles, ce qui se traduit par une plus grande capacité d'attraction et de rétention des molécules d'eau. Ces molécules, appelées osmoticum, s'accumulent le plus souvent dans le cytoplasme (**Nabors, 2008**). Cette forte accumulation de solutés ioniques ou organiques dans les cellules provoque une diminution du potentiel osmotique. Les principales substances accumulées en réponse aux stress osmotiques peuvent être des acides aminés (proline, alanine), des sucres (saccharose, tréhalose, fructanes), des ions quaternaires (bétaines, proline- bétaine), des ions inorganiques (K⁺) ou encore des acides organiques (malate, glutamate, citrate), des hormones (acide abscéique) (**Hopkinsw. 2003**). La nature des osmolytes impliqués dans l'ajustement osmotique est généralement spécifique de l'espèce étudiée. Les solutés organiques ne

perturbent généralement pas ou peu le métabolisme des cellules et sont qualifiés à ce titre d'osmoticum compatibles (**Radhouane, 2011**).

4.3.1. Accumulation des sucres solubles

Les sucres sont considérés par plusieurs auteurs comme des bons osmorégulateurs qui peuvent jouer un rôle important dans l'ajustement osmotique et l'adaptation des plantes à la sécheresse (**Slam, 2002**). Les sucres sont qualifiés d'osmolytes compatibles. Les osmolytes compatibles s'accumulent principalement dans le cytosol. Un osmolyte compatible est une molécule qui reste exclue de la surface d'une protéine et de sa sphère d'hydratation proche, qui tend à stabiliser sa structure spatiale, elles protègent les membranes contre la déshydratation. Généralement on pense que l'accumulation des sucres solubles peut avoir comme origine l'hydrolyse des réserves en particulier l'amidon mais aussi une modification du métabolisme carboné (**Lepoivre, 2003**). Beaucoup d'auteurs ont mis en évidence le rôle protecteur des sucres sur les membranes, en particulier mitochondriales. Leur présence permettrait le maintien des réactions de phosphorylation et de production d'énergie. Outre ce rôle protecteur des membranes, les hydrates de carbone protègent les processus par les quels les enzymes sont synthétisés ce qui impliquerait une meilleure tolérance de la plante à la dessiccation et une meilleure résistance à la sécheresse. Concernant les sucres solubles, **Folkert et al., (2001)** remarquent que les variations de teneur chez le blé dur sont beaucoup plus faibles que dans le cas de la proline

4.3.2. Teneur en chlorophylle

Sous un stress hydrique, une diminution de la teneur en chlorophylle est remarquée chez le blé dur (**Bousba et al., 2009**). Pour limiter les pertes en eau par évaporation et aussi l'augmentation de la résistance à l'entrée du CO₂ atmosphérique nécessaire à la photosynthèse, l'économie de l'eau se traduit par une turgescence relative moins affectée par le stress conduisant à une dilution de la chlorophylle (**Slayter, 1974 in Mouellef, 2010**). Le rapport chlorophylle (a/b) est un bon indicateur du seuil de tolérance au stress hydrique (**Guettouche, 1990 in Mouellef, 2010**). **Tahri et al., (1997)** montrent que l'augmentation de la teneur en proline foliaire sous l'effet du stress suivie par un abaissement dans les teneurs en pigments chlorophylliens totaux (Chlorophylles a et b). Les résultats de **Tahri et al., (1997)** révèlent une certaine proportionnalité, mais inverse, entre les teneurs en proline accumulées et les teneurs en pigments chlorophylliens perdues. Ainsi la variété qui accumule plus de proline est aussi celle qui connaît la plus forte diminution de ses teneurs pigments chlorophylliens et vice versa (**Tahri et al., 1997 in Mouellef, 2010**).

2.Objectif du travail

Ce travail a pour objectif d'étudier les comportements du blé dur dans les conditions climatiques du haut Cheliff (commune BirOuledKhlifa), et les effets de stress hydrique chez quelques variétés de blé dur (*Triticumdurum*Desf), et de comparer entre les variétés étudiés vis-à-vis larésistanceaux sécheresses, ceci par la mesure de certains caractères morphologiques et physiologiques et biochimiques sous déférents conditions irrigues et pluviales.

2.1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans ce travail a porté sur une collection qui comporte cinq(05) variétés de blé dur (*Triticumdurum*Desf.), d'origine locale (Gloire deMongolfier,HEDBA3) et introduits (Mexicali75, Vitron et Waha). Les semences ont été fournies par l'Institut technique des grandes cultures de KhemisMilana (l'ITGC KM) .et Les variétés utilise sont répertories selon le catalogue officiel de l'ITGC et fournies par la station expérimentale de l'ITGC de BirOuldKhelifa.

Les caractéristiques de ces génotypes sont représentées dans le tableau ci dissous.

Tableau 03 : Caractéristiques des variétés et nombre d'individus par variété.

Variétés	Nombre de Génotypes	Origine	Epi	Paille
Gloire de Mongolfier	1	Algérie	Blanche	Haute
Waha	2	Syrie	Blanche	longueur moyenne
Mexicali75	3	ICARDA/CIMMYT (Mexique)	Blanche	longueur moyenne
Vitron	4	Espagne	Blanche	longueur moyenne
HEDBA3	5	Algérie	Blanche	Haute

2.2. Site d'expérimentation

2.2.1. Présentation général de haut Cheliff

Le périmètre du Haut Chélif est situé à 40 km à vol d'oiseau de la mer, avec 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**).

2.2.2. Localisation du site expérimentale du BirOueldKhlifa

L'expérimentation a été au niveau de l'ITGC de BirOueldkhlifa, situé à 10 Km au Sud de Khemismaliana, à une altitude de 340m. La ferme se trouve dans la région semi-aride, caractérisée par un climat méditerranéen.

Le site expérimental de BirOueldKhlifa est situé à 120 km, à l'Ouest de la capitale. Et à 90 km de la ville de Chélif. Le périmètre irrigable du Haut Cheliff a été officiellement créé le 9 mai 1941 ; il couvre une superficie totale de 37000 ha et se présente sous forme allongée en fuseau, de l'Ouest vers l'Est. Cette dépression est limitée au Nord par le massif du Zaccar et du Gontass, au Sud par le massif de l'Ouarsenis, à l'Ouest par le mont du Doui et à l'Est par le massif du Gontass et Mat Matas.

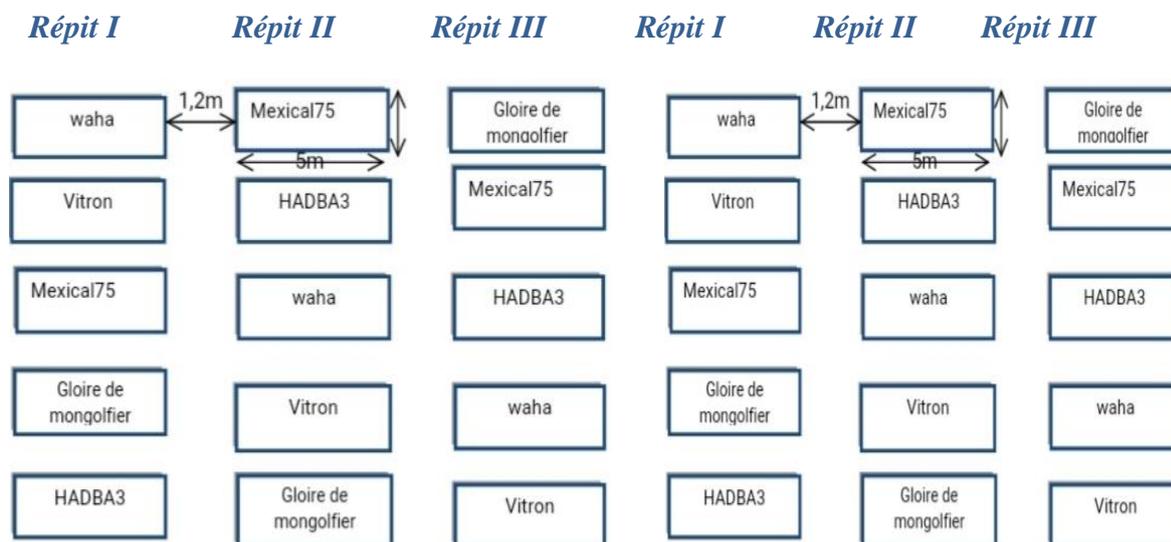


Figure11: Image satellitaire de la zone de BirOueldKhlifa.

Source : Google earth.

2.2.3. Mise en place de l'essai :

Le matériel végétal est semé sur une parcelle élémentaire d'une rangée de 5m de long avec une interligne de 20 cm. Le semis est effectué le 19 du mois de décembre 2018 à une profondeur approximative de 2 à 5cm, à la main. Chaque génotype occupe 1.2m linière.



Bloc A (irrigué) Bloc B (non irrigué)

Figure12 : dispositif expérimentale

2. 3. Conduit de la culture du blé dur

2.3.1. Préparation du sol et semis

Le semis a été réalisé le 23/12/2018 manuellement avec une dose de 350 grains/m² et à une profondeur de 4cm.

2.3.2. Fertilisation

Un premier apport d'engrais de 70 unités/ha fertilisante a été effectué le 11-12-2018 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 13-03-2019 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 ;

2.3.3. Désherbage

Un désherbage manuel régulier est réalisé au cours de l'expérimentation.

2.3.4. 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'aspersion. Deux irrigations ont été effectuées durant les périodes déficitaires où l'humidité moyenne du sol étant de 13.12 % avant la première irrigation et de 10.64 % avant la deuxième sur une profondeur de 60 cm du profil du sol

2.4. 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.

2.4.1. Caractéristiques physico-chimiques du sol

L'analyse des sols est réalisée régulièrement par le laboratoire de l'ITGC (2016)

2.4.2. Analyse physique du sol

Tableau 04 : Les résultats d'analyses physiques du sol.

Sable	40%
Limon	36%
Argile	24%
Structure	Franche

2.4.3. Analyse chimique du sol

Tableau 05 : les résultats d'analyse chimiques du sol.

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

2.5. 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).

La commune de BirOueldKhelifa 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)**.

2.5.1. Climat

La zone de l'expérimentation de notre étude 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.

2.5.2. Températures

L'analyse des données de la campagne de 2018/2019, nous montrons que janvier est le mois le plus froid avec une température moyennes de 9.5°C. Septembre est le mois le plus chaud avec 25.7°C.

2.5.3. 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 2018/2019, a enregistré 532.1mm allant du mois de septembre à mai, la répartition de la pluviométrie est aléatoire, elle est variable d'un mois à l'autre, le mois février est le mois le plus pluvieux, avec un taux de précipitation de 155.5mm, alors que le moins pluvieux est le mois demars avec 19.5mm. Durant la campagne agricole, en fin, il apparait clairement que le climat dans la région d'étude est caractérisé par une grande variabilité intra et inter-annuelle.

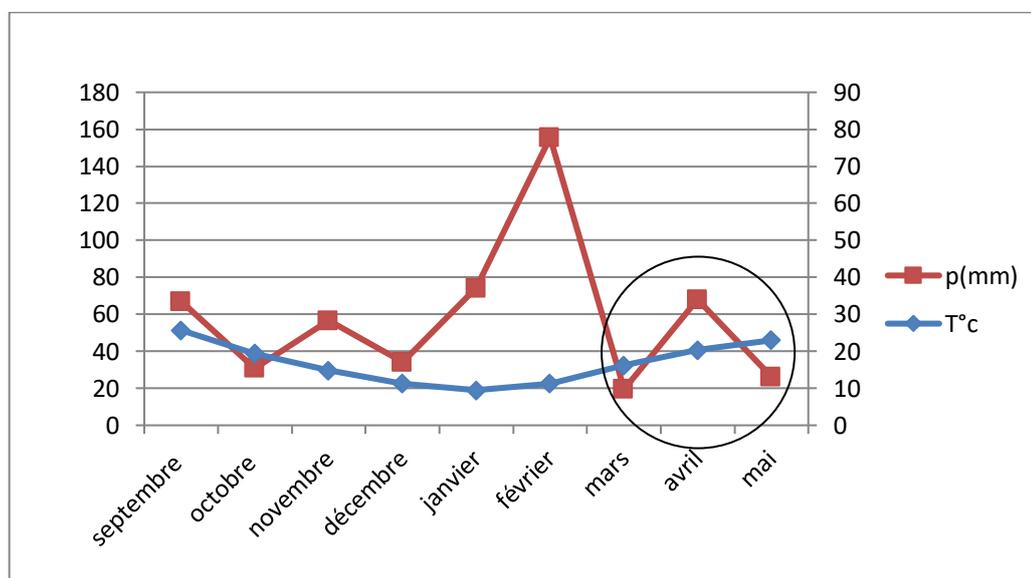


Figure13 : Moyennes mensuelles de la pluie et de la température de la campagne 2018/2019.

Source: ITGC 2019.

Tableau 06: La moyenne de la pluviométrie et des températures durant l'année2018/2019.

	septembre	octobre	novembre	décembre	janvier	février	mars	avril	mai
T°c	25,7	19,4	14,8	11,3	9,5	11,3	16,2	20,3	23
p(mm)	67	30,9	56,6	34,2	74,2	155,5	19,5	68	26,2

Source : ITGC 2019.

2.6. Paramètres mesurés

Les paramètres mesurés sont les suivants : caractères morphologiques, physiologiques, biochimiques et les Composantes durondissement.

2.6.1. Paramètres morphologiques

Les différents paramètres morphologiques mesurés sont :

• Hauteur de la plante (HP)

On mesure un échantillon de 3 plantes de chaque génotype, au stade maturité à partir du ras du sol jusqu'aux sommets des barbes de l'épi. Elle est exprimée en cm.

• Longueur du col d'épi (LC)

Ce caractère est mesuré en centimètre à partir du dernier nœud jusqu'à la base du rachis.

• Longueur de dernier entre nœud

On calcule la distance entre deux nœuds sur la tige de la plante.

• Longueur de l'épi (LE)

Les mesures ont portée sur(3) épis par micro parcelle dans le cercle intérieur, soit 30 échantillons à l'exclusion des barbes à la maturation. Les épis ont été choisis indépendamment de celles de la hauteur de la plante. Les composantes du rendement.

2.6.2. Composantes du rondement**• Nombre d'épillets par épi(NE/E)**

A maturité le nombre d'épillets par épi est compté pour indiquer le taux de fertilité de la plante.

• Nombre de grains par épi (NG/E)

Trois (3) épis choisis de manière aléatoire ont été pris dans chaque parcelle élémentaire, battus manuellement, et nous avons compté le nombre de grains que contient chaque épi.

• Poids de mille grains (PMG)

Ce paramètre est mesuré après avoir déterminé le poids moyen d'un grain par plante de Chaque génotype, multiplié par mille pour trouver le poids de mille grains.

2.6.3. Paramètres physiologiques**• RWC (teneur relative en eau)**

La teneur relative en eau de la feuille a été déterminée par la méthode décrite par **Barrs, (1968)**. Selon cette méthode, les feuilles sont coupées à la base du limbe, elles sont pesées immédiatement pour obtenir leur poids frais (PF) .Ces feuilles sont mises par la dans des tubes à essai remplis d'eau distillée et placés à l'obscurité dans un endroit frais, après 24h les feuilles sont retirées, passées dans un papier buvard pour absorber l'eau de la surface, pesées de nouveau pour obtenir le poids de la pleine turgescence (PT). Les échantillons sont enfin mis à l'étuve régler à 80°C pendant 48h et pesés pour avoir leur poids sec (PS). La teneur relative en eau est calculée par la formule suivante (la formule **de Clark et Mac-Caig, 1982**):

$$\text{TRE (\%)} = [(\text{PF}-\text{PS}) / (\text{PT}- \text{PS})].100$$

TRE = teneur relative en eau foliaire (%)

PF = poids de la matière fraîche foliaire (mg)

PS = poids de la matière sèche foliaire (mg)

PT = poids de la matière turgide foliaire (mg)

2.6.4. Paramètres biochimiques**• Dosages des sucres solubles**

Les sucres solubles totaux(saccharose, glucose, fructose, leurs dérivés méthyles et les polysaccharides) 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.

2.7. Analyse statistiques des 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 a sur les paramètres (morphologique, physiologique et biochimique) analysés et de chaque traitement à l'aide du logiciel Statisticat 10.

La morphogenèse de la plante basée essentiellement sur la croissance et le développement des plantes. Parmi les facteurs environnementaux conditionnant cette morphogenèse, on évoque l'alimentation hydrique qui par sa qualité et sa quantité constitue un facteur primordial impliqué dans l'aboutissement de ce processus. Alors que le stress hydrique limite sérieusement la croissance des plantes ainsi que la productivité végétale (wang et al., 2003).

Dans ce travail, nous avons fait plusieurs expériences d'étude et d'analyse, les cinq géotypes de blé dur (*triticum durum*) surtout en ce qui concerne le stress hydrique. À travers des différentes études telles que les caractéristiques morphologiques (hauteur de la plante, longueur de col de l'épi, longueur de dernier entre nœud, longueur de l'épi) et les composantes de rendement (Nombre de l'épillet/épi, Nombre de grain /épi, poids de mille grains) ainsi les paramètres physiologiques (tenure relative en eau (RWC)) et les paramètres biochimiques (le sucre soluble).

Les résultats de tous les paramètres sont présentés dans l'ordre suivant :

3.1. Caractérisation morphologiques des géotypes testés

3.1.1. Hauteur de la plante

L'analyse des résultats obtenus (tableau 07), montre que les valeurs des paramètres morphologiques retenus sont très variées selon les géotypes conduits. Ainsi, la hauteur de la plante est influencée très fortement et de manière significative à travers les géotypes expérimentés ($p < 0.001$). La situation hydrique a également un effet significatif sur ce paramètre ($p < 0.001$). Ceci prouve que le stress hydrique réduit la taille des géotypes sensibles.

Tableau 07 : Analyse de la variance des paramètres morphologiques (hauteur de la plante).

	F	P
Géotypes	343,09	0,000000
Situation hydrique	14,58	0,000627
Géotypes*Situation hydrique	0,00	1,000000

Sur la base des résultats de notre expérience (fig 14), nous montrent que les génotypes conduits se divisent en deux groupes, le premier groupe caractérisé par une haute paille et sont représentés par Gloire de Montgolfier et HEDBA3 par une valeur respective de $148.66\text{cm}\pm 4.18$ et $120.18\text{cm}\pm 3.61$, le deuxième groupe est constitué des génotypes à courte paille qui sont Waha, Mexicali75 et Vitron qu'on inscrit des valeurs par ordre avec $69.64\text{cm}\pm 3.54$, $76.69\text{cm}\pm 1.70$ et $83.74\text{cm}\pm 1.43$, l'origine des génotypes détermine la hauteur de la plante, en réalité les variétés locales se caractérisent par une haute taille mais les génotypes introduits se révèlent une situation inverse.

En cas de déficit hydrique nous remarquons que cela a un effet dépressif sur la hauteur de la plante, la réduction moyenne de ce paramètre atteint (6.78%), ainsi, dans cette situation hydrique on a un important diversité de l'ensemble des génotypes.

Les génotypes Gloire de Montgolfier et HEDBA3 s'affichent une valeur de réduction importante respective avec 4.18% et 5.17% soit les génotypes Vitron, Mexicali75, Waha, Vitron, représentés par les réductions les plus faibles avec 7.24%, 8.21%, et 8.93%, à cette situation hydrique des longueurs de ces paramètres limités par $63.42\text{cm}\pm 3.54$ (Waha), $69.47\text{cm}\pm 1.70$ (Mexicali75) et $77.5\text{cm}\pm 1.43$ (Vitron).

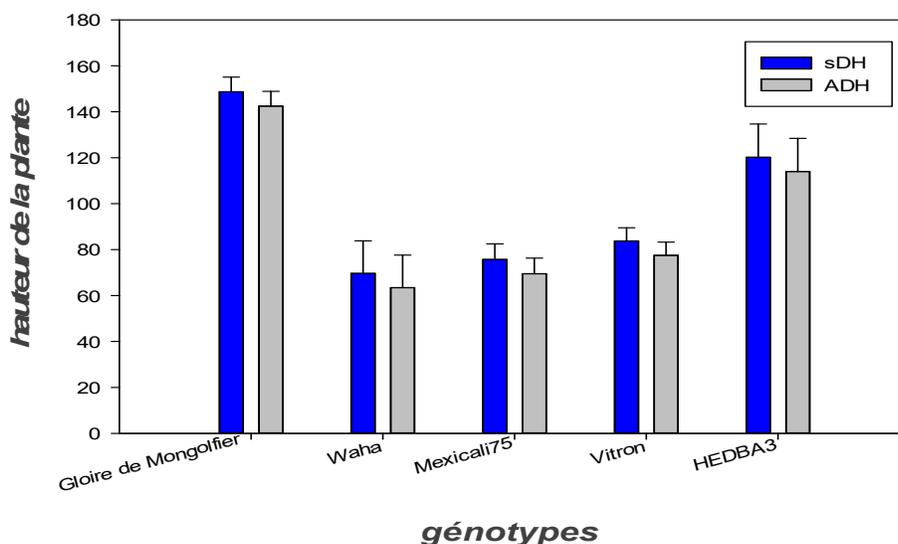


Figure 14 : Evolution de la hauteur de la plante de Blé dur chez les Cinq génotypes testés en fonction des deux régimes hydriques adoptés.

3.1.2. Longueur du col d'épi

L'étude statistique du résultat obtenus (tab08), démontre que les valeurs retenues sont très variées entre les génotypes testés, ainsi que la longueur du col d'épi est significativement influencée par le stress hydrique appliqué ($p < 0.001$), également la situation hydrique a un effet significatif sur ce paramètre ($p < 0.001$).

Tableau 08 : Analyse de la variance des paramètres morphologiques (Longueur du col d'épi).

	F	P
Génotypes	8,819	0,000078
Situation hydrique	83,574	0,000000
Génotypes*Situation hydrique	0,628	0,646440

D'après les résultats obtenus (Fig15), nous notons que dans les conditions pluviales, la longueur du col d'épi est limitée par $15.73\text{cm} \pm 0.42$ (Mexicali75) et $13.32\text{cm} \pm 0.82$ (Gloire de Montgolfier).

Ces résultats montrent qu'il existe un effet sur la longueur du col d'épi chez les cinq variétés étudiées. Alors, la réduction moyenne de ce paramètre atteint (24.58%).

Nous avons également observé des comportements variés de tous les génotypes. Pendant la situation de l'eau (stress hydrique), les génotypes Waha, Gloire de Montgolfier, Vitron et HEDBA3 s'affichent les réductions les plus importantes respectives avec 28.36%, 28.14%, 27.07% et 24.50%.

À la suite, le génotype Mexicali75 extériorise par les réductions les plus faibles avec 14.68%. Tandis qu'au niveau de stress hydrique la longueur du col d'épi varie entre la valeur maximale de Mexicali75 ($13.42\text{cm} \pm 0.47$) et HEDBA3 ($11.55\text{cm} \pm 0.65$) et une valeur minimale de $10.10\text{cm} \pm 0.68$ de Vitron, Waha par $10.10\text{cm} \pm 0.26$ et $9.57\text{cm} \pm 0.82$ de Gloire de Montgolfier.

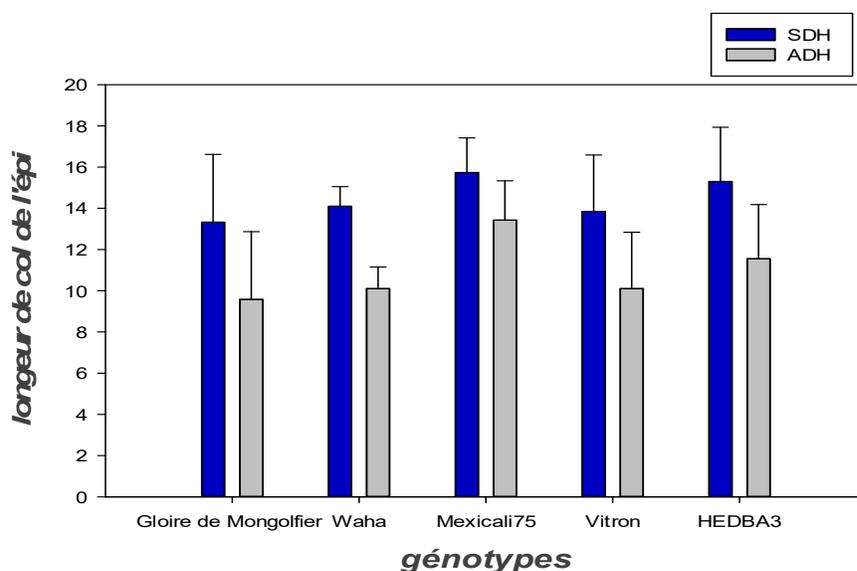


Figure 15: Evolution de la longueur du col de l'épi chez les cinq génotypes deblé dur testé en fonction des deux régimes hydrique adopté.

3.1.3. Longueur de dernier entre nœud

D'après les résultats retenus (tab 09), les valeurs notés après L'analyse duvariance de la Longueur de dernier entre nœud indique une déférence très hautement significative entre les cinq génotypes étudiés pour les deux cas irrigués et pluviale ($p < 0.001$).

Tableau 09: Analyse de la variance des paramètres morphologiques (longueur de dernier entre nœud).

	F	P
Génotypes	40,12	0,000000
situation hydrique	46,72	0,000000
génotypes*situation hydrique	2,94	0,036556

A travers les résultats obtenus de longueur de dernier entre nœud, les mesures retenues de ce paramètre sont très distinctes entre les génotypes. 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 $35.53\text{cm} \pm 0.29$, $35.01\text{cm} \pm 1.49$ et $34.56\text{cm} \pm 0.57$ donc, les autres génotypes Mexicali75 et Waha s'affichent avec les longueurs suivants $30.06\text{cm} \pm 0.58$ et $28.88\text{cm} \pm 0.96$. La longueur dernier entre-noeuds est liée à l'origine des génotypes.

Au niveau du stress hydrique , nous remarquons un effet sur longueur de dernier entre nœud (Fig16), la réduction moyenne de ce paramètre atteint (11.93%) , à face à cette situation hydrique il y a un divers comportement de l'ensemble de ces génotypes les génotypes Waha, Gloire de Montgolfier s'affichent les réductions les plus importantes respectives avec 22.29% , 14.11% , à la suit les génotypes Maxicali75, Vitron et HEDBA3 représente par les réductions les plus faibles avec 13.93% , 5.45% et 3.89% .

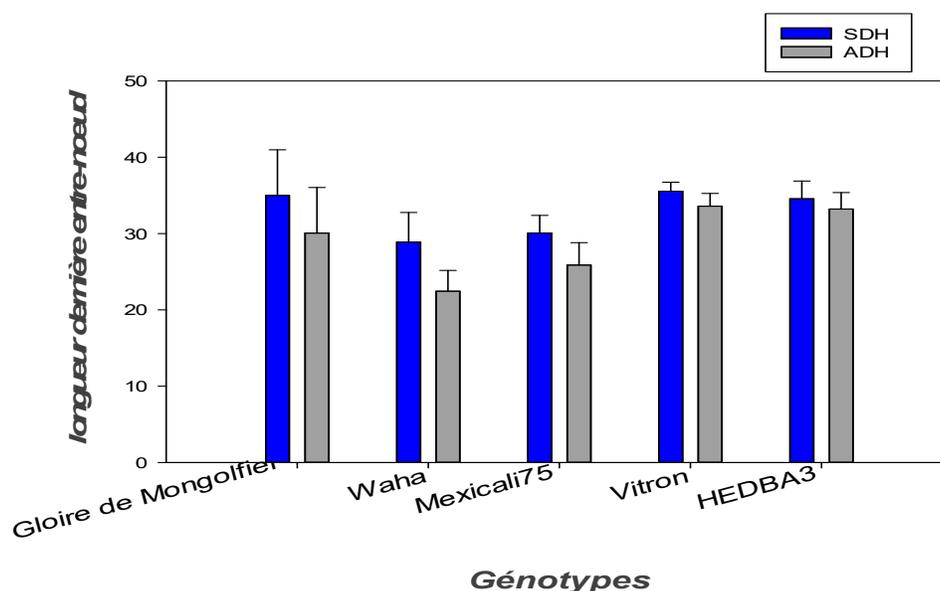


Figure 16: Evolution de la longueur du dernier entre-nœud chez les cinq génotypes de Blé dur testé en fonction des deux régimes hydrique adopté

3.1.4. Longueur de l'épi

L'analyse des résultats obtenus (tab10), montrent que les valeurs des paramètres morphologiques retenus sont très variées selon les génotypes conduits. Ainsi, la longueur de l'épi influencé très hautement significatif à travers les génotypes expérimentés ($p < 0.001$). La situation hydrique a également un effet significatif sur ce paramètre ($p < 0.001$).

Tableau 10: Analyse de la variance des paramètres morphologiques (Longueur de l'épi).

	F	P
Génotypes	6,606	0,000616
situation hydrique	109,823	0,000000
génotypes*situation hydrique	0,037	0,997221

Les résultats obtenus de notre travail montrent que la longueur de l'épi limite par $7.99\text{cm}\pm 0.42$ (Mixicali75) et $9.76\text{cm}\pm 0.44$ (HEDBA3).

Au niveau de déficit hydrique, a un effet remarquable sur la longueur de l'épi chez les génotypes étudiés (fig17). Donc, la réduction moyenne de ce paramètre atteint (31.66%). Ainsi on remarque un comportement divers de l'ensemble des génotypes face à cette situation hydrique, les génotypes Gloire de Montgolfier et HEDBA3 extériorisent par les réductions les plus moindres avec 29.86% et 27.34%, cependant les génotypes Virton, Mixicali75 et Waha représentent les réductions les plus importantes respectives par ordre avec 34.49%, 33.41% et 33.20%.

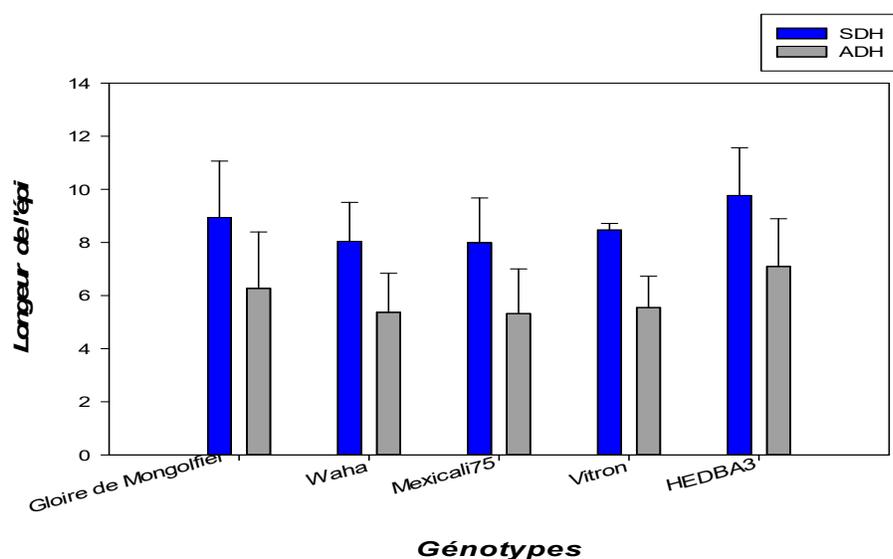


Figure 17: Evolution de la longueur de l'épi chez les cinq génotypes de Blé dur testés en fonction des deux régimes hydriques adoptés.

3.2. Composantes de rendement

3.2.1. Nombre de l'épillet/épi

L'analyse de la variance des résultats obtenus (tab 11), expose que les valeurs des composantes de rendement retenues sont très variées selon la collection expérimentée. Ainsi, le nombre de l'épillet/épi est influencé très fortement et de manière significative à travers les génotypes expérimentés ($p < 0.001$). La situation hydrique a également un effet significatif sur ce paramètre ($p < 0.001$).

Tableau 11: Analyse de la variance des composantes de rondement (Nombre de l'épillet/épi).

	F	P
Génotypes	26,592	0,000000
situation hydrique	117,205	0,000000
génotypes*situation hydrique	0,050	0,995050

Concernant les résultats obtenu de notre travail (fig18) , ne remarquons que les génotypes conduits se distribue en deux groupes , Waha , Vitron , et HEDBA3 qu'on représente des valeurs respectives de $23.25\text{cm}\pm 0.85$, $22.75\text{cm}\pm 0,75$ et $20.75\text{cm}\pm 0.47$, le deuxième groupes contiens les génotypes Gloire de Montgolfier et Mexical75 s'affichent dans l'ordre avec $18.37\text{cm}\pm 0,55$ et $18.75\text{m}\pm 0.47$.

L'application de stress hydrique à un effet notable sur le nombre d'épillet par épi ,avec une réduction moyen de (19.75%) se distinct en deux groupes , le premier groupe englobe les génotypes Waha , Vitron , HEDBA3 inscrit des valeurs par ordre avec $19.22\text{cm}\pm 0.64$, $18.47\text{cm}\pm 0.75$ et $16.47\text{cm}\pm 0.47$, le second groupe des génotypes suivants Gloire de Montgolfier et Mexical75 expriment par les valeurs $14.54\text{cm}\pm 0.28$ et $14.59\text{cm}\pm 0.51$.

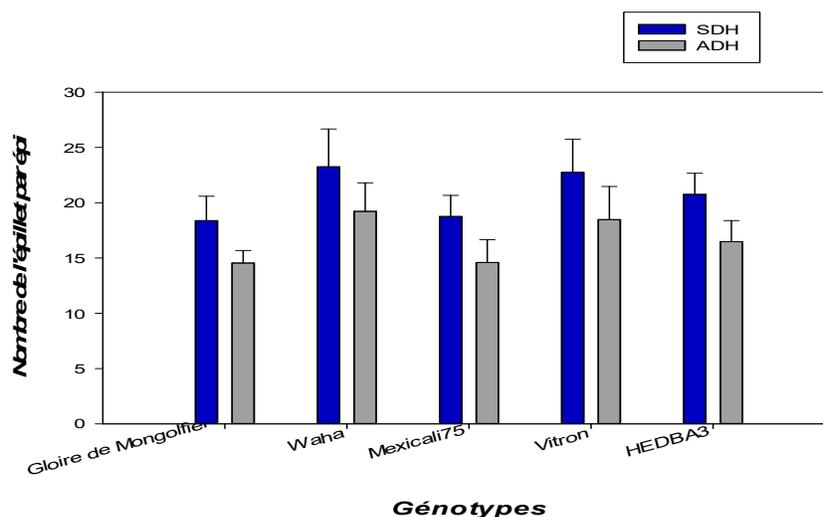


Figure 18: Evolution du Nombre de l'épillet/épi chez les cinq génotypes de blé dur testé en fonction des deux régimes hydrique adopté.

3.2.2. Nombre de grain /épi

La lecture des résultats obtenus (tab12), dévoilent que les valeurs des composantes de rondement retenus sont très variées selon les génotypes testés. Ainsi, le Nombre de grain /épi influencé très hautement significatif à travers les génotypes expérimentés ($p < 0.001$). La situation hydrique a également un effet significatif sur ce paramètre ($p < 0.001$). Ceci montre que le déficit hydrique influencé sur le rendement du grain des génotypes stressés.

Tableau 12: Analyse de la variance des composantes de rondement (Nombre de grain /épi).

	F	P
Génotypes	24,094	0,000000
SH	26,840	0,000014
Génotypes*SH	0,380	0,821414

D'après ces résultats (fig19), nous remarquons que dans les conditions hydriques favorables, le nombre de grain de l'épi limités par (Vitron) $52\text{cm} \pm 3.08$ et (Gloire de Montgolfier) $30.75\text{cm} \pm 2.65$

La soumission de ces génotypes sous stress hydriques provoque un effet remarquable sur le nombre de grain de l'épi.

Les génotypes Gloire de Montgolfier, Waha, et HEDBA3 représentent les réductions les plus importants respectifs, avec 37.39%, 19.25 % et 18.75%. Alors que les génotypes Vitron, Mixicali75 expriment par les réductions les plus faibles avec 12.5% et 15%.

La réduction moyen de ce paramètre atteint 20,57 %, ainsi dans les cas d'application de la tension hydriques, les différents génotypes sont inscrit des valeurs respective de (Vitron) $45.5\text{cm} \pm 3.05$, (Mexicali75) $37.50\text{cm} \pm 1.65$, (HEDBA3) $35.75\text{cm} \pm 1.37$, (Waha) $34\text{cm} \pm 2.79$ et la valeur la plus faible est (Gloire de Montgolfier) $19.25\text{cm} \pm 1.93$.

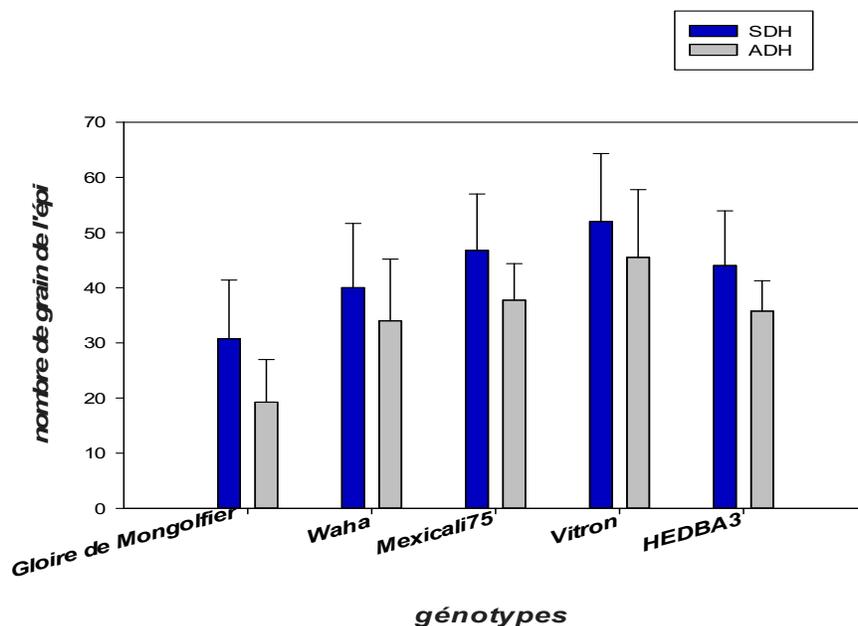


Figure 19: Evolution du Nombre de grain /épi chez les cinq génotypes deblédur testé en fonction des deux régimes hydrique adopté.

3.2.3. Poids de mile de grain (PMG)

L'analyse des résultats obtenus (tab 13), montrent que les valeurs de Les composantes de rondement retenus sont très variées selon les génotypes conduits. Ainsi, Poids de mile de grain influencé très hautement significatif à travers les génotypes expérimentés ($p < 0.001$). La situation hydrique a également un effet significatif sur ce paramètre ($p < 0.001$). Cette situation agit sur remplissage du grain et d'une manière direct sur lerendement en grain.

Tableau 13: Analyse de la variance des composantes de rondement ((PMG).

	F	P
Génotypes	19,625	0,000000
SH	75,007	0,000000
Génotypes*SH	1,123	0,364194

Sous des conditions hydriques favorables (SDH), les variétés Gloire de Montgolfier, HEDBA3, et Vitron représentent les poids le plus élevés, avec un maximum chez la variété Gloire de Montgolfier $52.39\text{cm} \pm 0.92$ par contre les variétés Waha représentent la faible Valeur avec $36.03\text{cm} \pm 2.92$.

Dans les conditions de déficit hydrique, les génotypes testés se comportent différemment et une régression remarquable observé (Fig20). La réduction moyenne de ce paramètre atteint (8.94%), donc les variétés, Mexicali75, Gloire de Montgolfier et Vitron s'affichent les réductions les plus importantes respectives, 11.75%, 10.95% et 8.40 %, ainsi les génotypes HEDBA3 et Waha extériorisent par les réductions les plus faibles avec 5.84% et 8.26%.

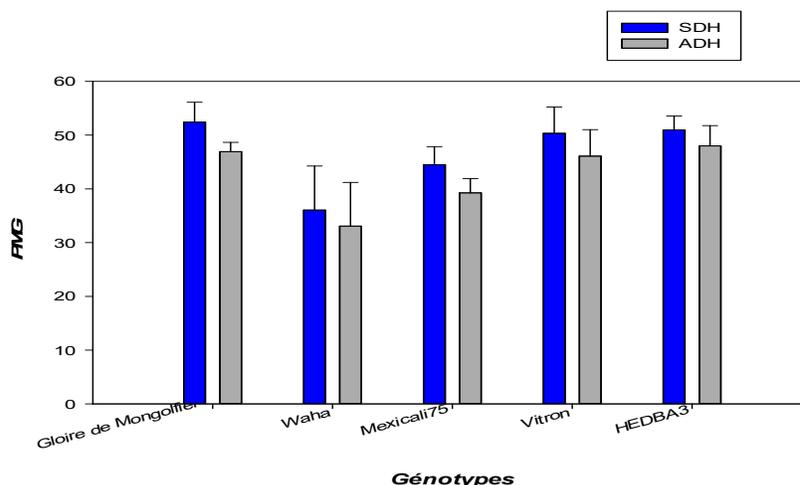


Figure 20: Evolution de poids de mille de grain (PMG) chez les cinq génotypes du blé dur testé en fonction des deux régimes hydrique adopté.

3.3. Paramètres physiologiques

3.3.1. RWC (teneur relative en eau)

La lecture de l'analyse de variance des résultats obtenus de l'estimation de cette caractéristiques physiologique (tab14) démontre qu'elle se trouve influencée d'une manière hautement significative ($p < 0.001$), en effets l'abaissement du potentiel du substrats par application du déficit hydriques permet une décroissance des valeurs de la teneur relative en eau.

Tableau 14: Analyse de la variance desparamètres physiologiques (RWC).

	F	P
Génotypes	6,684	0,000570
SH	28,446	0,000009
Génotypes*SH	0,541	0,706704

A l'échelle du lot irrigué (SDH), les génotypes conduits se distinguent en deux groupes, le premier groupe contient les génotypes les plus élevés, représentés par Mexicali75 et Gloire de Montgolfier avec des valeurs de $77.44\text{cm}\pm 2.96$ et $79.25\text{cm}\pm 2.21$, le deuxième groupe HEDBA3, Waha et Vitron s'affichent les teneurs relatives en eau très faibles par ordre avec $68.75\text{cm}\pm 0.95$, $71.34\text{cm}\pm 1.70$ et $74.16\text{cm}\pm 0.65$.

Le régime hydrique a effectué de façon néfaste sur la teneur relative en eau (RWC) (fig21) la réduction moyenne de ce paramètre atteint (11.31%), donc les variétés Mexicali75, HEDBA3 et Vitron s'affichent les réductions les plus importantes respectivement avec 13%, 13.80% et 14.81%, alors que les génotypes Waha et Gloire de Montgolfier s'affichent les réductions les plus faibles avec 7.03% et 7.91%.

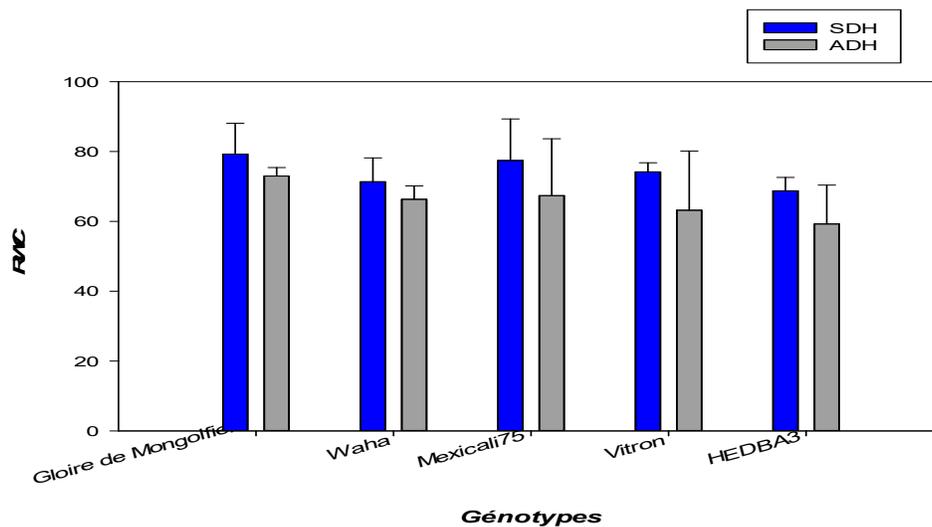


Figure 21: Evolution de la teneur relative en eau (RWC) chez les cinq génotypes débile dur testé en fonction des deux régimes hydrique adopté.

3.4. Les paramètres biochimiques

3.4.1. Les sucres solubles

L'analyse des résultats obtenus de l'estimation du taux du sucres solubles (tab15) montrent qu'elle se trouve influencée d'une manière hautement significative ($p < 0.001$), en effet l'abaissement du potentiel du substrat par application du déficit hydrique permet une croissance des valeurs de la teneur du sucres solubles. Ceci montre que ces génotypes sont distincts et sensible face à cette situation hydrique.

Tableau 15: Analyse de la variance des paramètres biochimiques (Les sucres solubles).

	F	P
Génotypes	19,625	0,000000
SH	75,007	0,000000
Génotypes*SH	1,123	0,364194

L'évolution de la teneur en sucres chez les plantes irrigués et plantes stressées se traduit par des variations comparables. Les fortes accumulations des sucres sont observées au traitement non irrigué.

Tandis que, les plus faibles teneurs sont marquées chez les témoins non stressés.

Dans les conditions irriguées en remarque une faible teneur en sucres soluble, les génotypes Waha et HEDBA3 représentent les tenures les plus élevés avec $364.97 \mu\text{mol/mg MS} \pm 4.08$ et $367.94 \mu\text{mol/mg MS} \pm 10.61$ par rapport Vitron, Mixicali75 et Gloire de Montgolfier s'affichent par ordre avec $310.63 \mu\text{mol/mg MS} \pm 26.45$, $282.02 \mu\text{mol/mg MS} \pm 6.46$ et $263.19 \mu\text{mol/mg MS} \pm 16.44$.

En cas de stress hydrique, il y a une forte accumulation de sucre soluble chez les cinq géotypes étudiés, l'augmentation moyenne de ce paramètre atteint (28.27%), Alors que l'augmentation la plus importante respective par Gloire de Montgolfier avec 42.38%, donc les géotypes HEDBA3 représente l'augmentation la plus faible avec 31.88%. Cependant à cette situation hydrique on note que la dose la plus élevée est affichée par le géotype HEDBA3 avec (485.26 μ mol/mgMS \pm 17.29). Les autres géotypes inscrits des taux respectifs Waha (442.54 μ mol/mgMS \pm 12.04) Vitron (379.36 μ mol/mgMS \pm 26.45) Gloire de Montgolfier (374.74 μ mol/mgMS \pm 16.44) et Mexicali75 (348.88 μ mol/mgMS \pm 7.03).

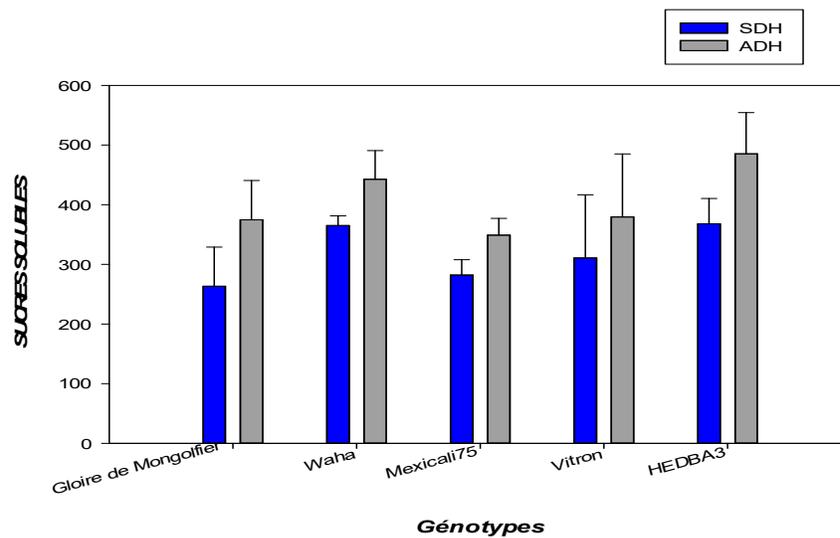


Figure 22: Evolution des sucres solubles chez les cinq géotypes deblé dur testé en fonction des deux régimes hydrique adopté.

Discussion

Le déficit hydrique affecte négativement sur la nature et la forme finale du blé dur (*triticum Durum* Desf) et son comportement vis-à-vis la situation hydrique. Ainsi que, le processus de remplissage et le rendement du grain et sa configuration, car il viole grandement sur ces conditions favorables. 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.

D'après les résultats obtenus, nous avons notés des réductions remarquables sur les génotypes testés à cause de l'effet du stress hydrique adopté, ces résultats corroborent avec les travaux d'Aspinall (1986), et qui montre que, le déficit en eau entraîne une réduction de la hauteur du plant et de la croissance végétative, particulièrement l'expansion des feuilles.

La tension hydrique a effectué de façon néfaste sur la longueur de dernier entre nœud car les résultats de l'expérimentation montre un régressif sur le caractère étudié chez les cinq génotypes, donc on peut dire qu'il y a une réduction observable entre les génotypes testés .

Cependant de nombreuses études (Pheloung, 1991 ; Ali Dib, 1992 ; Bouzerzour et Hafsi, 1993) ont montré que les variétés de blé à paille courte ont une bonne adaptation et une meilleure productivité en zones sèches en combinant une tolérance élevée à la sécheresse et un indice de récolte élevé, Les sélectionneurs ont longtemps admis que les variétés de céréales les plus tolérantes étaient des variétés à paille haute. L'existence d'une liaison positive entre la hauteur de la plante et la tolérance à la sécheresse peut s'expliquer d'une part, par l'aptitude des génotypes à paille haute à remplir le grain en cas de déficit hydrique terminal par la quantité d'assimilates stockés dans la tige et la capacité de remobiliser ces réserves (Blum, 1988).

La diminution de la longueur du col de l'épi s'avère très importante sous les conditions du stress hydrique chez l'ensemble des génotypes étudiés avec des réductions importantes remarquables, ces résultats confirmés par (Fisher et al., 1978) qui affirment que ce paramètre constitue un bon indicateur de tolérance au déficit hydrique. Ainsi que, le rôle de ce paramètre s'expliquerait par la quantité d'assimilates stockée par ces organes susceptibles d'un transfert vers le grain en cas de déficit terminal (Gate et al., 1990).

Le stress hydrique affectée négativement sur la longueur de l'épi chez les variétés testées ou il y a une diminution remarquable sur cette paramètre, il y'a des variétés qui représentent par une haute valeur de taux de réduction ce qui montre que cette variété soumise un fort stress hydrique, ces résultats corroborés avec **Febrero et al., (1990)**, qui assure que les constituants de l'épi (épi court) contribuent également à une limitation des pertes en eau un épi court permet une meilleure compacité des grains ce qui permet de lutter contre les aléas climatiques ainsi que contre l'égrenage. **ACHOURI (1985)**.

Le rendement est déterminé par trois composantes principales : Nombre de l'épillet/épi, Nombre de grain/épi, poids de mille grains. **Simane et al., (1993)** notent que l'une des raisons principales de la lenteur de l'amélioration des rendements dans les environnements stressants est le peu de connaissances sur les relations entre le rendement en grains et ses composantes et sur les effets de compensation qui s'instaurent entre ces dernières en fonction des effets des stress.

Les résultats qui nous avons trouvés accordés avec d'autre études réalisées sur des collections de géotypes de céréales cultivées, sous régime pluvial ou irrigué (**Condon, 2002**), en région méditerranéenne (**Araus, 2002**) et même dans d'autres régions (**Sayre, 1995 ; Fischer, 1998**).

La teneur relative en eau est un paramètre physiologique indicateur de la résistance des espèces vis-à-vis d'un stress hydrique. Les espèces végétales qui maintiennent des teneurs foliaires relatives en eau élevées sont considérées comme étant des espèces résistantes à la sécheresse (**Berka et Aïd, 2009**).

Les résultats qui nous avons obtenu s'affichent des réductions remarquables sur la teneur relative en eau, ces résultats confirmés par **Scofield et al., (1988)** qui affirme que la diminution de la TRE est plus rapide chez les variétés sensibles que chez les variétés résistantes.

En effet de régime hydrique, l'accumulation de sucre soluble chez les géotypes étudiés a été largement transposée comme une réponse au déficit hydrique, et la variété HEDBA3 représente une haute accumulation de sucre soluble, donc il est le meilleur géotype qui adapté contre la sécheresse par rapport aux autres. Les sucres solubles sont examinés par plusieurs auteurs comme **Patakas et Notaki (2001)** qui suggèrent que l'augmentation de la concentration en sucres solubles chez la vigne et en corrélation avec la réduction de l'amidon dans les tissus foliaires en réponse à un stress hydrique. et (**Henchi, 1987**) qui affirme que la diminution du potentiel hydrique du sol en conditions de sécheresse provoque une perte importante de la turgescence au niveau de la plante

Conclusion

Le déficit hydrique est le principal facteur environnemental, responsable des faibles rendements et leurs irrégularités chez le blé dur. Cependant, l'impact de ce stress abiotique sur la productivité de cette espèce, est tributaire de son intensité et le temps de sa persévérance.

Notre étude a montré que le blé est une plante sensible aux contraintes abiotiques qui limitent la productivité céréalière.

La réponse au stress hydrique chez les cinq variétés de blé dur testées (Gloire de Montgolfier Vitron , HEDBA3 , Waha et Mexicali75) révèle l'existence d'une grande variabilité pour la plupart des paramètres morphologiques (hauteur de la plante , longueur de col de l'épi , longueur de dernier entre nœud, longueur de l'épi) et physiologiques RWC , biochimiques à savoir le sucre soluble ainsi le rendement et ses composants mesurés (NE /E , NG/E, PMG) . L'effet du stress hydrique est bien marqué entre les géotypes témoins et leurs stressés.

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.

Parmi les paramètres mesurés les plus affectés, figurent la teneur relative en eau, la surface foliaire et l'intégrité cellulaire. Ces paramètres ont confié par une analyse statistique des différences significatives à hautement significatives entre les plantes témoins et plantes stressés.

Le stress hydrique réduit considérablement la teneur relative en eau des cellules, mais il permet une forte accumulation des sucres solubles chez l'ensemble des variétés.

Les résultats obtenus à partir de l'étude des cinq variétés constituent un pas préliminaire et nécessaire pour la compréhension du comportement de la culture de blé dans les conditions climatiques du Haut Cheliff.

Références bibliographiques

- **Abeledo L. G., Savin R., Gustavo A. et Slafer. 2008.** Wheat productivity in the Mediterranean Ebro Valley: Analyzing the gap between attainable and potential yield with a simulation model. *European journal of Agronomy*. 28. 541-550p.
- **Abis S (2012)** Le blé en Méditerranée sociétés, commerce et stratégies. *Économie et territoire relations commerciales CIHEAM Paris* : 241-247.
- **Acevedo, E. (1989).** Improvement of winter wheat crops in Mediterranean environments Use of yield, morphological traits. Dans : *Physiology Breeding of Winter Cereals for Stressed Mediterranean Environments. Les Colloques de l'INRA*, 55 : 273-305.
- **ADE, (2000).** Le marché mondial du blé dur et la place de l'Union Européenne. Rapport D'évaluation de la politique Communautaire du blé dur, 30.p.
- **ALBPUCHI A., BEJAOUI Z., HEDI EL AOUNI., 2003.** Influence d'un stress hydrique modère ou sévère sur la croissance de jeunes plant de *Casuarina glauca* Sieb .Edit . Science et changement planétaires, Sécheresse .Vol .14, (3), pp137-142
- **Allaya, M. (1998).** Annuaire des économies agricoles et alimentaires des pays méditerranéens et arabes. M. C. I. Montpellier, 455 pages,.
- **Ammar, K., Lage, J., Villegas, D., Crossa, J., Hernandez, E., Alvarado, G., (2006).** Association among durum wheat international testing sites and trends in yield progress over the last twenty two years. *International symposium on wheat yield potential. Cd. Obregón, Sonora, Mexico, March 20-24th*, pp:19 20.
- **Amokrane A. Bouzerzour H. Benmahammed A. Djekoun A, 2002.** Caractérisation des variétés locales, Syriennes et européennes de blé dur évaluées Constantine, numéro spécial.: 33 –38p.
- **Anonyme1., 1981-** Larousse agricole. Edition Larousse. Publié sous la direction de Jean M Clément. pp171-253.
- **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.
- **ATTIA F., 2007.** Effet du stress hydrique sur le comportement éco physiologique et la maturité phénolique de la vigne *vitis vinifera* L. : Étude de cinq cépages autochtones de Midi-Pyrénées .thèse Doctorat Toulouse France : 194.
- **Baldy, C., (1974).** Contributions à l'étude fréquentielle des conditions climatiques. Leurs influences sur la production des principales zones céréalières d'Algérie. Doc. Projet Céréale.152 p
- **Barrs H., 1968.** Determination of water deficit in plant tissues. In: *Water Deficit and Plant Growth*. Koslowski T. Academy Press. New York. 235_368 p.
- **B'Chir M.M., Kallel S., Namouchi-Kachouri N. 2007:** Incidence d'*Heterodera avenae* sur le blé dur, *Triticum durum*, sous les conditions naturelles tunisiennes. *Nematol. medit* : 1-22.
- **BELAID D. 1996.** Aspects de la céréaliculture algérienne. INES. D'Agronomie. Batna. 187p.

Références bibliographiques

- **Belkharchouche H., Fellah S., Bouzerzour H., Benmahammed A. et Chellal A. 2009:** Vigueur de croissance, translocation et rendement en grains du blé dur (*Triticum durum* Desf) Sous conditions semi arides. Courrier du Savoir N°09 : 17-24.
- **Benbelkacem, A., Kellou, K.,(2001).** Évaluation du progrès génétique chez quelques variétés de blé dur (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) cultivées en Algérie. Options méditerranéennes. 6: 105-10.
- **Benlaribi, M. (1990).** Adaptation au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). Etude des caractères morphologiques et physiologiques. Thèse Doctorat d'état, université de Constantine, 145 p
- **Benmahammed, A., Kribaa, M., Bouzerzour, H., Djekoun, A. (2010).** Assessment of stress tolerance in barley (*Hordeum vulgare*L.) advanced breeding lines under semi arid conditions of the eastern high plateaus of Algeria *Euphytica*, 172 (3) :383-394.
- **Benseddik. B, Benabdelli. K (2000) ;** Impact du risque climatique sur le rendement du blé dur (*Triticum durum* Desf.)
- **Benseddik, B., Khelloufi, B. (2000).** Impact du risqué climatique sur le rendement du blé dur (*Triticum durum* Desf.) en zone semi-aride : approche éco-physiologique. Science et changements planétaires / Sécheresse, 11 (1) :45 -51
- **Berka, S., & Aid, F. (2009).** Réponses physiologiques des plants d'Argania spinosa (L.) Skeels soumis à un déficit hydrique édaphique. *Sécheresse*, 20 (3) : 296-302.
- **Bernard, R. (2006).** L'eau et la vie. (éd).Dauphin. Paris : 13- 59 p.
- **BEWLEY J.D. and BLACK M., 1994.** Seeds - Physiology of development and germination. ; 2nd Edition. Plenum Press, New York, NY. 445 p.
- **Blanchard A. 2007:** Identification, polymorphisme et évolution moléculaire de gènes du pouvoir pathogène chez le nématode à kyste de la pomme de terre *globodera pallida*. Thèse de doctorat, Université de Rennes 264 p.
- **Blum A, 1988.**Plant breeding for stress environments. CRC Press Inc Florida, USA;223p.
- **Bonjean A., Picard E., 1991-** Les céréales à paille. Origine-histoire-économie-sélection. Ligugé; Poitiers : Aubin imprimeur. 36p.
- **Bootsma A., Boisvert J. B., Dejong R. et Baier W. 1996.** La sécheresse et l'agriculture canadienne. *Sécheresse*: 277 - 285 p
- **BOUCHABKA O., TARDIEU F., SIMONNEAU T., 2006.**Leaf growth and turgor in growing cells of maize (*Zea mays* L.) respond evaporative demand in well-watered but not in water saturated soil. *Plant Cell & Environnement* 29 :1138-1148.

Références bibliographiques

- **Boulal H., El Mourid M., Rezgui S., Zeghouane O. 2007** : Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Edition: ITGC, INRA Algérie et ICARDA : 176 p.
- **Bousba R. Ykhlef N. Djekoun A, 2009.** Water use efficiency and flag leaf photosynthetic in response to water deficit of durum wheat (*Triticum durum Desf*).World Journal of Agricultural Sciences 5. 5. 609 -616p
- **Bouzerzour, H., & Hafsi, M. (1993).** Diagnostic du comportement variétal du blé dur dans les hautes plaines sétifiennes. In : Tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétale. Montpellier, France. Ed. INRA. Paris. 64: 205-215.
- **Boyer J. S. 1982.** Plant productivity and environment. Sci, New series. 218: 443 - 448 p.
- **Bozzini A. 1988:** Origin, distribution and production of durum wheat in the world. In Fabriani G.& Lintas C. (Ed). Durum: Chemistry and Technology. AACCC (Minnesota). Etats-Unis : 1-16.
- **Brown R.H. 1984:** Ecology and control of cereal cyst nematode (*Heterodera avenae*) in Southern Australia. *Journal of Nematology* 16(3) :216-222.
- **Cadi, A., 2005-** Caractérisation des zones céréalières potentielles à travers le Nord de l'Algérie. Rév. ITGC. Céréaliculture n° 44. : 36-39.
- **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. Ing. INA. El Harrach. 317p.
- **Chaker A et Brinis L ., 2004.**Effet d'un stress thermique à la chaleur sur quelques traitsbiochimique de quelque génotype de blé dur N 42, pp21-28.
- **CHAVES M.M., 1991.**Effects of water deficits on carbon assimilation .J.Exp. Bot. 42 :1-16.
- **Chaves M. M., Maroco J. P., Pereira J. S. 2003.** Understanding plant responses to drought - from genes to the whole plant. Functional Plant Biology. **30**: 239- 264
- **CHIKHI A. C. 1992.** Situation de la céréaliculture et perspectives de l'irrigation de complément du blé au niveau de la Mitidja. Thèse Ing. INA. El Harrach. 317p.
- **CHRISTOPHER, J.T., MANSCHADI, A.M., HAMMER, G.L., BORRELL, A.K., 2008.** Developmental and physiological traits associated with high yield and stay-green phenotype in wheat .Australian Journal of Agricultural Research 59,354-364.
- **CIC., 2000-** Rapport annuel du Conseil International des Céréales "CIC" pour l'année 2000.
- **Clark et Mac-Caig, 1982.**Clarck & Mac-Caig. 1982. Excised leaf water relation capability as an indicator of drought resistance of Triticum genotypes. Can.J. Plant Sci. 62: 571-576 p
- **Clement G et Prats J. 1970** .Les céréales. Collection d'enseignement agricole. 2ème Ed. 351p.
- **Clement G. (1971).** Les céréales, « grand court ». Coll. Agro. Alimentaire. Lavoisier. Pp. 78-91.

Références bibliographiques

- **Condon A.G, Richards R.A., Rebetzke G.J., Farquhar G.D., 2002.** Improving intrinsic water-use efficiency and crop yield. *Crop Science* **42**, 122–131.
- **DAALOUL A., BCHINI H., SAYAR R ., 2002.** Variabilité génétique de quelques paramètres du système racinaire du blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous deux régimes hydriques, *Plant Genet .Resour .Newslett .129* 25-31.
- **DEBAEKE P ., CABELGUENNE ML., PUECH J., 1996.**Elaboration du rendement du blé d’hiver en condition de déficit hydrique .II. Mise au point et test d’un modèle de simulation de la culture de blé d’hiver en condition d’alimentation hydrique et azotée variées .*Epicphase –blé .Agronomie.16* :25-46p.
- **DJEKOUN A., YKHLEF N., BOUZERZOUR H., HAFSI M., HAMADA Y., KAHALI L. 2002.** Production du blé dur en zones semi-arides : identification des paramètres d’amélioration du rendement. Act des 3ème Journées Scientifiques sur le blé dur. Constantine.
- **Djermoun A., (2009).** La production céréalière en Algérie : principales caractéristiques, *Revue Nature et Science*.
- **EL MOURID M., 1988.**Performance of wheat and barley cultivars under different soil moisture regimes in a semi-aride region .ph .D thesis, Iowa state university .229p.
- **FAO eurostat 2013,** agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Gaf13p121-126.pdf.
- **Febrero A.;Brot J.; Brown R.H. etAriais J.L., 1990:** The role of durumwheatear asphotosyntheticorganduring grain filling. In: advanced trends in photosynthetic, Mallorca,Spain (unpublished).
- **Feillet P., 2000.** Le grain de blé composition et utilisation. Ed. INRA, Paris, 308 p.
- **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., 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.
- **Fischer, H., Werner, M., Wagenbach, D., Schwager, M., Thorsteinnson, T., Wilhelms, F., Kipfstuhl, J. and Sommer, S. (1998).** Little Ice Age clearly recorded in northern Greenland ice cores. *Geophysical Research Letters* 25: doi: 10.1029/98GL01177. issn: 0094-8276.

Références bibliographiques

- **Folkert A. Hoekstra E. Golvina C. Buitink M, 2001.** Mechanisms of plant desiccation tolerance. *TRENDS in plant science*. Vol 6. **9**: 431-438 p.
- **François. L, Christian. P (2005).** Appréhender le niveau de sécheresse dans le cadre des études stationnelles et de la gestion forestière à partir d'indices bioclimatiques, *Rev. For. Fr.* LVII - 4-2005
- **Gate, P., Bouthier A., Casabianca, H. & Deleens, E. (1993).** 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. Colloque Diversité génétique et amélioration variétale Montpellier (France). *Les colloques*. 64. *Inra*. Paris.
- **GATE, P., 1995.** Ecophysiologie du blé. Tec Doc Lavoisier. Paris. 429p
- **Gharib., (2007).** Cours de céréales, Alnutris documentation gratuite en sciences des aliments
- **Gonde H., Carre G., Jussianx PH., Gonde R., 1968.** Cours d'agriculture moderne. 8^{ème} édition. Nouvelles leçons d'agriculture. Ed. La maison Rustique, Paris ; pp 151-169.
- **GODON B., WILLM CL. 1991.** Les industries de première transformation des céréales. Coll. Agro. Alimentaire. Lavoisier. Pp. 78 – 91.
- **Grandcourt M.C. et Prats J. 1970:** Les céréales. 2^{ème} édition, Revue et Augmentée. Editeurs Baillière et Fils, p. 22.
- **GRANIER C., INZE D., TARDIEU F., 2000.** Spatial distribution cell division rate can be deduced from that of P34cdc2 kinase activity in maize leaves grown in contrasting conditions of temperature and water status. *Plant Physiol*. 124 :1393-1402.
- **Hachemi MM., Saidani., Bouattoura et Ait ameur C. ,1979** Situation des céréales en Algérie. *céréaliculture*, N 11 ,pp7-12.
- **Hamadache, A., Abdellaoui, Z., Aknine, M.(2002).** Facteurs Agrotechniques D'amélioration de la Productivité du blé dur en Algérie. Cas de la zone subhumide. *Recherche Agronomique* N° 10, p.6
- **Henchi, B. (1987).** Effets des contraintes hydriques sur l'écologie et l'écophysiologie de *Plantago albicans*. L. Thèse de doctorat d'État, univ Tunis.
- **HOPKINS, W.G. (2003).** *Physiologie Végétale*. 2e ed. De boeck. Paris, France. 514. Hugenholtz, P. (2002). Exploring prokaryotic diversity in the genomic era. *Genome Biol*. 3, Reviews0003.
- **Hopkins W, 2003.** les relations hydriques dans la plante entière. In: *Physiologie végétale*. Ed. De book & Larcier. Bruxelles. 44-58p.
- **INRA. (2000).** La résistance des plantes à la sécheresse. Centre de Montpellier.
- **Jabnoue, M. (2008).** Adaptation des plantes au stress salin : caractérisation de transporteurs de sodium et potassium de la famille HKT chez le riz. Thèse doctorat. Université de Montpellier II, France. 127

Références bibliographiques

- **Jagnow. (1987)**. Inoculation of cereal crops and forage grasses with nitrogen-fixing rhizosphere bacteria: Possible causes of success and failure with regard to yield response - a review. *Z Pflanzenernähr Bodenk.* 150: 361-368
- **Jean-Louis Ration et El Hassan Benabderrazik mai 2014** ; l'Institut de prospective économique du monde méditerranéen (Ipemed)
- **Jean-Pierre A. Philippe D. Bernard I. Gilles L. Bernard S. François T. Alban T, 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. 72 p.
- **Josis P., Ndayshimye V., Renard C. 1983**. Etude des relations hydriques chez *Coffea arabica* L, évaluation à la résistance à la sécheresse de divers cultivars à Gisha (*Burundi*). 4: 275-281.
- **Kantety, R.V., Diab, A., Sorrells, M.E., (2005)**. Contribution à la mise en place d'une approche intégrée de lutte contre la sécheresse chez le blé dur au Maroc In: Conxita.
- **Kara, Y., Martin, A., Souyris, I., Rekika, D., Monneveux, P. (2000)**. Root characteristics in durum wheat (*T. turgidum* conv. Durum) and some wild Triticeae species. Genetic variation and relationship with plant architecture. *C. R. C*, 28 (3), 147-254.
- **KHALDOUN A., CHERY J., MONNEVEUX P., 1990**. *J. agronomie* 10.369-379.
- **KHALFAOUI J.L.B.1990**. Genetic of adaptation to drought of cultivated species and consequences on plant breeding .*Bull. Soc.bot. Fr., 137, Actual. bot.* (1), 125-137.
- **KIANI p., 2007**. Analyse génétique des réponses physiologiques du tournesol (*Helianthus annuus* L.) soumis à la sécheresse. Thèse Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Toulouse.
- **KRAMER P.J .AND BOYER J.S., 1995**. Water relation of plants and soils (Book). Academic Press, Inc.
- **Larcher W. 2000**. Temperature stress and survival ability of Mediterranean sclerophyllous plants. *Plant Biosystems.* 134: 279-295.
- **Laurent H. Sané P, 2007** .**Transfert d'eau et d'énergie. In : Bioclimatologie. Concept et application.** Ed. Quae. Paris. 246p.
- **Leclerc, J.C. (1999)**. Ecophysiologie végétale. Publication de l'université de Saint Etienne. Paris: 283 p.
- **Legoupil Jean-Claude (1974)** ; L'Agronomie Tropicale. Série 3, Agronomie Générale. Etudes Scientifiques, 29 (12) : 1212-1227
- **Lepoivre P. Jaafari S. Semal J, 1995**. Implication de l'acide abscissique dans la résistance du blé à la sécheresse. Quel avenir pour l'amélioration des plantes. Ed. AUPELF-UREF. John LibbeyEurotext. Paris. P: 141-148p.

Références bibliographiques

- **LEPS (Laboratoire d'Ecophysiologie des Plantes sous stress environnementaux).2000.**
- **LERIN François, 1986.** Céréales et produits céréaliers en méditerranéen. Ed. Mont pellier ; pp 81 ; 93.
- **Levitt J., Sullivan C. Y., Krull E. 1960.** Some problems in drought resistance. Bull. Res. **8**: 173-180
- **Levitt, J. (1980).** Responses of plants to environmental stresses. Academic Presse, New York.
- **LILLEY J.M., KIRKEGAARD J.A., 2011.** Benefits of increased soil exploration by wheat root. Field Crops Res. 122, 118-130.
- **LOPES, M.S., REYNOLDS, M.P., 2010** .Partitioning of assimilates to deeper roots is associated with cooler canopies and increased yield under drought in wheat. Functional Plant Biology 37,147-156.
- **-Madhava Rao K.V., Raghavendra A. S. et Janardhan Reddy K. 2006.** Printed in the Netherlands. Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants. Springer: 1-14 p.
- **McDowell N., Pockman W. T., Allen C. D., Breshears D. D., Cobb N., Kolb T., Plaut J., Sperry J., West A., Williams D. G., Yezzer E. A. 2008.** Mechanisms of plant survival and mortality during drought: why do some plants survive while others succumb to drought? New Phytologist. **178**: 719-739
- **MERAH O., 1999.** Utilisation de la discrimination isotopique du carbone pour l'amélioration de la tolérance a la sécheresse chez le blé dur dans les régions méditerranéennes .thèse Doctorat ENASAR France : 144p.
- **MONNEVEUX Ph. 1989.** Quelles stratégies pour l'amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique des céréales d'hiver. Journées Scientifiques de l'AUPELF : " Amélioration des plantes pour l'adaptation au milieu aride". Tunis, 4 -9 Décembre.
- **Mouellef A, 2010.** Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (*Triticum durum Desf.*) au stress hydrique. Mémoire de magistère. UnivMentouri. Constantine 118P.
- **Nabors M, 2008** .Réponse des plantes aux hormones et aux stimuli environnementaux. In : biologie végétal. Structure, fonctionnement, écologie et biotechnologie. Ed. Pearson Education. France. 247p.
- **Nana, R., Tamini, Z., Sawadogo, M., Some, P.P. (2010).** Etude morphologique comparative de cinq variétés de gombo (*Abelmoschus esculentus* L.) soumises à un stress hydrique.10 (03) :28-38.
- **PALTA, j., WATT, M., 2009.**Vigorous crop root systems : form and function for improving the capture of water and nutrients .In :Sadras ,V.O., Calderini ,D.F. (Eds.), Crop Physiology .Application for Genetic Improvement and Agronomy .Elsevier Inc.
- **Patakas A. NoitsakisSemiani M, 1997.** Etude de l'effet du stress hydrique sur quelques Processus physiologiques et de croissance de 2 variétés de blé tendre (*Triticum aestivum*L.). Rech. Agr., 23-32p. INRA.

Références bibliographiques

- **Pfeiffer, W.H., Sayer, K.D., Reynolds., M.P. (2000).** Enhancing genetic grain yield potential and yield stability in durum wheat. *Options méditerranéennes*.40: 83-93.
- **Pokhare S., Pankaj., Shakil N.A., Kumar J., Singh K. 2012:** foliar application of chemical elicitors induces biochemical changes in wheat against the cereal cyst nematode, *Heterodera avenae*. *Nematol. Medit*, (2012), 40: 181-187.
- **Rachedi., 2003 :** Les céréales en algérie : problématique et option de réforme, *Céréaliculture*, N 38, pp 6-9.
- **Radhouane L, 2011.** Comportement physiologique de deux espèces de tabac au stress salin. *Revue des régions aride. Institut des régions arides-Médenine-Tunisie.* **5:** 3-14p.
- **R'him, T; Tlili, I; Hnan, I; Ilahy, R; Benali, A; Jebari, H. (2013).** Effet du stress salin sur le comportement physiologique et métabolique de trois variétés de piment (*Capsicum annum l.*). *J. Appl. Biosci.* 66: 5060-5069.
- **Rajvanshi I. et Sharma G.L. 2007:** Eco-friendly management of phytonematodes. First edition, Oxford Book Company. Jaipur, India: 306 p.
- **RICHARD, R.A., WATT, M., REBETZKE, G.J., 2007.** physiological traits and cereal germplasm for sustainable agricultural systems. *Euphytica* 154,409-425.
- **Riou, C. (1993).** L'eau et la production végétale. *Sécheresse*, 4: 75 – 83.
- **Ritter M. 1982:** Importance des nématodes à kyste des céréales. *Bull. OEPP*, 12 : 307- 316.
- **Ruel T., 2006-** Document sur la culture du blé, Ed: Educagri.18p.
- **SAAB I.N., SHARP R.E., 2004.** Non –hydraulic signals from maize roots in drying soil : inhibition of leaf elongation but not stomatal conductance. *Planta* 179 :466-474.
- **Slama, A., Ben Salem, M., Ben Naceur, M., Zid ED. (2005).** Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. Institut national de la recherche agronomique de Tunisie (INRAT). Univ. Elmanar. Tunisie. P62.
- **SAMARAH N.H., 2005** Effects of drought stress on growth and yield of barley .*Agron.Sustain .Dev.*25 :145-149
- **Sayre K.D, Acevedo E., Austin R.B., 1995.** Carbon isotope discrimination and grain yield for three bread wheat germplasm groups grown at different levels of water stress. *Field Crops Research* **41**, 45–54.
- **Schiefelbein, J.W., Masucci, J.D., Wang, H. (1997).** Building a root: The control of patterning and morphogenesis during root development. *Plant Cell*, 9 :1089-1098.

Références bibliographiques

- **Scofield T. Evans J. Cook M.G. et Wardlaw I.F, 1988.** Factors influencing the rate and duration of grain filling in wheat. *Aust.J.Plant physiol*, 4: 785-797p.
- **(Selmi, 2000).** Selmi, R., (2000). Fin du mythe de l'autosuffisance alimentaire et place aux avantages comparatifs. *Revue Afrique Agriculture*. N° 280.Pp.30-23. IN: Evaluation de la qualité d'un germoplasme de blé dur (*Triticum durum* Desf): appréciation de l'aptitude technologique et biochimique. Ait Kaki.S. (2001). Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar, Annaba
- **SELMI R. 2000.** Fin du mythe de l'autosuffisance alimentaire et place aux avantages comparatifs. *Revue Afrique Agriculture* .N° 280. pp 30-32.
- **SHIMAZAKI Y, OOKAWA T, HIRASAWA T., 2005.** The root tip and accelerating region suppress elongation of the decelerating region without any effects on cell turgor in primary roots of maize under water stress .*Plant Physiol* ; 139 :458 65
- **Simane, B., Peacock, J. M., & Strick, P. C. (1993).** Differences in development plasticity growth rate among drought. Resistant and susceptible cultivars of durum wheat (*Triticum turgidum* L.Var . *durum*). *Plant and soil*, 157: 155- 166.
- **Singh H., et Yadav B.S. 1986:** Plant Parasitic Nematodes of India, Problems and Progress. *Proc. Nat. Conf. IARI*, New Delhi: 3p
- **SOAR C.J., LOVEYS B.R., 2007.** The effect of changing patterns in soil-moisture availability on grapevine root distribution, and viticultural implication for converting full-cover irrigation into a point-source irrigation system .*australian Journal of Grape & Wine Research* 13 :2-13.
- **Soltner, D., 1990.** Les grandes productions végétales : Céréales, plantes sarclées, prairies. Coll. Sciences et Techniques agricoles. 17 ème Ed. 464 pages
- **Soltner D (1998)** Les grandes productions végétales céréales plantes sarclées prairies. Sainte-gemme-sur-Loire sciences et Techniques Agricoles In ADRAA
- **SUBBARAO G.V., JOHANSEN C., SLINKARD A.E., NAGESWARA RAO R.C., SAXENA N.P., CHAUHAN Y.S., CRIT J., 1995.** *Rev Plant Sci* .14.469-523.
- **Surget A., et Barron C., 2005.** Histologie du grain de blé, *Industrie des céréales* 145, 4-7
- **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 p.
- **TAMBUSSI E.A., NOGUES S., FERRIO P ., VOLTAS J., ARAUS J.L., 2005.** Does higher yield potentiel improve barley performance in Mediterranean condition ? *Field Crop Research* 91 :149-160.
- **TRIBOÏ E., 1990.** Modèle d'élaboration du poids du grain chez le blé tendre .*Agronomie* .10 :191-200 p.

Références bibliographiques

- **Turner N. C. 1979.** Drought resistance and adaptation to water deficit in crop plants. In: Stress physiology of crop plants. MUSSEL et STEPPLES R. C. C. (Ed) WILEY. New York; U.S.A, p343 – 372
- **Wang, W.X., Brak, T., Vinocur, B., Shoseyov, O., Altman, A. (2003).** Abiotic resistance and chaperones: possible physiological role of SP1, a stable and stabilising protein from Populus. In: Vasil IK (ed), Plant biotechnology 2000 and beyond. Kluwer, Dordrecht, 439- 443.
- **Wang Y, et al. (2003)** Regulation of Ste7 ubiquitination by Ste11 phosphorylation and theSkp1-Cullin-F-box complex. J BiolChem 278(25) :22284 -9.
- **Wilhite et Buchanan-Smith (2005);** ONU/SIPC, 2009
- **Witcombe J., Hollington P., Howarth C., Reader S., Steel K. 2009.** Breeding for abiotic stresses for sustainable agriculture. Phil. Trans. R. Soc. B. **363**: 703-716
- **YOKOTA A., TAKAHARA K., AKASHI K., 2006** .physiology and molecular biology of stress tolerance in Plants .Ed .Springer.15-39
- **Yves H., et Buyer J., 2000-** L'origine des blés. Pour les sciences hors-série n° 26. pp60 - 62.

Tableau 01 : les mesures de hauteur de la plante chez cinq géotypes.

Géotypes	SH	HP	HP	taux de réduction
Gloire de Mongolfier	SDH	148,6650	1,603837	4,183903407
Gloire de Mongolfier	ADH	142,4450	1,603837	
Waha	SDH	69,6400	3,546595	8,931648478
Waha	ADH	63,4200	3,546595	
Mexicali75	SDH	75,6900	1,701225	8,217730215
Mexicali75	ADH	69,4700	1,701225	
Vitron	SDH	83,7425	1,431738	7,427530824
Vitron	ADH	77,5225	1,431738	
HEDBA3	SDH	120,1850	3,615756	5,175354662
HEDBA3	ADH	113,9650	3,615756	

Tableau 02 : les mesures de la longueur de col de l'épi chez cinq géotypes.

Géotypes	SH	LCP	LCP	taux de réduction
Gloire de Mongolfier	SDH	13,32500	0,822977	28,14258912
Gloire de Mongolfier	ADH	9,57500	0,822977	
Waha	SDH	14,10000	0,238048	28,36879433
Waha	ADH	10,10000	0,262996	
Mexicali75	SDH	15,73500	0,420585	14,68064824
Mexicali75	ADH	13,42500	0,476751	
Vitron	SDH	13,85000	0,684957	27,07581227
Vitron	ADH	10,10000	0,684957	
HEDBA3	SDH	15,30000	0,658281	24,50980392
HEDBA3	ADH	11,55000	0,658281	

Tableau 03 : les mesures de la longueur de dernier entre nœud chez cinq géotypes

Géotypes	SH	Ld nœud	Ld nœud	Taux de réduction
Gloire de Mongolfier	SDH	35,01000	1,490526	14,11025421
Gloire de Mongolfier	ADH	30,07000	1,490526	
Waha	SDH	28,88500	0,968138	22,29530898
Waha	ADH	22,44500	0,679920	
Mexicali75	SDH	30,06000	0,580948	13,93878909
Mexicali75	ADH	25,87000	0,735980	
Vitron	SDH	35,53500	0,298259	5,459406219
Vitron	ADH	33,59500	0,415080	
HEDBA3	SDH	34,56000	0,579511	3,891782407
HEDBA3	ADH	33,21500	0,539158	

Tableau 04 : les mesures de la longueur de l'épi chez cinq génotypes.

Génotypes	SH	LNP	LNP	Taux de réduction
Gloire de Mongolfier	SDH	8,940000	0,530723	29,86577181
Gloire de Mongolfier	ADH	6,270000	0,530723	
Waha	SDH	8,040000	0,367423	33,20895522
Waha	ADH	5,370000	0,367423	
Mexicali75	SDH	7,990000	0,421307	33,41677096
Mexicali75	ADH	5,320000	0,421307	
Vitron	SDH	8,465000	0,062915	34,49497933
Vitron	ADH	5,545000	0,295452	
HEDBA3	SDH	9,765000	0,449768	27,34254992
HEDBA3	ADH	7,095000	0,449768	

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

Génotypes	SH	NBP	NBP	Taux de réduction
Gloire de Mongolfier	SDH	18,37500	0,554339	20,84353741
Gloire de Mongolfier	ADH	14,54500	0,283945	
Waha	SDH	23,25000	0,853913	17,33333333
Waha	ADH	19,22000	0,645497	
Mexicali75	SDH	18,75000	0,478714	22,16
Mexicali75	ADH	14,59500	0,515388	
Vitron	SDH	22,75000	0,750000	18,81318681
Vitron	ADH	18,47000	0,750000	
HEDBA3	SDH	20,75000	0,478714	20,62650602
HEDBA3	ADH	16,47000	0,478714	

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

Génotypes	SH	n de grn /épi	n de grn /épi	Taux de réduction
Gloire de Mongolfier	SDH	30,75000	2,657536	37,39837398
Gloire de Mongolfier	ADH	19,25000	1,931105	
Waha	SDH	40,00000	2,915476	15
Waha	ADH	34,00000	2,798809	
Mexicali75	SDH	46,75000	2,561738	19,2513369
Mexicali75	ADH	37,75000	1,652019	
Vitron	SDH	52,00000	3,082207	12,5
Vitron	ADH	45,50000	3,068659	
HEDBA3	SDH	44,00000	2,483277	18,75
HEDBA3	ADH	35,75000	1,376893	

Tableau 07 : les mesures de poids de mille de grains chez cinq géotypes.

Géotypes	SH	PMG	PMG	TAUX de réduction
Gloire de Mongolfier	SDH	52,39915	0,927617	10,45818571
Gloire de Mongolfier	ADH	46,91915	0,433286	
Waha	SDH	36,03767	2,050136	8,269125057
Waha	ADH	33,05767	2,032901	
Mexicali75	SDH	44,47739	0,842049	11,75878453
Mexicali75	ADH	39,24739	0,664784	
Vitron	SDH	50,32600	1,228085	8,405198108
Vitron	ADH	46,09600	1,228085	
HEDBA3	SDH	50,96129	0,645497	5,847575642
HEDBA3	ADH	47,98129	0,946485	

Tableau 08 : les mesures de teneur relative en eau chez cinq géotypes.

Géotypes	SH	RWC	RWC	Taux de réduction
Gloire de Mongolfier	SDH	79,25000	2,210950	7,911671924
Gloire de Mongolfier	ADH	72,98000	0,604814	
Waha	SDH	71,34000	1,707825	7,03672554
Waha	ADH	66,32000	0,957427	
Mexicali75	SDH	77,44000	2,967201	13,0036157
Mexicali75	ADH	67,37000	4,066913	
Vitron	SDH	74,16000	0,654446	14,8193096
Vitron	ADH	63,17000	4,246858	
HEDBA3	SDH	68,75000	0,957427	13,80363636
HEDBA3	ADH	59,26000	2,780138	

Tableau 09 : résultat de sucre soluble chez cinq géotypes étudiée.

géotypes	SH	sucres solubles	Sucres solubles	Taux de réduction
Gloire de Mongolfier	SDH	263,1950	16,44378	42,38454378
Gloire de Mongolfier	ADH	374,7490	16,44378	
Waha	SDH	364,9725	4,08045	21,25406709
Waha	ADH	442,5440	12,04552	
Mexicali75	SDH	282,0225	6,46210	23,70874664
Mexicali75	ADH	348,8865	7,03441	
Vitron	SDH	310,6375	26,45161	22,12353628
Vitron	ADH	379,3615	26,45161	
HEDBA3	SDH	367,9450	10,61856	31,884249
HEDBA3	ADH	485,2615	17,29273	



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