



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريريج

Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الارض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

قسم العلوم البيولوجية

Département des Sciences Biologiques

Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine Des Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biotechnologie et Protection des végétaux

Thème

Étude comparative des caractères de production et d'adaptation de
14 variétés du blé dur (*Triticum durum* Desf) à l'état pluvial sous
climat subhumide (Oued Smar)

Présenté par : - KHALFA Nèdjma
- BELGUERMI Soumia

Devant le jury :

Président :	M ^r MAAMRI K.	MAA (Université de Bordj Bou Arréridj)
Encadrant:	M ^r OULD KIAR R.	MAA (Université de Bordj Bou Arréridj)
Co-encadrant :	M ^r KIROUANI A.	MAA (Université de Bordj Bou Arréridj)
Examinatrice :	M ^{me} MAAFI O.	MAB (Université de Bordj Bou Arréridj)

Année universitaire : 2015/2016

REMERCIEMENT

Tout d'abord, grâce à ALWWAHID qui m'a créé, m'a protégé, qui est toujours avec moi et qu'il ne me laisse jamais seule. Louanges à ALLAH.

*Nous voudrions remercier du fond du cœur **M^r OULD KIAR Redha**, pour avoir de bien voulu de nous encadrer, son implication personnelle, son soutien qui le caractérise, sa patience, son aide, ses conseils et encouragements, pour le temps qu'il nous avons consacré pour réaliser ce travail.*

Nous exprimons nos remerciements aux honorables membres du jury :

***M^r MAAMRI Khalifa** pour avoir fait l'honneur de présider le jury de ce travail m'avoir accordé le temps et la patience pour évaluer notre travail*

*Nous exprimons nos respectueux remerciements à Monsieur **KIROUANI Abderezak** pour sa gentillesse, sa bonne humeur, son soutien, sa disponibilité, son dévouement, son intérêt pour réaliser ce travail et pour les nombreux conseils avisés qu'il a pu nous donner tout au long de cette étude aussi bien pour l'honneur qu'il nous avons fait en acceptant de co-encadrer ce mémoire.*

*Nous tenons également à adresser nos vifs remerciements à **M^m MAAFI Oula** pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant d'examiner ce mémoire.*

Notre gratitude ira également au personnel de laboratoire de botanique végétale (Université de Bourdj Bou arreridj).

*Nous aimerons remercier le personnel de l'ITGC à Oued Smar et à Sétif, particulièrement à monsieur **M^r KIROUANI Hassene**.*

*Nous exprimons notre plus vif remerciement à **M^{elle} BAALI Faiza**.*

Nous ne saurons oublier de remercier tous ceux qui ont, de près ou de loin, contribué à la réalisation de ce travail, et toute personne qui m'a éclairé le chemin.

DEDICACES

Je dédie le fruit de ce travail s'il a une récompense chez **ALLAH** à toutes les personnes qui ont une place particulière pour moi

Je dédie ce modeste travail à des êtres qui me sont très chers, et sans les quelles je n'aurais jamais atteint le stade où je suis actuellement.

A ma précieuse perle, celui qui m'a guidé vers la voie de la réussite, pour ses Conseils et ses encouragements...

A mon père.

A ma précieuse perle, celle qui a fait l'impossible pour me permettre de Poursuivre mes études jusqu'à ce jours...

A ma mère.

A ma chère sœurs: Amel, Souad, Souhila et Fouzia.

A mes très chers frères : Farouk, Omar, Tahar.

A tout ma grande famille.

A mes superbes et introuvables amies.

Faiza, Amina, Khadidja, Ahlem, Hajer, et Kanza.

A ma meilleure collègue BELGUERMI Soumia.

A tous mes collègues de la promotion de Biotechnologie et protection des végétaux 2015-2016.

A la fleur de la maison, ma très chère petite « *Meriem* ».

A tous ceux qui j'ai connu et n'ai pu citer.

Nèdjma

DEDICACES

Je dédie le fruit de ce travail s'il a une récompense chez ALLAH à toutes les personnes qui ont une place particulière pour moi

Je dédie ce modeste travail à des êtres qui me sont très chers, et sans les quelles je n'aurais jamais atteint le stade où je suis actuellement.

*C'est avec un très grand honneur que je dédie ce modeste travail aux personnes les plus chères au monde mes chers parents **Rabeh** et **Farida** qui m'ont permis de continuer mes études dans les meilleures conditions et qui m'ont appris à ne jamais baissé les bras.*

Je dédie aussi cette modeste réalisation à :

*Ma chère **grand-mère**.*

*Mes très chers frères **Youcef, Mouhamed et Sofiane**.*

*Ma chère sœurs **Amina** et son marie **Badreddine***

*Mon neveu **Adelet** mes nièces **Merièm** et **Ritadj** .*

*Mes cousine : **Asma** et **Rima***

A mes amis qui ont suivi vraiment de très près ces quelques années de ma vie, surtout

***Ahlem, khadidja, Kenza, Hadjer, Nadia, Soumia**.*

A mes meilleures :

***Zakia Diaf, FaizaBaali et Amira Benyaiche**.*

*Ma chère collègue : **khalifa Nedjma***

A toute la famille.

A tous mes collègues de la promotion de Biotechnologie et protection des végétaux 2015-2016.

A toutes les personnes que je connais et que je n'ai pas citées.

A ceux que j'aime et qui m'aiment.

Soumia

SOMMAIRE

Résumé

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction	1
---------------------------	---

PARTIE01 : Etude bibliographique

Chapitre I : Généralités sur le blé dur

I.1. Importance du blé dur.....	3
I.2. Origine génétique.....	5
I.3. Description morphologique de la plante.....	6
I.4. Cycle végétatif du blé.....	9
I.4.1. Période végétative.....	10
I.4.2. Période de reproduction.....	11
I.5. Classification du blé.....	13

Chapitre II : Effet des facteurs biotiques et abiotiques sur la plante

II.1. Effet des facteurs biotique sur le blé.....	15
II.2. Les facteurs abiotiques.....	16
II.2.1. Effet de la sécheresse et le stress hydrique sur la plante	17
II.2.1.1. Effet sur la morphologie.....	18
II.2.1.2. Effet sur la physiologie et la biochimie de la plante.....	18
II.2.1.3. Effet sur le rendement et ses composantes.....	18
II.2.2. Mécanisme d'adaptation du blé dur au changement climatique.....	19
II.2.2.1. Adaptation phénologiques.....	20
II.2.2.2. Adaptation morphologique	21
II.2.2.3. Adaptation physiologique	22
II.2.2.4. Adaptation biochimique.....	23

PARTIE 02 : Etude expérimentale

Chapitre I : Matériel et méthodes

I.1. Objectif de l'étude.....	25
I.2. Caractéristiques des variétés étudiées.....	25
I.3. Conditions expérimentales.....	25
I.3.1. Dispositif expérimentale.....	25
I.3.2. Itinéraire technique.....	26

I.4. Caractéristiques climatiques	27
I.4.1. La pluviométrie.....	27
I.5. Paramètre étudiés	28
I.5.1. Notations.....	28
I.5.2. Analyse physiologique	29
I.5.3. Analyse biochimique.....	30
I.5.4. Paramètres agro-morphologique (de production).....	32
I.5.5. Etude statistique.....	34

Chapitre II : Résultats et discussion

II.1. Interprétation des résultats.....	35
II.1.1. Paramètres physiologiques	35
II.1.1.1. Taux de la matière sèche (MS%).....	35
II.1.1.2. La teneur relative en eau (TRE %).....	36
II.1.1.3. Dosage des pigments chlorophylliens.....	36
II.1.2. Paramètres biochimiques	36
II.1.2.1. Taux de sucres solubles ($\mu\text{g}/100\text{mg MF}$).....	36
II.1.3. Les paramètres morphologiques.....	37
II.1.3.1. L'exsertion de l'épi.....	37
II.1.3.2. Longueur du col de l'épi.....	38
II.1.3.3. Longueur d'épi avec barbe	39
II.1.3.4. Longueur d'épi sans barbe.....	40
II.1.3.5. Le nombre d'épi par un mètre linéaire.....	41
II.1.3.6. Nombre des talles par plante.....	42
II.1.3.7. La longueur de la feuille.....	43
II.1.3.8. La largeur de la feuille.....	44
II.1.3.9. La surface foliaire.....	45
II.1.3.10. Longueur entre nœuds.....	46
II.1.3.11. La hauteur de la végétation.....	47
II.1.3.12. Le nombre des grains par épi (NG/E).....	48
II.1.3.13. Les composantes du rendement.....	49
Conclusion et perspectives.....	53

Références bibliographiques

Annexes

Etude comparative à l'état pluvial des caractères de production et d'adaptation de quatorze variétés du blé dur (*Triticum turgidum* L. subsp. *durum* Desf) sous climat subhumide (Oued Smar)

Résumé :

Il existe en Algérie plusieurs étages climatiques, pour cela plusieurs variétés de blé dur sont utilisées pour satisfaire les différents besoins d'agriculteur. Notre étude rentre dans le cadre de la comparaison entre 14 variétés de blé dur d'origines différentes sans irrigation sous un climat sub-humide (Oued Smar). Plusieurs paramètres d'ordre agro-morphologique, physiologique et biochimique ont été testés pour obtenir les résultats suivant :

L'analyse statistique des données a confirmé que les variétés tardives, citant Hedba, Bidi 17 et MBB, ont montrés des valeurs élevées en hauteur, le col de l'épi, l'entre nœud, l'exsertion, longueur de la feuille, mais malheureusement avec de très faibles rendements. Ces derniers représentent le facteur le plus important dans la sélection variétale. Dans ce sens, GTA dur suivi par siméto et Chen's ont montrés des rendements acceptables malgré les faibles valeurs pour la majorité des paramètres étudiés.

Mots clé : Blé dur, sub-humide, adaptation, rendement, agro-morphologique.

Comparative study for production and adaptation traits of fourteen varieties of durum wheat (*Triticum turgidum* L. subsp. *durum* Desf) without irrigation under subhumid climate (Oued Smar)

Abstract:

There are several types of climate in Algeria, so several varieties of durum wheat are used to satisfy the different needs of farmers. Our study is within the scope of the comparison between 14 varieties of durum wheat from different origins without irrigation under a sub-humid climate (Oued Smar). Several parameters of agro-morphological, physiological and biochemical are tested to get the following results:

Statistical analysis of the data confirmed that the varieties, citing Hedba, Bidi 17 and MBB have shown high values for height, the neck of the ear, internodes, exsertion, and leaf length but unfortunately with very low yields. The latter is the most important factor in plant breeding. In this way, GTA dur, Simeto and Chen's shown acceptable yields despite the low values for most parameters studied.

Keywords: Durum wheat, sub-humid, tolerance, yield, agro-morphological.

دراسة مقارنة لإنتاج وتأقلم أربعة عشر صنف من القمح الصلب تحت مناخ شبه رطب (بلدية وادي السمار)

ملخص:

تضفر الجزائر على مناخات مختلفة، الأمر الذي يحتم استعمال العديد من أصناف القمح الصلب لتلبية الاحتياجات المختلفة للمزارعين. بحثنا هذا يأتي في نطاق مقارنة بين 14 صنف من القمح الصلب من أصول مختلفة وبدون سقي تحت مناخ شبه رطب (بلدية وادي السمار). تمت متابعة عدة مزايا مورفولوجية، فيزيولوجية وبيوكيميائية أين تم الحصول على النتائج التالية:

التحليل الإحصائي للبيانات أكد أن الأصناف المتأخرة، نخص بالذكر Hedba ، Bidi17 و MBB أظهرت قيم عالية لمعدلات الطول، العنق، ما بين العقد، طول الورقة، ولكن للأسف مع إنتاج ضعيف جدا. هذا الأخير هو العامل الأكثر أهمية في عمليات انتقاء أصناف النباتات، في نفس السياق تحصلت Chen's، Simeto، GTA dur على إنتاج مقبول على الرغم من انخفاض قيم معظم الميزات التي درسناها. كلمات البحث: القمح الصلب، شبه رطب، التأقلم، المحصول، مورفولوجية.

LISTE DES ABREVIATIONS

BD17 : Bidi 17

Cm : Centimètre

CIC : Conseil international des céréales

CNIS: Centre National de l'Informatique et des statistiques des douanes

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations

ITGC : Institut Technique des Grandes cultures

MBB : Mohammed Ben Bachir

MS : Matières sèche

Mt : Millions tonnes

mg : milligramme

µg : microgramme

USD : United States Dollar

NE : Nombre d'épi

NGE : Nombre de grain par épi

ONFAA : Observatoire National des Filières Agricole et Agroalimentaire

PF: Poids frais

PMG : Poids de mille grains

PS : Poids sec

SF : surface foliaire

PT : Poids de la pleine turgescence

TE : Teneur en eau

TRE : La teneur relative en eau

TSS : Taux de sucres solubles.

LISTE DES FIGURES

Figure 01 : Pays fournisseurs du blé dur pour l'Algérie.....	4
Figure 02 : Origine génétique du blé dur (<i>Triticum durum</i> Desf.).....	6
Figure 03 : L'appareil végétatif du blé.....	7
Figure 04 : Histologie du grain de blé	8
Figure 05 : La phase germination de blé	10
Figure 06 : Etapes de la phase levé.....	10
Figure 07 : Phase de tallage.....	11
Figure 08 : La phase de Montaison- Gonflement.....	12
Figure 09 : Stade épiaison de blé	12
Figure 10 : Schéma du dispositif expérimental de l'essai mis en place sur le site de recherche de la station de l'ITGC au cours de la campagne agricole 2015/2016.....	26
Figure 11 : variation des précipitations mensuelles de la campagne 2015/2016 sur le site expérimental Oued Smar.....	27
Figure 12 : Stade 4 feuille du blé dur.....	28
Figure 13 : Principaux étapes à suivre pour déterminer la teneur relative en eau.....	29
Figure 14 : Etapes à suivre pour le dosage des pigments chlorophylliens.....	30
Figure 15 : Courbe étalon du dosage des sucres solubles.....	31
Figure 16 : Dosage des sucres solubles.....	32
Figure 17 : Taux de la matière sèche (MS%).....	35
Figure 18 : Paramètre « Taux de sucres solubles ».....	36
Figure 19 : La longueur de la feuille.....	37
Figure 20 : La largeur de la feuille.....	38
Figure 21 : La surface foliaire	39
Figure 22 : La hauteur de la végétation.....	40
Figure 23 : Nombre de talles par pieds	41
Figure 24 : Longueur entre nœuds.....	42
Figure 25 : L'évaluation de la date de récolte.....	44
Figure 26 : l'exsertion	44
Figure 27 : Longueur de col de l'épi.....	45
Figure 28 : Longueur des épis avec barbe.....	46
Figure 29 : Longueur de l'épi sans barbe	47

Figure 30: Le nombre d'épi par un mètre linéaire.....	48
Figure 31 : Le nombre des grains par épi.....	49
Figure 32: Le poids de mille grains (PMG)	50
Figure 33: Estimation du rendement en grains	51

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01 : Bilan des importations de l'Algérie des principales céréales.....	3
Tableau 02 : Bilan des exportations de l'Algérie des principales céréales.....	4
Tableau 03 : Stade de développement, l'échelle de FEEKS et ZADOKS.....	9
Tableau 04 : Principaux ravageurs, maladies et adventices du blé dur.....	16
Tableau 05 : Paramètre phynologique et morphophysologique d'adaptation au déficit hydrique	24
Tableau 06 : Caractéristiques des 14 variétés de blé dur étudié.....	25
Tableau 07 : Données pluviométriques de l'année 2015/2016 d'Oued Smar.....	27

Introduction

Le blé dur constitue la première ressource en alimentation humaine et la principale source de protéines, il représente également une ressource privilégiée pour l'alimentation animale et de multiples applications industrielles (**Oudjani, 2009**). En termes de production commerciale et d'alimentation humaine, le blé dur prend mondialement, la cinquième place après le blé tendre, le riz, le maïs et l'orge avec une production de plus de 30 millions de tonnes (**Oudjani, 2009**).

L'Algérie avant les années 1830, exporte son blé au monde entier. Actuellement l'Algérie importe son blé et se trouve dépendante du marché mondial (**ACIA, 2006**).

Par sa position d'un grand importateur de blé, l'Algérie achète annuellement plus de 5% de la production céréalière mondiale, cette situation risque de se prolonger à plusieurs années, faute du rendement insuffisants et des besoins de consommation en croissance devant une forte évolution démographique (**Chellali, 2007**). En effet, une production très insuffisante de 2.7 Mt, pour couvrir les besoins du marché national et alimenter les stocks, pousse l'état algérien à faire un recours systématique aux importations (**FAO, 2007**).

Le rendement national en grain de cette culture est le plus faible du bassin méditerranéen à cause de la grande variabilité du climat qui se caractérise par l'augmentation de la température couplée à la baisse des précipitations, en plus la désertification et la sécheresse qui tuent les sols agricole (**Abeledo et al., 2008**). La pluviométrie en Algérie se caractérise par, deux saisons pluvieuses, l'une dominante en hiver, l'autre secondaire au printemps, des précipitations irrégulières à l'échelle journalière, annuelle et interannuelle, une sécheresse estivale, les précipitations diminuent d'Est en Ouest (1000 - 400 mm) et du Nord au Sud (1000 à moins de 130 mm) (**MATE, 2010**).

Les contraintes abiotiques souvent mises en cause dans notre pays sont la sécheresse, le gel (**Oudjani, 2009**) et en particulier les précipitations qui constituent le principal facteur limitant de la productivité de la culture du blé (**Mekhlouf et al., 2012**). Pour améliorer cette production et la rendre plus stable, plusieurs voies ont été suivies, dont la recherche des nouvelles variétés plus adaptées et plus résistantes à de telles conditions (**Hayek et al., 2000**).

L'amélioration génétique du blé dur des zones sèches reste basée sur la recherche d'une meilleure tolérance aux stress abiotique pour adapter la plante à la variabilité du milieu de production (**Amokrane, 2001**). La sélection du blé dur (*Triticum durum* Desf) des régions à fortes contraintes hydriques et thermiques a fait peu de progrès du point de vue amélioration

du rendement grain et de l'adaptation à l'environnement. Les difficultés résident dans l'identification et la caractérisation des paramètres liés à la résistance aux contraintes climatiques. La caractérisation des mécanismes qui contrôlent la tolérance aux stress et leurs liaisons avec l'adaptation au milieu constitue un axe de recherche d'actualité (**Bahlouli et al., 2005**). Alors, cette amélioration exige d'étudier, d'identifier et de vérifier les caractères phénologiques, morphologique, morpho-physiologique et biochimique liée au rendement.

Le stress est l'ensemble des conditions qui provoquent des changements des processus physiologiques résultant éventuellement en dégâts, dommages blessures, inhibition de la croissance ou de développement (**Hopkins, 2003**).

Au niveau cellulaire, l'eau est le principal véhicule pour les substances qui transitent d'un organe à l'autre, car elle achemine les éléments nutritifs vers les tissus et les organes. Un déficit en eau affecte toutes les fonctions de la plante (**Mouna et al., 2010**). L'acclimatation au déficit hydrique résulte d'une série d'évènement intégré à divers niveaux physiologique et biochimique qui aident à la rétention ou à l'acquisition de l'eau et à la protection des fonctions de la plante. Pour élaborer des programmes de sélection d'espèce et de variétés de blé tolérantes au stress hydrique, il est nécessaire de mieux comprendre la physiologie de la tolérance de cette espèce dans ces conditions.

Pour répondre à ces préoccupations, notre travail vient pour comparer le comportement de quatorze variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) cultivés en plein champ sous conditions naturelles (pluvial). En se basant sur la réponse physiologique (teneur relative en eau TRE %, dosage des pigments chlorophylliens), morphologique (exsertions, longueur de col de l'épi, longueur d'épi avec barbe et sans barbe, rendement, ... etc.), biochimique (Dosage des sucres solubles) et l'évaluation de la date de récolte (Mesure de la teneur en eau des grains) dans l'étage bioclimatique subhumide (ITGC - Oued Smar).

Notre travail est présenté en deux parties : La première partie porte sur une étude bibliographique, est composée de deux chapitres. Le deuxième volet du travail a été consacré pour l'étude expérimentale, elle est composée d'un chapitre matériel et méthodes, il s'agit d'une description détaillée des méthodes et matériel utilisé pendant la conduite de la culture sur le terrain et dans laboratoire. Un deuxième chapitre consacré pour présenter les résultats obtenus avec les interprétations et la discussion de ces résultats. Des perspectives s'ouvrent pour conclure cette étude.

Etude
Bibliographique

Chapitre I : Généralités sur le blé dur

I.1. Importance du blé dur

Les céréales occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans le système agricole. Ils sont considérés comme une principale source de la nutrition humaine et animale (Slama et al., 2005). En termes de production commerciale et d'alimentation humaine, le blé dur prend mondialement, la cinquième place après le blé tendre, le riz, le maïs et l'orge (Oudjani, 2009). Sur la scène mondiale, la superficie moyenne consacrée annuellement à la culture du blé dur s'étend sur environ 18 million d'hectare, ce qui donne une production annuelle moyenne approximative de 30 millions de tonnes métrique (CIC, 2002).

Le blé est une céréale importante en terme de consommation intérieure dans de nombreux pays du monde. Il sert principalement à la fabrication de semoule, cette dernière représente la matière première des pâtes alimentaires (Feillet, 2000).

En Algérie, le blé dur (*Triticum durum* Desf) est la première céréale cultivée dans le pays. Elle occupe annuellement plus d'un million d'hectares. La production nationale en blé dur est encore faible. Aujourd'hui, l'Algérie ne couvre que 30% de ses besoins alimentaires, le reste étant importé (Anonyme, 2008), ce qui met l'Algérie dans une position de dépendance vis-à-vis de l'extérieur (le marché mondiale). Le tableau ci-dessous (Tableau 01) résume le bilan des importations de l'Algérie des principales céréales.

Tableau 01 : Bilan des importations de l'Algérie des principales céréales.

Années	Blé dur		Blé tendre		Orge		Maïs		Total céréales	
	Quantités (T)	Valeur Millions (USD)	Quantités (T)	Valeur Millions (USD)	Quantités (T)	Valeur Millions (USD)	Quantités (T)	Valeur Millions (USD)	Quantités (T)	Valeur Millions (USD)
2014	1978421	783.5	5438502	1587	770222	196.4	4107867	975.5	12295012	3542.4
2015	1763454	782.9	6741393	1612	750025	164.5	4168109	871.6	13421981	3431
Variation	-10.9%	-0.1%	24%	1.6%	-2.6%	-16.2%	1.4%	-10.6%	9.2%	-3.1%
Tendance	↓	↓	↑	↑	↓	↓	↑	↓	↑	↓

Source : ONFAA à partir des données CNIS, (2015)

Le total des importations du blé dur en 2015 a atteint 1.76 millions de tonnes (soit 782.9 millions USD) avec une diminution de 10.9% en quantité par rapport à 2014 (environ 02 millions de tonnes) (Figure 01).

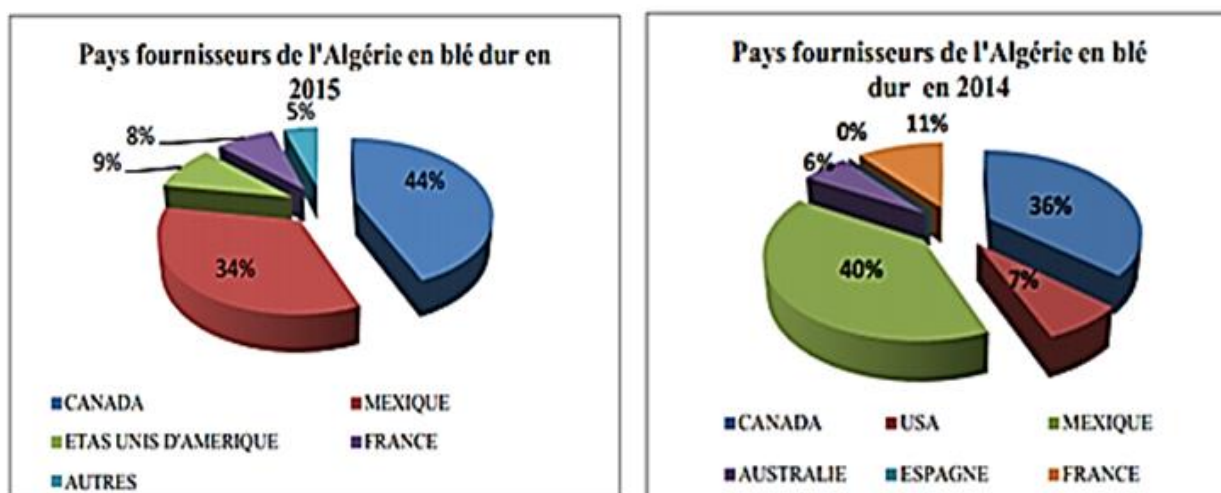


Fig 01 : Pays fournisseurs du blé dur pour l’Algérie (CNIS, 2014).

Le principale fournisseur de l’Algérie en 2014 est le Mexique à raison de 782 562 tonnes devant le Canada avec 722 750 tonnes. Par contre, en 2015 le Canada intervient pour 770 230 tonnes, et le Mexique à 598 443 tonnes.

Les exportations algériennes restent très limités, voir insignifiante ; les exportations ont été évalué à 10 tonnes de blé dur vers la France en 2014 soit 10725,7 USD et 11 tonnes en 2015 vers le Canada soit 4347,9 USD. Le tableau 02 résume le Bilan des exportations de l’Algérie des principales céréales.

Tableau 02 : Bilan des exportations de l’Algérie des principales céréales.

Années	Pays fournisseurs	Blé dur		Blé tendre (t)		Total	
		Quantité (T)	Valeur (USD)	Quantité (T)	Valeur (USD)	Quantité (T)	Valeur (USD)
2014	France	10	10725.7	17.3	20735.5	27.3	31461.2
2015	Canada	11	4347.9	0	0	11	4347.9

Source : ONFAA à partir des données CNIS, (2015)

I.2. Origine génétique

Le terme générique ‘blé’ désigne selon Shewry (2009) à la fois les différentes espèces du genre *Triticum* et le grain.

Bien vite renforcée par les premiers travaux de cytogénétique qui aboutissent à la détermination des nombres chromosomiques des différents blés : les blés cultivés, et leur apparentées, ont alors été classés par les botanistes en trois groupes principaux: espèces diploïdes comme l’engrain (*Triticum monococcum* $2n = 14$), des espèces tétraploïdes comme l’amidonnier (*Triticum dicoccum* $2n = 28$) ou le blé dur (*Triticum durum*) et des espèces hexaploïdes telles que le blé tendre (*Triticum aestivum* $2n = 42$) (Feldman, 1995)

Génétiquement le blé dur est allotétraploïde (deux génome : AABB), comptant au total 28 chromosomes ($2n=4x=28$), contenant le complément diploïde complet des chromosomes de chacune des espèces souches . Comme telle, chaque paire de chromosomes du génome (A) a une paire de chromosomes homologues dans le génome (B), à laquelle elle est étroitement apparentée (Wall et al., 1971).

L’hybridation interspécifique spontanée et le doublement du nombre chromosomique de *Triticum monococcum* L. subsp. *Boeoticum* (synonyme : *Triticum urartu* : AA :14 chromosomes) avec une espèce proche d’*Aegilops sepltoïdes* (BB), a permis l’apparition du blé dur sauvage (*Triticum turgidum* ssp *dicoccoides*) au génome AABB (Hoyt, 1992; Feldman, 1976) qui a été domestiqué plus tard sous la forme du blé amidonnier (*Triticum turgidum* ssp . *dicoccum*) (Feillet, 2000).

Des milliers d’années de culture et de sélection ont abouti à la formidable variabilité de blé tétraploïde issu de l’amidonnier sauvage. Un certain nombre de sous-espèces ont donc été caractérisées, principalement d’après les caractères morphologiques.

Parmi tous les blés tétraploïdes cultivés, *Triticum turgidum* ssp. *durum* est de loin le plus important (Feldman, 2001) (Figure 02).

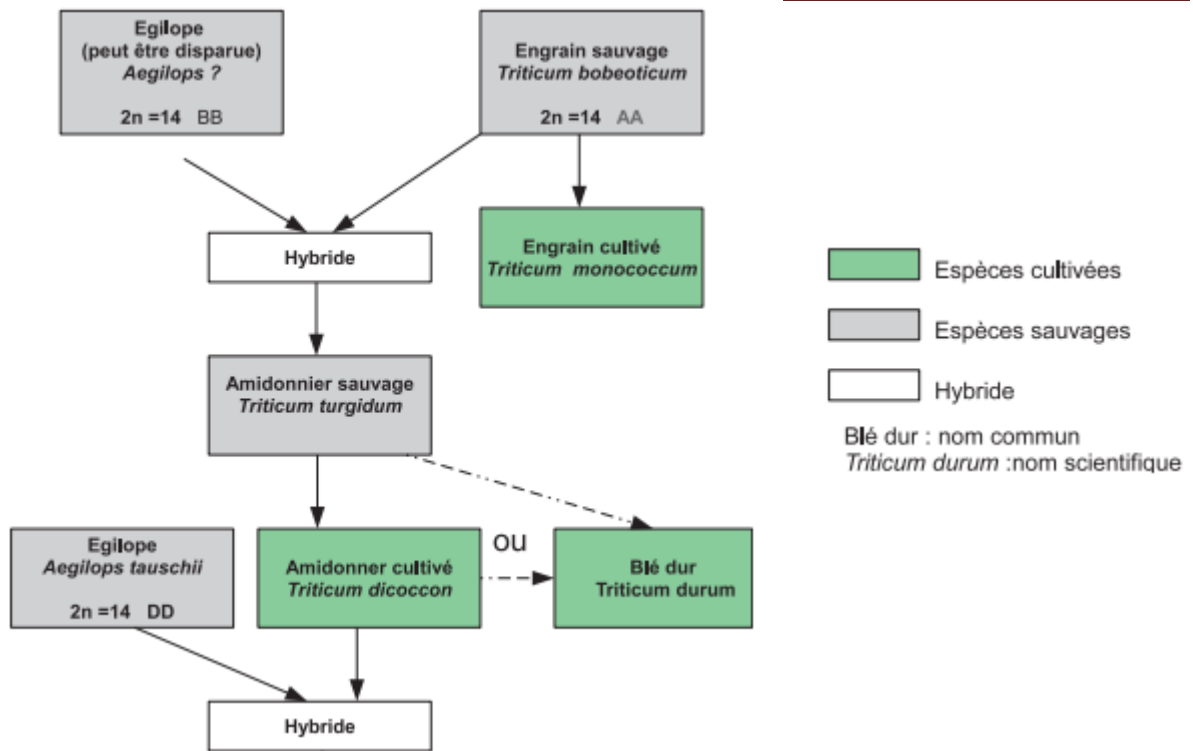


Fig 02 : l'origine génétique de blé dur (Feldman, 2001).

I.3. Description morphologique de la plante

Il s'agit d'une graminée annuelle de hauteur moyenne et dont le limbe des feuilles est aplati. L'inflorescence en épi terminal se compose de fleurs parfaites (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 tige et constituent le système racinaire permanent. Le blé dur possède une tige cylindrique, dressée, habituellement creuse et subdivisée en entre nœuds. Certaines variétés possèdent toutefois des tiges pleines. Le chaume (talles) se forme à partir de bourgeons axillaires aux nœuds à la base de la tige principale (Bozzini, 1988). Le nombre de brins dépend de la variété, des conditions de croissance et de la densité de plantation (Clarck et al., 2002).

Comme pour d'autres graminées, les feuilles du blé dur se composent d'une base (gaine) entourant la tige, d'une partie terminale qui s'aligne avec les nervures parallèles et d'une extrémité pointue (Figure 03). Au point d'attache de la gaine de la feuille se trouve une membrane mince et transparente (ligule) comportant deux petits appendices latéraux (oreillettes) (Bozzini, 1988).

La tige principale, et chaque brin, porte une inflorescence en épi terminale. L'inflorescence chez le blé est de type «épi», avec une unité morphologique de base qui est l'épillet. Le rachis, ou axe de l'épi, porte de 15 à 25 épillets, organisés en 2 rangées situées de part et d'autre de l'axe (**Bednarek, 2012**). Chaque fleur parfaite est renfermée dans des structures semblables à des bractées, soit la glumelle inférieure et la glumelle supérieure. Chacune compte trois étamines à anthères biloculaires, ainsi qu'un pistil à deux styles à stigmates plumeux. À maturité, le grain de pollen fusiforme contient habituellement trois noyaux. Chaque fleur peut produire un fruit à un seul grain, soit le caryopse (**Boozzini, 1988**). Chaque graine contient un large endosperme et un embryon aplati situé à l'apex de la graine et à proximité de la base de la fleur (Figure 04) (**Soltner, 1998**).

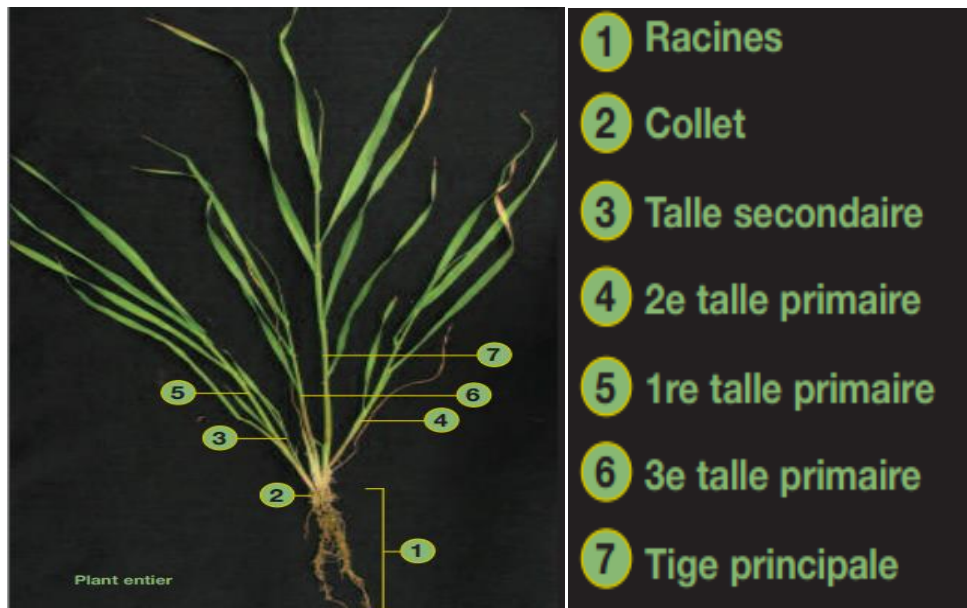


Fig 03 : L'appareil végétatif du blé (**Jamie et al., 2012**).

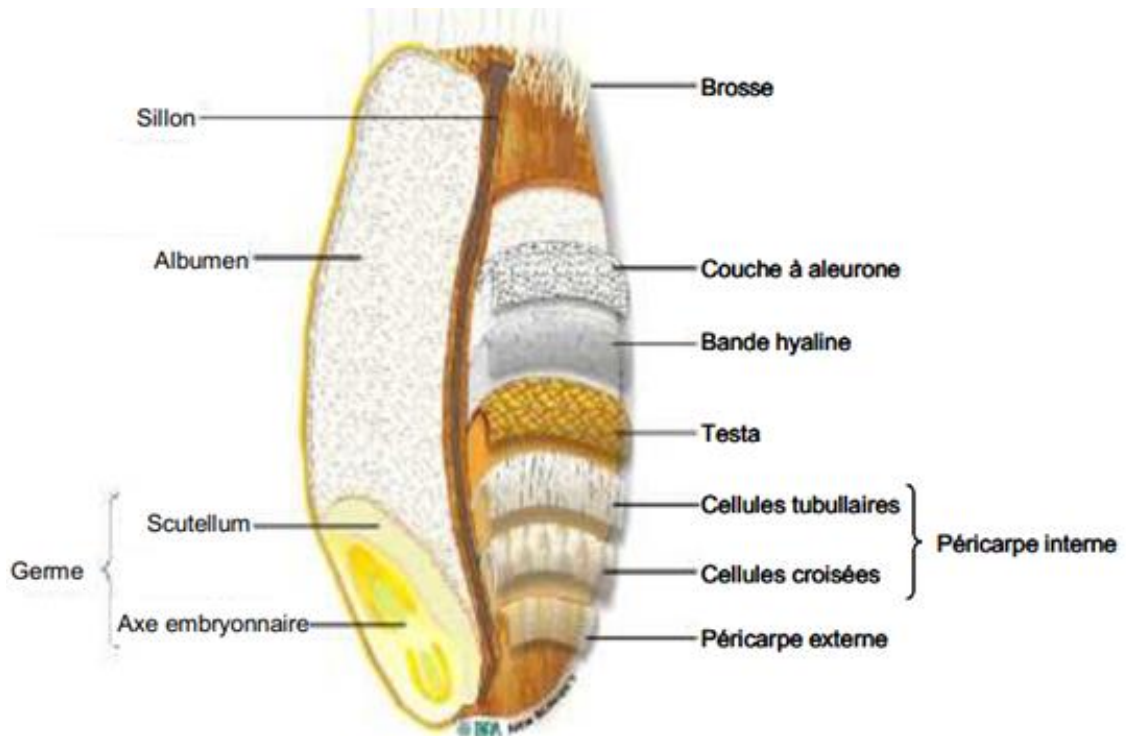


Fig 04 : Histologie du grain de blé (Surget et Barron, 2005).

I.4. Cycle végétatif du blé

On distingue trois périodes importantes dans le cycle végétatif du blé : une période végétatif, une période de reproduction et une période de maturation. Les modifications morphologiques résultent du processus de croissance et de développement. Pour caractériser le cycle du blé, différentes échelles de notation ont été développées. Il existe :

- L'échelle de Jonard et *al.* (1952) utilisée pour reconnaître les stades de développement par des changements d'aspect externes (levée, montaison, ...).
- L'échelle de Zadoks et *al.* (1974) utilisée pour reconnaître les stades de développement par des modifications d'aspect interne (différenciation de l'épi, stade épi 1cm) (Gate, 1995).

Le tableau 03 montre les stades de développement des céréales et les échelles de FEEKS et ZADOKS (Gate, 1995).

Tableau 03: Stade de développement, l'échelle de FEEKS et ZADOKS

Stade	FEEKS	ZADOKS	Caractéristiques
Levée	1	7	Sortie de la coléoptile
		10	1 ^{ère} feuille traversant le coléoptile
		11	1 ^{ère} feuille étalée
		12	2 ^{ème} feuille étalée
		13	3 ^{ème} feuille étalée
Début tallage	2	21	Formation de la 1 ^{ère} talle
Plein tallage	3	22	2 à 3 talles
		23	
Fin tallage	4	24	
		25	
Epi 1 cm	5	30	
1-2 nœuds	6	31	1 nœud
	7	32	2 nœuds élongation de la tige
Gonflement l'épi gonfle la graine de la dernière feuille	8	37	Apparition de la dernière feuille.
	9	39	Ligule visible (méiose mâle).
	10	45	Graine de la dernière feuille sortie.
Epiaison	10-1	49-51	Graine éclatée
	10-2	53	¼ épiaison
	10-3	55	½ épiaison
	10-4	57	¾ épiaison
	10-5	59	Tous les épis sortis
Floraison	10-5-1	61	Début floraison
	10-5-2	65	Demi-floraison
	10-5-3	69	Floraison complète
Formation du grain	10-5-4	71	Grain formé
	11-1	75	Grain laiteux
	11-2	85	Grain pâteux
	11-3	91	Grain jaune
	11-4	92	Grain mûr

(Gate, 1995).

I.4.1. Période végétative

Elle s'étend du semis au début de la montaison, elle est subdivisée en plusieurs phases :

➤ **Phase germination :** La germination commence quand le grain a absorbé environ 25% de son poids d'eau. Les téguments se déchirent, la racine principale, couverte d'une enveloppe appelée Coleorhize, apparait, suivie par la sortie de la première feuille, couverte d'une enveloppe appelée Coléoptile, à la surface du sol, puis apparaissent d'autres racines et feuilles (Figure 05). La durée de cette phase varie avec la température de 8 à 15 jours (Clement et Prat, 1970).

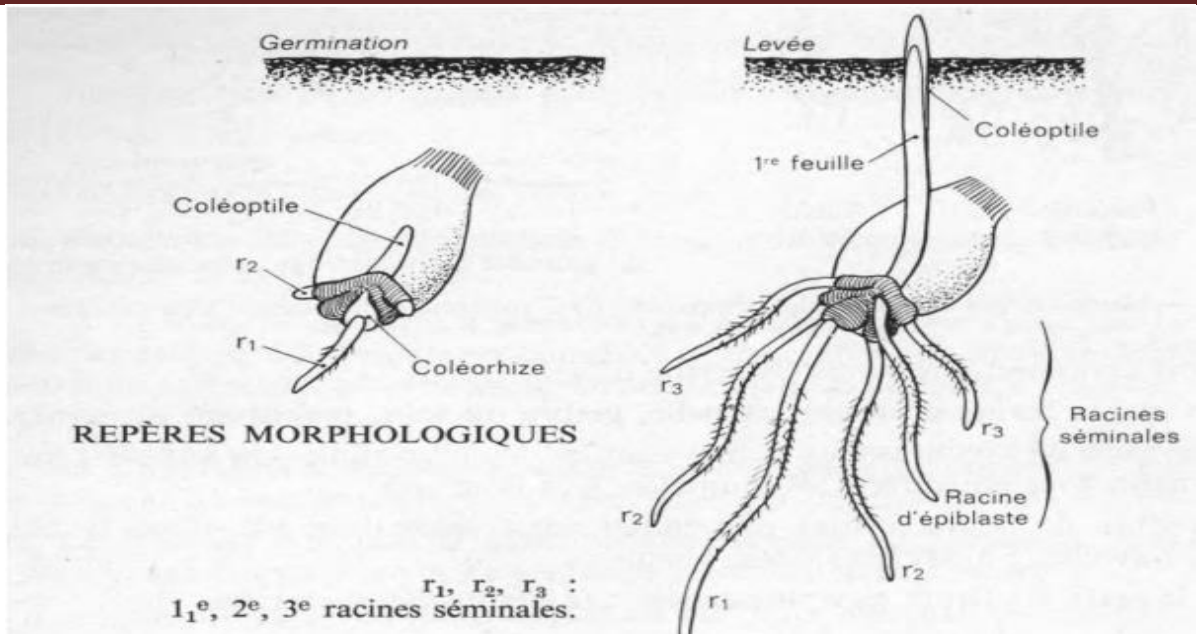


Fig 05 : La phase gemination de blé (Moule, 1971) .

➤ **Phase levée**

Cette phase correspond à la mise en place du nombre de pieds/m². Le sol est percé par le coléoptile qui est un étui protecteur de la première feuille. La levée est noté quand 50% des plantes sont sorties de la terre (Figure 06). Pendant cette phase les jeunes plantes sont sensibles au manque d'eau qui provoque une perte des plantes et au froid qui provoque l'échaudage (Karou *et al.*, 1998).

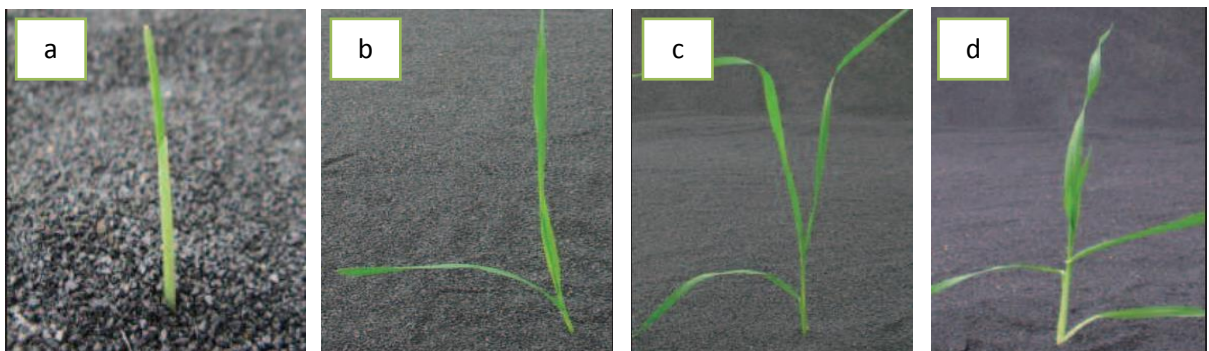


Fig 06 : Etapes de la phase levée (Jamie *et al.*, 2012).

a : Première feuille - sortie du coléoptile, **b** : 02 feuilles déroulées, **c** : 03 feuilles déroulées,
d : 05 feuilles déroulées

➤ **Tallage**

Cette phase s'amorce à partir de la quatrième feuille. Le début du tallage est marqué par l'apparition de l'extrémité de la première feuille de la talle latérale primaire puis d'autres talles naissent successivement à l'aisselle des 2^{ème} et 3^{ème} feuille de la tige centrale ; l'ensemble restant court noué, formant un plateau de tallage situé juste au niveau du sol (Figure 07). Ces talles primaires peuvent ensuite émettre des talles secondaires, lesquels à leur tour émettent des talles tertiaires (Belaid,1986 ; Gates,1995). La fin du tallage est celle de la fin de la période végétative, elle marque le début de la phase reproductive, conditionnée par la photopériode et la vernalisation qui autorisent l'élongation des entrenœuds (Gate,1995).

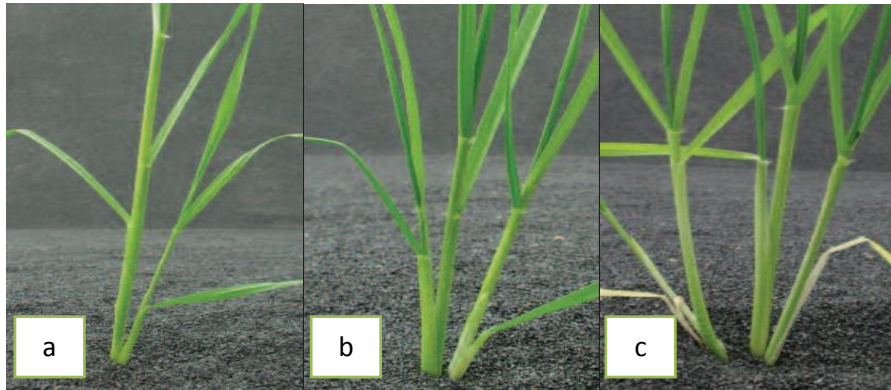


Fig 07 : Phase de tallage (Jamie et al., 2012).

a : Tige principale et une talle, **b :** Tige principale et 2 talles, **c :** Tige principale et quatre talles.

I.4.2. Période de reproduction

Elle s'étend de la montaison à la fécondation :

➤ **Montaison- Gonflement**

Elle se manifeste à partir du stade épi à 01cm, par l'élongation du premier entrenœud. Ce stade est repérable une fois l'ébauche de l'épi du brin-maitre atteint 01cm de hauteur à partir de la couronne ou plateau de tallage (Gate, 1995). Ce stade est sensible aux basses températures variant entre +4 et 0°C. Selon Baldy (1984), la montaison constitue la phase la plus critique du développement du blé. Tout stress hydrique ou thermique au cours de cette phase réduit du nombre d'épis montants par unité de surface (Figure 08). Cette

phase s'acheve une fois l'épi prend sa forme définitive à l'intérieur de la gaine de la feuille étandard qui gonfle. La durée de la phase est de 29 à 30 jours (Clement et Prat, 1970).

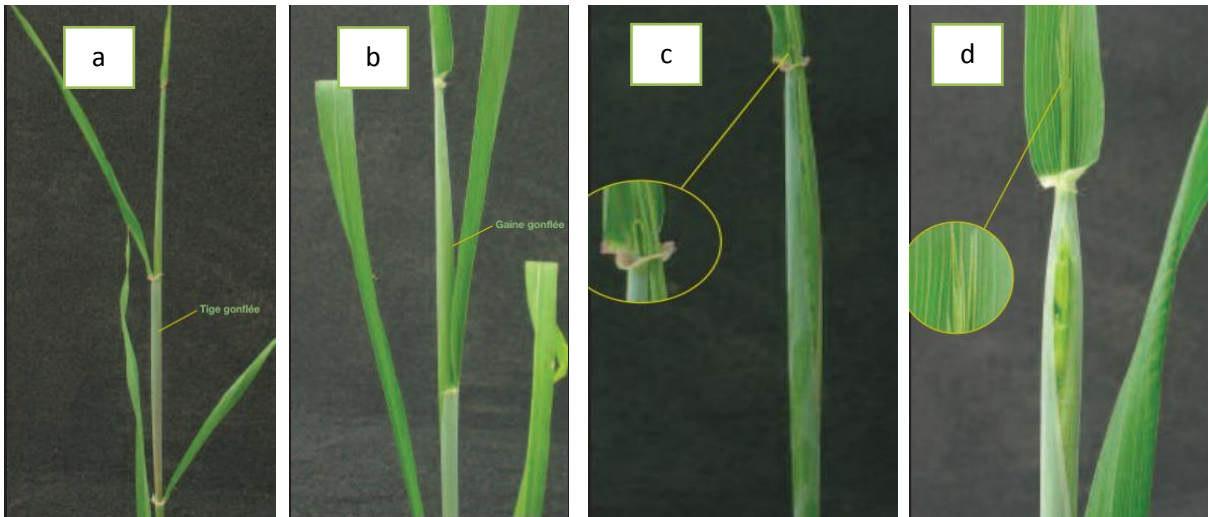


Fig 08 : La phase de Montaison- Gonflement (Jamie et al., 2012).

a :Gonfelement de la tige, **b** : Gonfelement de la gaine, **c** : Ouverture de la feuille étandard, **d** : Premières barbes visibles.

➤ **Epiaison- floraison :**

L'épiaison est déterminé par l'apparition de l'épi hors de la gaine de la dernière feuille. Les épis dégainés fleurissent généralement entre 4 à 8 jours après l'épiaison (Bahlouli et al., 2005). Les basses températures au cours de ce stade réduisent fortement la fertilité des épis (Abbassenne et al., 1998). Sa duré est de 16 à 17 jours (Clement et Prat, 1970).

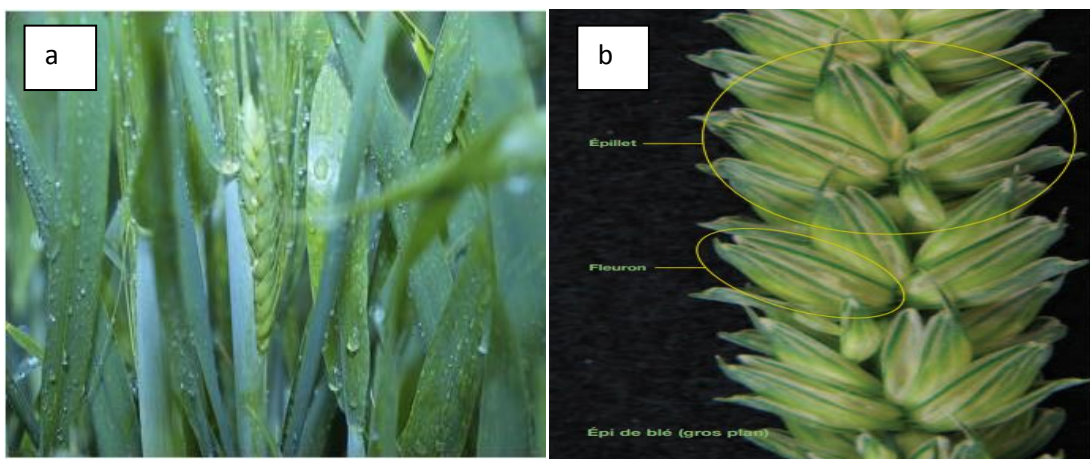


Fig 09 : Stade épiaison du blé.

a : le stade épiaison du blé dur (Haddad, 2010) ; **b** : épi du blé (Jamie et al., 2012).

➤ Remplissage du grain

Après fécondation, l'évolution du poids du grain se fait en trois étapes : La première est une phase de multiplication des cellules du jeune grain encore vert dont la teneur en eau est élevée ; la deuxième est une étape de remplissage actif du grain avec les assimilats provenant de la photosynthèse de la feuille étandard et du transfert des hydrates de carbones non structuraux stockés dans le col de l'épi, la quantité d'eau contenue dans le grain tend à se stabiliser (c'est le pallier hydrique), les fortes températures au cours de cette période provoquent l'arrêt de la migration des réserves des feuilles et de la tige vers le grain (c'est l'échaudage du grain) ; en fin l'étape de dessèchement du grain, qui perd de son humidité pour atteindre son poids sec final (**Wardlaw, 2002**).

➤ Maturation du grain

La maturation succède au stade pâteux (dont l'humidité est de 45%), elle correspond à la perte progressive de l'humidité en passant par divers stades (**Gates, 1995**) : La maturation débute à la fin du pallier hydrique marqué par la stabilité de la teneur en eau du grain pendant 10 à 15 jours, au-delà de cette période, le grain ne perd que l'excès d'eau qu'il contient et passera progressivement au stade rayable à l'ongle contenant 20% d'humidité puis cassant sous la dent ayant 15-16% d'humidité.

I.5. Classification du blé

➤ Classification botanique : Le blé dur est une plante herbacée, appartenant au groupe des céréales à paille. D'après la classification de Bonjean et Picard (**1990**), il est une monocotylédone classé de la manière suivante :

Regne	:	végétale
Embranchement	:	Spermaphytes
S/Embranchement	:	Angiospermes
Classe	:	Monocotylédones
Supper ordre	:	Commilini-florales
Ordre	:	Poales
Famille	:	Graminacées (Graminées) (Poacées)

Genre : *Triticum sp.*

Espèce : *Triticum durum* Desf

(Nom scientifique : *Triticum turgidum* L. subsp. *durum* Desf).

Différentes classifications basées sur des critères morphologiques ont été proposées par des nombreux auteurs (**Kornicke, 1989**). Ce type de classification a eu le mérite d’orienter la recherche de gènes susceptibles d’intéresser le sélectionneur sur le plan des caractéristiques agronomiques tels que la résistance aux basses températures, la précocité, les grains gros et vitreux.

Chapitre II : Effet des facteurs biotiques et abiotiques sur la plante

II.1. Effet des facteurs biotique sur le blé

Comme toutes les autres plantes cultivées par l'homme, les céréales à paille peuvent être attaquées par un grand nombre d'organismes parasites macroscopiques et microscopiques. Ces organismes peuvent être groupés en:

➤ **Parasites animaux**

Ils comprennent l'ensemble des ravageurs inclus dans le règne animal allant des vers, aux mammifères : nématodes, insectes, oiseaux, rats. (Richards et al., 1985) Ces agents blessent les parties souterraines ou aériennes de la plante. A titre d'exemple les (nématodes) provoquent des coupures ou des déformations du système racinaire, comme Le nématode *Meloidogvnaasi* qui provoque un ralentissement de la croissance chez les céréales à paille et peut même réduire ou inhiber l'épiaison, les insectes et les oiseaux provoquent des dégâts mécaniques sur les parties aériennes (ACTA, 1971).

➤ **Champignons**

L'infection par les champignons pathogènes peut être à l'origine de maladies provoquant des pertes assez importantes à la culture de blé. Les champignons pouvant s'adapter à tous les milieux, absorbent les éléments nutritifs qu'ils se puisent dans les tissus de l'hôte. Parmi ces champignons on distingue (Prescott et al., 1987) : (*Puccinia* sp.: Agent des rouilles), (*Erysiphe* sp.: Agent de l'oïdium), (*Tillitia* sp.: Agent des caries), (*Ustilago* sp.: Agent des charbons) et (*Fusarium* sp. : Agent des fusarioses).

➤ **Bactéries**

Ces micro-organismes pathogènes peuvent être disséminés par les insectes, le vent, l'eau. Des blessures superficielles ou des stomates ouverts permettent aux bactéries de pénétrer dans les tissus de la plante hôte. Elles envahissent le système vasculaire ou les espaces intercellulaires et provoquent des nécroses par les toxines ou les enzymes qu'elles sécrètent. Parmi ces bactéries on peut citer: *Pseudomonas syringae*: agent de la brûlure bactérienne de la feuille (Prescott et al., 1987).

➤ Mauvaises herbes

Elles comprennent les plantes adventices qui exercent une concurrence avec les plantes cultivées. Elles peuvent être nuisibles par compétition pour les éléments nutritifs, l'eau, la lumière et l'air (tableau 04).

Tableau 04 : Principaux ravageurs, maladies et adventices du blé dur.

Stade végétative	Maladies cryptogamiques	Ravageurs	Adventices (mauvaises herbes)
Semi-Levée	Fonte de semis	Limaces, mouches, grises des céréales, tipules, taupins	Folle avoine Ray-grass Paturin
Levé- tallage	Maladies du pied : Rhizoctone	Puceron	Vulpin, Gaillet Matricaire Veronique, Agrostide
Montaison	Rouilles Verse Oïdium	Cnephasia (Tordeuse) Agromyza Oiseaux	
Epiaison	Rhynchosporiose, Fusariose Septoriose Charbans	Cecidomyes des épis Puceron Oiseaux	En plus des adventices cités dessus on a : Chénopodes, Chardon, Coclifot, Liseron.

(Richards *et al.*, 1985)

II.2. Les facteurs abiotiques

- **Notion de stress**

Le stress correspond à toute condition de l'environnement ou combinaison de conditions qui empêche la plante de réaliser l'expression de son potentiel génétique pour la croissance, le développement et la reproduction. En outre la température extérieure, le degré d'humidité relative de l'air et l'importance des vents modifient les besoins en eau des plantes (Morsli, 2010)

II.2.1. Effet de la sécheresse, les hautes températures et le stress hydrique sur la plante**➤ Le stress hydrique**

A été défini comme une baisse de la disponibilité de l'eau traduisant par une réduction de la croissance de la plante et/ou de sa reproduction par rapport au potentiel du génotype. La contrainte hydrique est le facteur ou l'ensemble de facteurs ayant, pour conséquence le stress. D'autres auteurs limitent la définition du stress aux seules conditions correspondant à une hydratation suboptimale des tissus (**Lamaze et al., 1994**). D'après Levitt (**1980**), ce stress hydrique peut provenir soit d'une activité d'eau insuffisante soit excessive dans l'environnement de la plante. De même qu'il peut être temporaire (durant les heures les plus chaudes de la journée) ou permanent (durant une période plus ou moins longue de sécheresse). Ce dernier type de sécheresse s'il venait à persister finit en général par tuer la plante.

Le déficit hydrique est un phénomène courant durant le cycle de développement des plantes, il est lié à l'évapotranspiration. Il se traduit rapidement par une réduction de la croissance de la plante. Le stress hydrique s'installe dans la plante quand l'absorption ne peut satisfaire la demande de la transpiration. La plante perd une partie de son eau d'imbibition et la majeure partie des processus physiologiques commence à être affectés (**Baldy, 1993; Gate, 1995**).

➤ La sécheresse

Est parmi les facteurs qui expliquent la faiblesse et la variabilité des rendements des céréales. Le rendement d'une culture sera affecté en fonction de l'intensité du déficit hydrique et de sa position dans le cycle de la plante (**Gate, 1995**).

Selon Azzi (**1954**) la période critique par rapport à l'eau c'est-à-dire sa disponibilité dans le sol est chez le blé, quinze jours précédant l'épiaison. Si au cours de cette période, l'humidité du sol reste inférieure à la limite compatible avec le développement normal de la plante, la récolte sera compromise même si durant la période végétative les conditions ont été favorables.

➤ Les hautes températures

Les hautes températures sont parmi les facteurs importants intervenant dans la limitation des rendements (**Bahlouli et al., 2005**). Selon Mazouz (**2006**), les températures supérieures à 30°C réduisent du poids final de grain. Elles affectent aussi les organes floraux ainsi que le fonctionnement de l'appareil photosynthétique.

II.2.1.1. Effet sur la morphologie

On note principalement une diminution importante de la taille et de la surface foliaire. La réduction de la surface foliaire provient d'une diminution de l'expansion foliaire et/ou d'une sénescence accélérée des feuilles.

II.2.1.2. Effet sur la physiologie et la biochimie de la plante

Au niveau de la plante de nombreuses modifications physiologiques sont provoquées par la sécheresse comme l'augmentation du taux d'acide abscissique, l'ajustement osmotique et l'accumulation de solutés comme la proline et les sucres solubles (**Sandhu et Laude, 1985**).

Sous un stress hydrique, une diminution de la teneur en chlorophylle est remarquée chez le blé dur (**Bousba et al., 2009**), s'accompagne en plus de la perte de turgescence des cellules, d'une fermeture des stomates qui est une réponse automatique dont le but est de minimiser les pertes d'eau par transpiration. Cette fermeture des stomates est considérée comme une « première ligne de défense » contre la dessiccation, car c'est un processus rapide et plus flexible que d'autres alternatives (**Calmes et al., 1985**).

II.2.1.3. Effet sur le rendement et ses composantes

Le déficit hydrique, de nature intermittente, est une des principales causes des pertes de rendement du blé dur, pouvant aller jusqu'au sinistre total. Il affecte toutes les composantes du rendement et en particulier le nombre de grains par épi et le poids moyen du grain (**Chennafi et al., 2006**). Selon (**Debaeke et al., 1996**), le déficit hydrique précoce, au cours de la montaison, réduit le nombre d'épis et le nombre de fleurs fertiles par épillet et par conséquence le nombre de grains par épi (**Abbassenne et al., 1998; Benbelkacem et Kellou, 2001**).

Le manque d'eau après la floraison, combiné à des températures élevées, entraîne une diminution du poids de 1000 grains par altération de la vitesse de remplissage des grains et de la durée de remplissage (**Triboï, 1990**). Au cours du remplissage des grains, le manque d'eau a pour conséquence une réduction de la taille des grains (échaudage), réduisant par conséquent le rendement (**Gate, 1995**).

II.2.2. Mécanisme d'adaptation du blé dur au changement climatique

L'adaptation se définit comme la capacité d'une plante à croître et à donner des rendements satisfaisants dans des zones sujettes à des stress de périodicités connues. La notion d'adaptation est liée à celles de résistance et de tolérance aux stress.

Pour Levitt (1980), l'adaptation prend trois formes distinctes. L'esquive, qui est la situation où la plante grâce à un rythme de développement spécifique, réussit à s'harmoniser à l'environnement de production, en échappant partiellement ou complètement au stress. L'adaptation générale et spécifique renvoie aux notions de niveau et de régularité de rendement en grains (Finlay et Wilkinson, 1963)

Selon Levitt (1982), l'adaptation des végétaux au déficit hydrique obéit à 3 formes distinctes ; l'esquive, l'évitement et la tolérance :

➤ L'esquive

Est basée sur la plasticité de la phénologie de la variété. Elle consiste à réaliser le 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 (Levitt, 1982).

L'esquive est une adaptation à l'environnement qui permet aux plantes d'éviter les périodes critiques pour leur bon développement. Les agriculteurs utilisent cette stratégie des plantes pour placer le cycle cultural pendant des périodes où les conditions sont favorables. Il s'agit, par exemple, d'éviter les cultures d'été ou de développer des variétés à cycle de développement plus court dans le but d'éviter les périodes de l'année les plus stressantes pour les plantes. L'esquive ne peut se raisonner qu'à l'échelle de l'exploitation agricole et des systèmes de culture (Levitt, 1982).

➤ L'évitement

Permet aux plantes de limiter les effets du stress, grâce à des adaptations comme le flétrissement, ou encore l'enroulement des feuilles. Cette stratégie permet la survie au dépend de la productivité.

L'évitement permet de maintenir par divers mécanismes un statut hydrique ou thermique élevé dans la plante lui permettant de maintenir un statut hydrique interne nécessaire à un fonctionnement plus ou moins normal des fonctions physiologiques sans trop

grande perturbation. Il est peut être obtenu par la limitation de la transpiration par la fermeture des stomates ou par le phénomène d'enroulement foliaire. Ces derniers ont des incidences plus ou moins grandes sur la perte de la turgescence (**Hsiao et Bradford, 1984**).

El Hakimi (**1992**) mentionne la stratégie d'adaptation par le développement d'un système racinaire extensif et profond pour résister à la sécheresse de l'air.

➤ **La tolérance**

Face au déficit hydrique, la réaction de la plante dépend d'un certain nombre de facteurs liés notamment au génotype, à ce stade de développement et à l'intensité et durée du stress (**Turner, 1997**). Elle permet un maintien des fonctions cellulaires indispensables à la survie, grâce à des réponses spécifiques et ciblées (**Gaufichon et al., 2010**).

La tolérance est la stratégie qui permet à la plante d'assurer ses fonctions physiologiques malgré une dégradation de son état hydrique. Le maintien de la turgescence lors d'un déficit hydrique permet de retarder la fermeture des stomates (**Passioura, 1996**), de maintenir le volume chloroplastique et de réduire le flétrissement foliaire (**Blum et Ebercon, 1981; Medrano et al., 2003**). Cette aptitude confère à la plante une meilleure tolérance au déficit hydrique interne.

D'un point de vue agronomique, la tolérance à la sécheresse est la capacité de la plante à croître et donner des rendements satisfaisants dans des zones sujettes à des déficits hydriques épisodiques (**Chaves et Oliveira, 2002**). Jones (**1992**) a défini et établi une classification des 'stratégies' d'adaptation des plantes à la sécheresse.

II.2.2.1. Adaptation phénologiques

Il s'agit d'éviter les périodes critiques du cycle de développement (hautes températures, déficit hydrique) en les situant en dehors des moments de risque de survenue d'accidents climatiques. Ces paramètres renvoient à la notion d'esquive ou d'évitement grâce à l'utilisation de génotypes précoces. D'après Papadakis (**1983**), la précocité d'un génotype par rapport à un autre se matérialise par le nombre de jours à réaliser jusqu'à l'épiaison lorsqu'ils sont semés et à la même date. De ce fait l'utilité de la sélection se basant sur la précocité dans la date d'épiaison est plus à même de répondre aux soucis d'éviter à la plante des contraintes liées aux froids tardifs et surtout la sécheresse et les hautes températures de fin de cycle (**Van oosteram et al., 1993**).

II.2.2.2. Adaptation morphologique

✓ Hauteur de la plante

Il a été admis que les variétés de céréales les plus tolérantes à la sécheresse sont celles qui se caractérisent par une paille haute. Cette tolérance résulterait de l'aptitude à remplir correctement le grain en phase terminale du cycle grâce aux quantités d'assimilés stockées dans la tige et particulièrement au niveau du col de l'épi (**Blum, 1988**). Elle s'expliquerait aussi et souvent par le fait qu'une paille élevée est associée à un système racinaire profond capable d'une meilleure aptitude d'extraction de l'eau du sol (**Bagga et al., 1970**).

✓ Présence des barbes

Les barbes augmentent chez les céréales la possibilité d'utiliser les assimilés lors de la phase de maturation des graines. Elles arrivent à contribuer pour environ 15% au remplissage du grain du fait qu'à ce moment, elles sont les seuls organes qui restent photosynthétisant (**Grignac, 1965**).

Selon Blum (**1988**) l'activité photosynthétique est moins affectée par les hautes températures de fin de cycle que la feuille étandard. Grignac (**1965**) indique que les blés barbus sont plus résistants que les blés faiblement aristés lors d'un déficit hydrique.

✓ Longueur du col de l'épi

Ce paramètre constitue un bon indicateur de tolérance au déficit hydrique (**Fisher et al., 1978**). Le rôle de ce paramètre s'expliquerait par la quantité d'assimilés stockée par ces organes susceptibles d'un transfert vers le grain en cas de déficit terminal (**Gate et al., 1990**).

✓ Densité racinaire

La densité racinaire vue sous l'angle du nombre et de la profondeur est un indicateur de l'aptitude de la céréale à extraire de l'eau du sol surtout en zones sèches où elle manifeste un dynamisme dans la croissance (**Richards et Passiora, 1981**). Hurd (**1968**), cité par Némmar (**1983**), mentionne qu'un système racinaire bien développé contribue à l'obtention d'un bon rendement en grains en cas de déficit hydrique. Ces mêmes auteurs et suite à une étude réalisée sur quelques variétés algériennes et étrangères de blé dur, ont constaté une réduction de la masse racinaire sèche reflétant l'inhibition de la croissance due au déficit hydrique avec diminution du diamètre liée à une contraction et une perte de turgescence des racines. D'après Cruiziat (**1974**), ce phénomène aurait alors pour effets induits :

- ✓ Une contribution importante des racines aux pertes en eau de la plante,
- ✓ Une réduction de la perméabilité à l'eau des tissus racinaires entraînant une réduction de l'absorption,
- ✓ Une réduction des surfaces de contact sol-racines et une augmentation concomitante des résistances sol-plantes au transfert de l'eau

II.2.2.3. Adaptation physiologique

➤ La teneur en chlorophylle

Selon Féret (2009), La chlorophylle est le principal pigment photosynthétique. Elle est présente chez presque tous les organismes photosynthétiques et est à l'origine de leur couleur verte car elle absorbe fortement la lumière visible dans les longueurs d'onde correspondant au bleu et au rouge.

Deux structures remarquables caractérisent cette molécule :

- Un noyau tétrapyrrolique ou chlorine, contenant un atome de magnésium en son centre ; c'est la chlorophylle b
- Une chaîne terpénique ou phytol, constituée de vingt atomes de carbone. Il existe différentes formes de chlorophylles, présente la chlorophylle a.

La teneur en pigments foliaires constitue une des principales signatures de l'état physiologique des plantes. La mesure de l'évolution de l'équipement pigmentaire dans les feuilles permet de déterminer le stade phénologique, différencier les populations d'un écosystème, révéler les carences et les situations de stress éventuelles (Féret, 2009).

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.

➤ La régulation stomatique

Dans le cas du blé, de nombreux auteurs ont mis en avant l'intérêt d'une stratégie de conservation de l'eau du sol, basée notamment sur un mécanisme de régulation stomatique permettant d'économiser l'eau du sol pour allonger la durée effective de photosynthèse et de fonctionnement du couvert (Slama, 2002).

L'augmentation du nombre de stomates par unité de surface pourrait être un des facteurs de résistance au stress hydrique chez les céréales si elle est accompagnée par une bonne activité physiologique (Slama, 2002). En effet, un nombre élevé de stomates peut engendrer des stomates de petite taille et à fermeture rapide (Djekoun et Ykhlef, 1996).

La fermeture des stomates représente le premier mécanisme détectable avant toute modification des autres paramètres hydriques tels que le potentiel hydrique foliaire, le potentiel osmotique et la teneur relative en eau (Djekoun et Ykhlef, 1996).

➤ **La teneur relative en eau**

Ou turgescence cellulaire figure parmi les nombres critères d'évaluation de la tolérance au stress hydrique. C'est une caractéristique liée en premier au génotype. Elle permet à la plante de maintenir un statut hydrique foliaire capable de garantir la continuité de l'activité métabolique dont entre autres la photosynthèse. Cette teneur dépend de 3 facteurs à savoir :

La capacité d'extraction de l'eau du sol, le contrôle des pertes de l'eau par les surfaces foliaires et les possibilités d'ajustements osmotiques. Araus et *al.*, (1991) mentionnent que les génotypes qui maintiennent une teneur relative en eau élevée sont les plus résistantes à la sécheresse.

➤ **Ajustement osmotique**

L'intérêt porté aux caractères physiologiques et biochimiques d'adaptation aux contraintes environnementales a suscité l'attention de nombreux chercheurs. L'un des principaux caractères physiologiques de tolérance aux contraintes du milieu est l'ajustement osmotique.

Cet ajustement implique l'accumulation, au niveau cellulaire, des sucres, d'acides aminés (exemple, la proline), d'ions ou d'autres solutés compatibles (c'est-à-dire non toxiques) (Nouri et *al.*, 2002). L'accumulation d'osmolites permet de créer un influx d'eau dans la cellule ou tout du moins d'éviter un flux, en augmentant la force de rétention des molécules d'eau. Le maintien de cette quantité d'eau permet ainsi de conserver la turgescence nécessaire à la croissance des cellules (Crowe et *al.*, 1992).

II.2.2.4. Adaptation biochimique

➤ **Accumulation d'osmotocums**

- **Sucres solubles**

Lors d'une sécheresse prolongée, on assiste à la disparition de l'amidon et une accumulation de sucres solubles dans les feuilles. Cette accumulation varie en fonction du degré de tolérance du génotype. C'est le saccharose qui s'accumule le plus tandis que le glucose et le fructose sont à des teneurs réduites.

Selon Binet (1989) l'enrichissement en sucre, outre l'incidence sur l'ajustement osmotique, a un effet protecteur des membranes de la dessiccation.

Korichi, (1993) montre que les variétés de blé qui accumulent plus de sucres solubles ont une meilleure aptitude à conserver leur teneur relative en eau.

Tableau 05: Paramètre phénologique et morphophysologique d'adaptation au déficit hydrique.

Paramètres d'adaptation	Exemples
Paramètres phénologiques	-précocité
Paramètres morphologiques Paramètres macromorphologiques Paramètres micromorphologiques	-Extension du système racinaire -Port et surface des feuilles -Taille du chaume -Longueur des barbes -Enroulement des feuilles -Densité de trichome -Glaucescence et couleur de familles -Présence de cires -Densité et taille des stomates -Compaction du mésophylle -Epaisseur de la cuticule -Nombre et diamètre des vaisseaux au xylème racinaire
Paramètres physiologiques	-Effet stomatique et non stomatique de déficit hydrique sur la photosynthèse -Réduction de la transpiration par fermeture des stomates -Maintien d'un potentiel hydrique élevé -Osmorégulation (accumulation d'ions minéraux, de proline, de sucres soluble)

(Monneveux, 1991)

*Etude
expérimentale*

Chapitre I : Matériel et méthodes

I.1. Objectif de l'étude

L'objectif de ce travail est de tester la tolérance de quatorze variétés du blé dur au stress abiotique (sans irrigation) sous un climat sub-humide (Oued Smar – Alger), par l'étude de plusieurs paramètres physiologique, biochimique et biométrique.

I.2. Caractéristiques des variétés étudiées

Quatorze variétés du blé dur ont été testées dans ce travail. Elles se caractérisent par une variation génétique importante exprimées dans le tableau suivant :

Tableau 06 : Caractéristiques des 14 variétés étudiées.

Variétés	Origine	Cycle végétatif	Productivité	Tolérance à la sécheresse	Tolérance au froid	Tolérance à la verse
Bidi17	Espagne	semi-tardif	Moyenne	Résistante	Résistante	Sensible
Waha	Syrie	Précoce	Elevé	très sensible	Tolérante	Tolérante
Chen 's	Syrie	Précoce	Moyenne	Tolérante	Tolérante	Résistante
Cirta	Algérie	semi-précoce	Moyenne	Tolérante	Tolérante	Tolérante
Hedba3	Algérie	Tardif	Moyenne	Sensible	Résistante	Sensible
Ofanto	Italie	Précoce	Elevé	Tolérante	Tolérante	Résistante
Bousselem	Algérie	Précoce	Elevé	Tolérante	Résistante	Tolérante
Simeto	Italie	Précoce	Elevé	très sensible	Tolérante	Résistante
Vitron	Espagne	Précoce	Elevé	très sensible	Résistante	Résistante
Amar 6	Syrie	-	Elevé	-	-	-
Mexicali	Arizona	Précoce	assez bonne	-	-	-
Gta dur	Mexique	Précoce	-	Résistante	Résistante	Tolérante
MBB	Algérie	Tardif	Elevé	Tolérante	Résistante	Sensible
Megress	Algérie	-	-	-	-	-

(Kara et Bellkhiri, 2011 ; Benbelkacem et Kellou, 2001 ; Chaïbet *al.*, 2015, CNCC, 2009).

I.3. Conditions expérimentales

I.3.1. Dispositif expérimentale

Notre expérimentation s'est déroulée durant l'année 2015/2016, au niveau de la station expérimental ITGC (Institut Technique des Grandes cultures) d'Oued Smar qui se trouve sur le terrain de la commune de Beaulieu, wilaya d'Alger, latitude : 36° 43' Nord,

longitude : 30° 08', altitude : 24m au dessus du niveau de la mer, il appartient, selon la classification d'Emberger, à l'étage bioclimatique sub-humide à hiver doux. Les sols du site sont argilo-limoneux, peu évolués et à pH neutre (Hamadache et al., 2002).

L'essai s'étale sur une superficie de 538,2 m²; il s'agit d'un BAC (Bloc Aléatoire Complet) avec 4 répétitions, chaque bloc est divisé en 14 parcelles élémentaires (5m de long et 1,2m de large, espace intra-bloc est de 0,3m et inter-bloc de 2m).

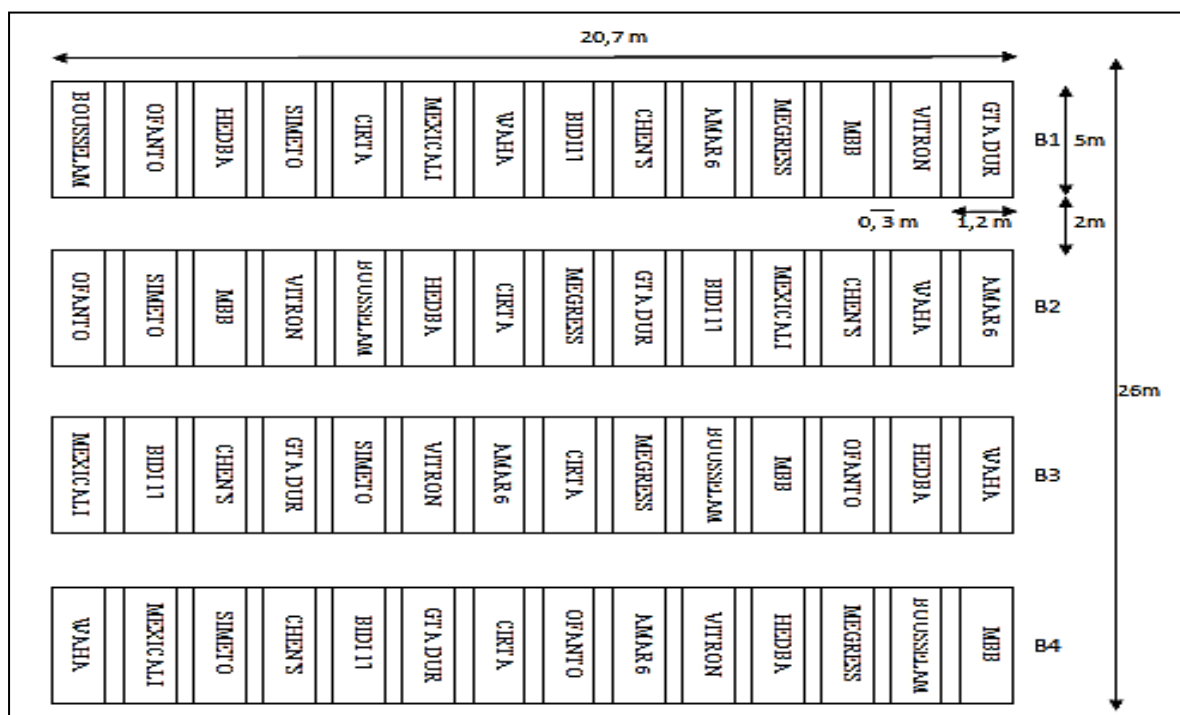


Fig 10 : Schéma du dispositif expérimental de l'essai mis en place sur le site de la station de l'ITGC au cours de la campagne agricole 2015/2016.

Les 14 variétés étudiées ont subi le même traitement dans les 4 blocs.

I.3.2. Itinéraire technique

Le travail du sol : le labour est effectué le 21 novembre 2015 à l'aide d'une « Charrue à soc » d'une profondeur de 25 cm.

Fertilisation : Une engrais de fond a été apporté le 03 décembre 2012 à raison de 1,5 ql/ha. Des apports d'azote ont été effectués en utilisant l'Urée 46% à raison de 02 qx/ha.

Semis : a été réalisé le 16 Décembre 2015 avec un semoir expérimental à 6 rangs, avec une densité de 300 grains/mètre carré.

Désherbage : les plantes adventices ont été désherbé chimiquement le 11 février 2016 (Annexe 01) par un produit BAYER (Cossack® OD 1l/ha, distribuer officiellement par Profert, la matière active est mesosulfuron-methyl (mesomaxx) + iodosulfuron-methyl-sodium + mefenpyr-diethyl).

Récolte : la moisson d'un mètre carré de chaque parcelle élémentaire a été réalisée traditionnellement à la main à l'aide d'une faucille (Annexe 01). Les épis moissonnés sont passés par la suite sur une batteuse à gerbe pour obtenir les grains qui vont servir pour évaluer les rendements.

I.4. Caractéristiques climatiques

I.4.1. La pluviométrie

Le tableau 07 montre la pluviosité durant l'année 2015/2016. Il est a signalé qu'un apport important d'eau est assuré par la rosée du matin.

Tableau 07 : Données pluviométriques de l'année 2015/2016d'Oued Smar.

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Total
Nombre jours de pluie	02	06	08	08	09	08	12	04	04	00	54
P (mm)	30,9	57,7	81,4	74,1	96,9	74,5	50,3	65	49,4	00	588,5

(ITGC, 2016)

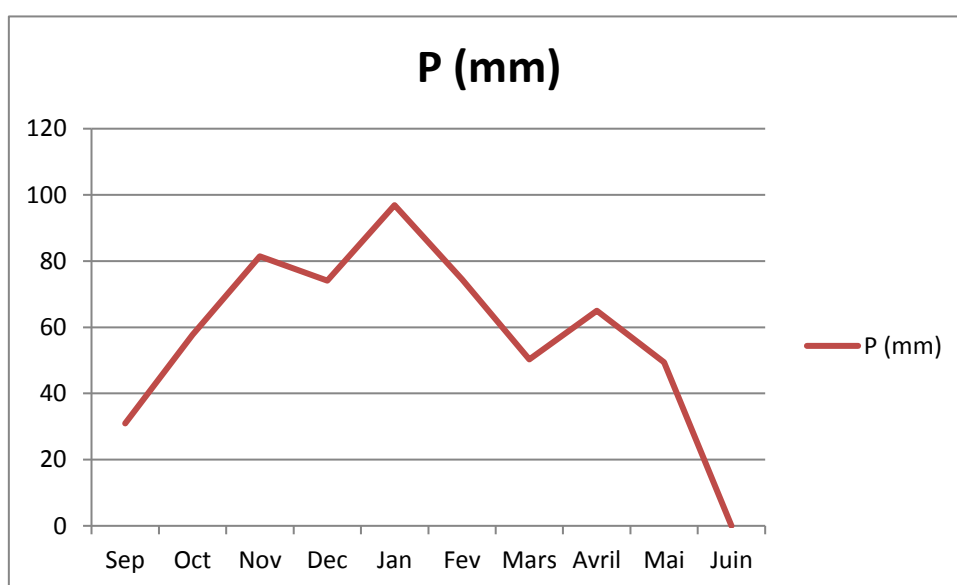


Fig 11 : Variation des précipitations mensuelles de la campagne 2015/2016 sur le site expérimental Oued Smar (ITGC, 2016).

La quantité de pluie tombée durant la campagne 2015/2016 était importante avec une précipitation de 588,5 depuis le mois de septembre jusqu'à le mois de juin.

La répartition des précipitations mensuelles est régulière avec le cycle végétatif de blé dur (Figure11). La station d'Oued Smar enregistre son taux pluviométrique le plus élevé au mois de janvier avec une valeur de 96,9 mm, tandis que le taux le plus faible est marqué au mois de juin avec 0mm de précipitation.

I.5. Paramètres étudiés

Nous avons procédé à des analyses physiologiques et biochimiques au laboratoire de production végétale à l'université de Bordj Bou Arreridj, en plus des notations et des mesures biométrique au champ.

L'étude est réalisée en trois répétitions par variété et par bloc pour chaque paramètre.

I.5.1. Notations

- **Date de levée** : est enregistré dès l'apparition de la première feuille : 31/12/2015



Fig 12 : Stade 4 feuille du blé dur (Original, 2016).

- Pour éviter l'effet de bordure le terrain a été semi d'une part et d'autre part une espèce différent.
- La date du début d'épiaison est estimé au jour où 10% des épis sorte de leur gaine.
- L'attaque due au moineau chez les variétés hautes : MBB, Bidi17, Hedba est estimé d'environ 80%. D'un autre coté les fourmis causant des dégâts d'environ 40%.

I.5.2. Analyse physiologique

- **Taux de la matière sèche (MS%)**

La matière sèche de la feuille a été déterminé par la pesé de la feuille pour obtenir leur poids frais (PF), après 48 heures à l'étuve les feuilles sont pesés à nouveau pour obtenir leur poids sec (PS). La matière sèche est calculée par la formule suivante :

$$MS\% = \left(\frac{PS}{PF} \right) \times 100$$

- **Teneur relative en eau (TRE%)**

C'est l'un des principaux paramètres qui indique le niveau hydrique de la plante ou encore la turgescence cellulaire. La teneur relative en eau de la feuille a été déterminée par la méthode décrite par Barrs (1968). Selon cette méthode, des tubes à vice remplis d'eau distillée (un poids connue), sont préparés à l'avance. Les feuilles étandard sont coupées à la base du limbe par un sécateur, Ces feuilles sont mises par la suite dans les tubes préparer (il faut les fermer très bien pour éviter l'évaporation de l'eau) 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 à nouveau pour obtenir le poids de la pleine turgescence (PT). Les échantillons sont enfin mis à l'étuve réglée à 80°C pendant 48h et pesés pour avoir leurs poids sec (PS) (Clark et Mac-Caig, 1982). La teneur relative en eau est calculée par la formule suivante :

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



Fig 13 : Principaux étapes à suivre pour déterminer la teneur en eau
(Originale, 2016).

a : une feuille, **b** : poids à la pleine turgescence, **c** : poids sec.

- **Dosage des pigments chlorophylliens**

Les teneurs moyennes en chlorophylle « a » et « b » sont déterminées par la méthode de Rao et le blanc (1965). L'extraction de la chlorophylle est réalisée par broyage de 0,5g de

matière fraîche, c'est une coupe de la feuille étendard, pour chaque échantillon ajouté du *carbonate de calcium et d'acétone* (20ml à 80%) pour optimiser l'extraction. La solution obtenue est filtrée dans des tubes à essai à l'obscurité pour éviter l'oxydation de la chlorophylle. On procède ensuite aux mesures spectrophotométriques à deux longueurs d'onde ($\lambda_1 = 645\text{nm}$, $\lambda_2 = 663\text{nm}$). Le calcul de la qualité de la chlorophylle est obtenu par les formules suivantes :

$$\text{Chl a: } 12,07 (\text{DO } 663) - 02,69 (\text{DO } 645)$$

$$\text{Chl b: } 22,09 (\text{DO } 645) - 04,86 (\text{DO } 663)$$

$$\text{Chl (a + b): } 08,02 (\text{DO } 645) + 20,20 (\text{DO } 663)$$

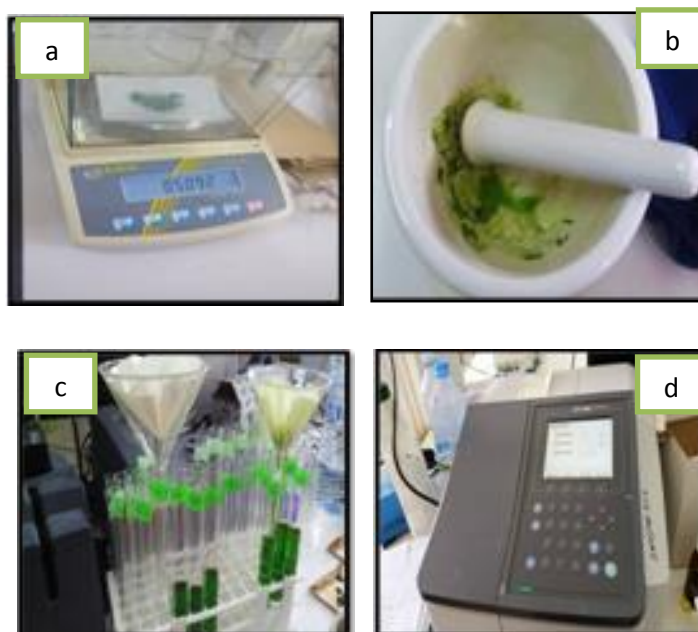


Fig 14 : Etapes à suivre pour le dosage des pigments chlorophylliens (Originale, 2016).

a : 0,5 g de matière fraîche, **b :** broyage (acétone carbonate de calcium), **c :** Filtration de la chlorophylle, **d :** lecture sur le spectrophotomètre.

I.5.3. Analyse biochimique

- **Dosage des sucres solubles (Suc) « $\mu\text{g}/100\text{mg MF}$ »**

Les sucres solubles totaux (saccharose, glucose, fructose, leurs dérivés méthyles et les polysaccharides) sont dosés par la méthode au phénol de Dubois et *al.*, (1956). Elle consiste à prendre 100 mg de matière fraîche, placées dans des tubes à essais, on ajoute 3 ml d'*éthanol* à 80% pour faire l'extraction des sucres. On laisse le mélange reposé à température ambiante pendant 48h à l'obscurité. Au moment du dosage, les tubes sont placés dans l'étuve à 80°C

pour faire évaporer l'alcool et récupérer les sucres solubles extraits. Dans chaque tube on dilue l'extrait sec par l'ajout de 20 ml d'eau distillée. C'est la solution à analyser.

Le principe de la réaction est basé sur la coloration des produits de dégradation des oses neutres par l'*acide sulfurique*, très concentré, transforme à chaud les glucides en dérivé du furfural se colorant en jaune orange avec le *phénol*. Dans des tubes à essais propres, on met 02ml de la solution à analyser, on ajoute 01ml de *phénol* à 5% (le *phénol* est dilué dans de l'eau distillée), on ajoute rapidement 5ml d'*acide sulfurique* concentré 96% tout en évitant déverser de l'acide contre les parois du tube, la température atteint alors 110°C environ.

On obtient, une solution jaune orange à la surface, on passe au vortex pour homogénéiser la couleur de la solution. On laisse les tubes pendant 10mn et nous les plaçons au bain-Marie durant 10 à 20mn à une température de 30°C.

Les mesures d'absorbances sont effectuées à une longueur d'ondes de 485 nm. Enfin les résultats de densités optiques sont rapportés sur une courbe étalon (Figure15) des sucres solubles (exprimés en glucose).

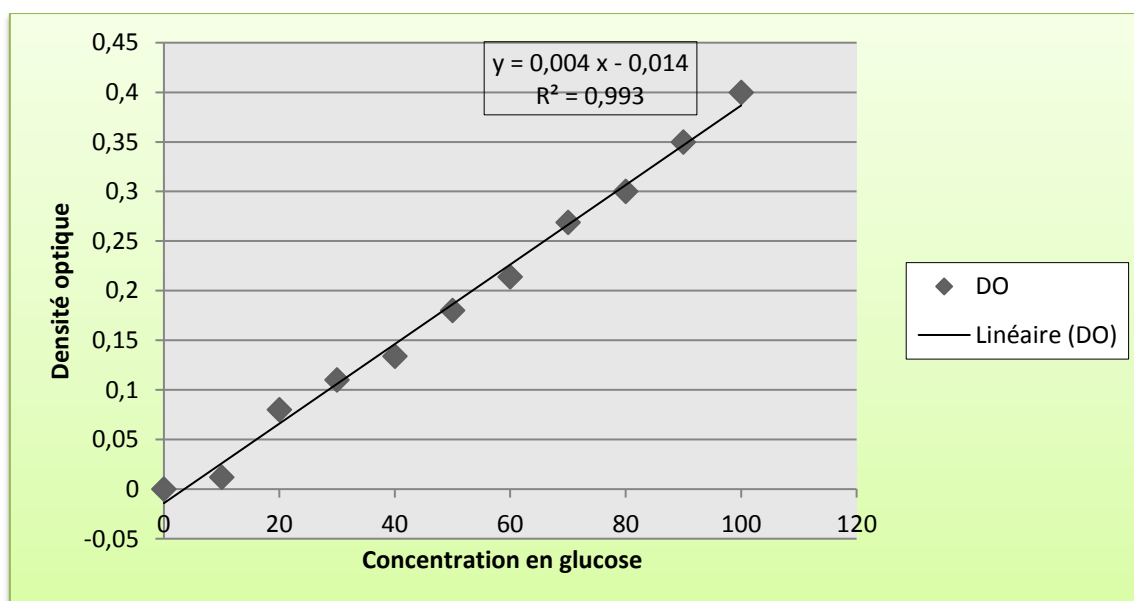


Fig 15 : Courbe étalon du dosage des sucres solubles.

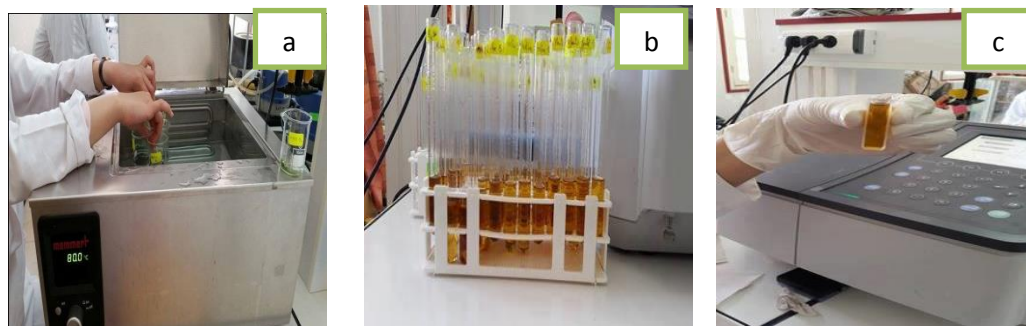


Fig 16 : Dosage des sucres solubles (Originale, 2016).

a : Evaporation de l'éthanol à 80°C, **b** : la solution jaune orangé, **c** : la cuve pour la lecture spectrophotométrique ($\lambda = 485\text{nm}$).

I.5.4. Paramètres agro-morphologique (de production)

Trois répétitions ont été prises en considération pour la quasi-totalité des paramètres étudiés.

- **Exsertion de l'épi**

Il s'agit d'une mesure à partir de la feuille étendard jusqu'à la base de l'épi à l'aide d'une règle graduée (les longueurs sont exprimés en « cm »).

- **Longueur du col de l'épi**

Elle est mesurée à partir du dernier nœud jusqu'à la base de l'épi.

- **Longueur de l'épi avec barbe**

Elle est mesurée à partir de la base de l'épi (1^{er} article du rachis) jusqu'à l'extrémité supérieur des barbes.

- **Longueur de l'épi sans barbe**

Elle est mesurée sur des épis avec des barbes coupées à partir de la base de l'épi (1^{er} article du rachis) jusqu'au sommet de l'épillet terminal.

- **Nombre d'épi par un mètre linéaire (NE)**

Selon un échantillon de 3 répétitions, on compte dans chaque micro-parcelle le nombre des épis présentant à 0,5 mètre linéaire x 2 (les épis stériles sont éliminés).

- **Nombre de talles par plante**

On compte à la main le nombre de talles sortie par une plante.

- **Longueur de la feuille**

Ce paramètre est déterminé par mesure directe de la longueur de la dernière feuille à partir de la ligule (point d'insertion de la feuille avec la tige) jusqu'à la pointe. Cette mesure est exprimée en cm.

- **Largeur de la feuille**

Le point le plus large de la feuille se situe généralement au milieu de la feuille étendue, c'est une simple mesure à l'aide d'une règle elle est exprimée en « cm ».

- **Surface foliaire**

La surface foliaire est estimée à partir d'un échantillon de 3 feuilles par variété et par bloc, à l'aide d'une règle on mesure la longueur « cm » et la largeur « cm » de chaque feuille puis la moyenne des trois mesures. La surface foliaire est déduite selon Mefti *et al.*, (2005) par la formule :

$$SF (cm^2) = 0.606 (L \times l)$$

Où L = longueur des feuilles, l = largeur des feuilles et 0.606 = coefficient constant.

- **Longueur entre nœuds**

Elle est mesurée à partir du dernier nœud jusqu'à deuxième nœud à l'aide d'une règle graduée en « cm ».

- **La hauteur de végétation**

Elle est mesurée du ras du sol jusqu'au sommet de la plante à l'aide d'une règle graduée.

- **Nombre de grain par épi (NG/E)**

Nous avons compté les grains dans chaque épi après l'enlèvement des glumes.

- **Composantes du rendement**

La récolte d'un mètre carré a été effectuée après maturité de chaque parcelle élémentaire. D'abord une moisson traditionnelle à l'aide d'une faucille tout en préparant des gerbes étiquetées, ensuite le battage par une batteuse expérimentale, le nettoyage à la main.

- a. **Evaluation de la date de récolte**

Le grain perd son humidité progressivement, en passant par divers stades pour obtenir des grains mur prêt à être récolté. Le grain du blé dur est mur lorsqu'il est cassable sous la dent. Un taux d'humidité de 15% (**Gate, 1995**).

La teneur en eau a été déterminée en pesant, à l'aide d'une balance, 25 grains pour obtenir leurs poids frais (PF), le poids sec (PS) sous une étuve à 105°C pendant 24 heures. Les échantillons ont été pesés, suivant un intervalle de temps régulier, jusqu'à l'obtention d'un poids constant entre le poids frais et le poids sec. Les teneurs en eau sont calculés selon la formule suivante :

$$TE (\%) = (PF - PS) / PF \times 100$$

a. Poids de mille grains (PMG)

Nous avons pu déterminer le PMG par comptage de 100 grains en trois répétitions pour chaque micro parcelle, le poids de 100 grains est multiplié par 10 pour l'obtention d PMG. Les résultats sont exprimés en gramme.

b. Estimation du rendement en grain (RDT)

L'estimation du rendement en grain a été faite par la récolte d'un m², la pesé à l'aide d'une balance, la formule suivante a été utilisé pour convertir les rendements de (g/m²) en Hectare :

$$RDT \times 10000m^2 = RDT/h$$

I.6. Etude statistique

L'étude statistique est effectuée pour tous les caractères mesurés et ce pour l'ensemble du matériel végétal. Elle est décomposée en deux phases: le rassemblement ou la collecte des données. Ces derniers vont être analysés statistiquement par STATISTICA, suivie d'une interprétation, et en fin tirer des conclusions. Une matrice de corrélation à l'aide du même logiciel pour l'ensemble des paramètres mesurés a été réalisée.

Chapitre II : Résultats et discussion

II.1. Interprétation des résultats

L'étude statistique est effectuée pour tous les caractères mesurés et ce pour l'ensemble du matériel végétal.

II.1.1. Paramètres physiologique

II.1.1.1. Taux de la matière sèche (MS%)

L'analyse de la variance a montré que nos résultats pour le paramètre de taux de la matière sèche (MS%) sont hautement significative (Annexe 03) entre les différentes variétés. Le test de Tukey a révélé l'existence de 02 groupes homogènes chevauchants.

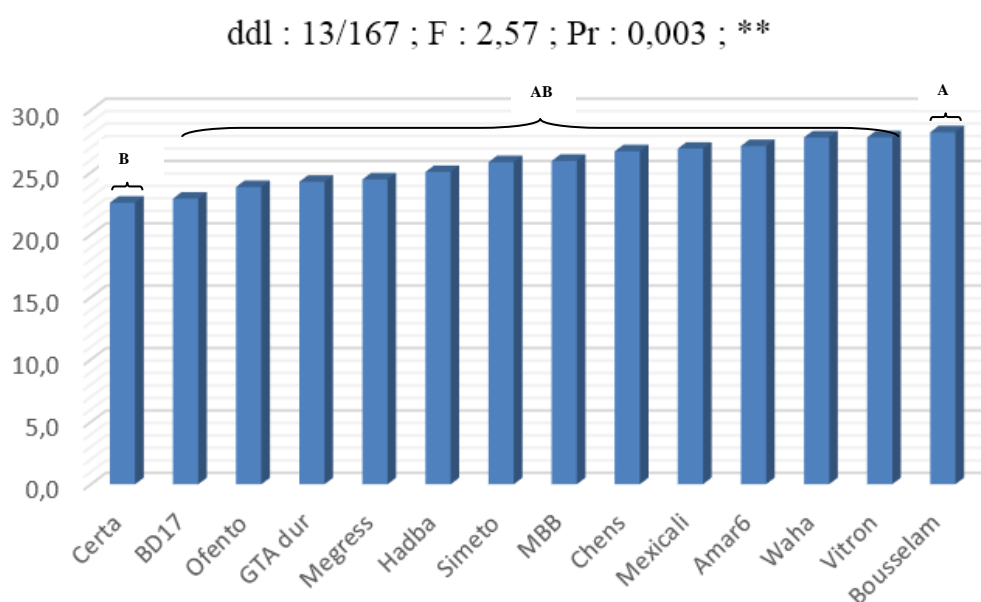


Fig 17 : Paramètre « Taux de la matière sèche ».

Les taux les plus élevés sont enregistrés par Bouselam avec 28.22%, alors que le taux le plus faible est enregistré par Certa avec 22.57%, BD17 à aussi donnée un faible taux de matière sèche évalué à 22.89%, Les autres variétés ont donnés des valeurs intermédiaires (Figure 17).

La matière sèche représente les réserves métaboliques de la plante, ces réserves vont migrer vers les grains durant le pallier hydrique. Donc plus le taux de matière sèche est élevé plus le remplissage sera meilleur (si les conditions sont favorables au moment opportun).

II.1.1.2. La teneur relative en eau (TRE %)

L'analyse statistique du paramètre teneur relative en eau a montré une différence non significative entre les variétés du blé dur étudiées (Annexe 03).

II.1.1.3. Dosage des pigments chlorophylliens

L'analyse de la variance réalisée pour les trois paramètres : Chlorophylle (a), Chlorophylle (b) et chlorophylle (a+b), présente une différence non significative pour les quatorze variétés du blé dur testées (Annexe 03).

II.1.2. Paramètres biochimiques

II.1.2.1. Taux des sucres solubles ($\mu\text{g}/100\text{mg MF}$)

Selon l'analyse de la variance présentée dans la figure 18, les résultats du taux de sucres solubles enregistrent une différence très hautement significative entre les 14 variétés étudiées (Annexe 03).

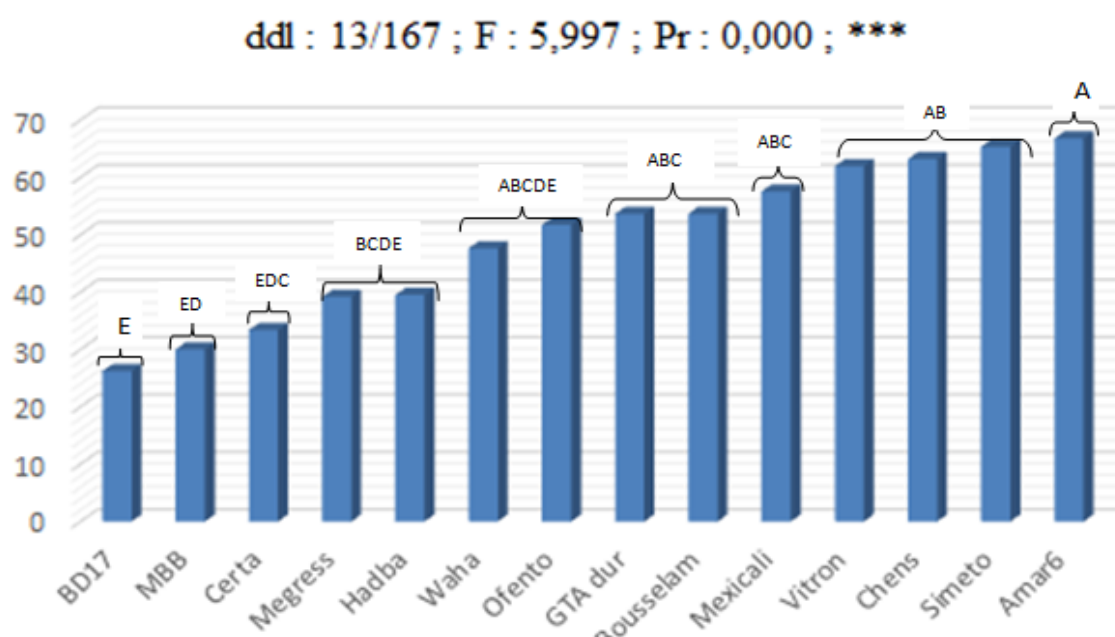


Fig 18 : Paramètre « Taux de sucres solubles ».

Le test de Tukey nous a donné 5 groupes homogènes chevauchants. Nous remarquons un taux très élevé chez la variété Amar6 avec $66.79 \mu\text{g}/100\text{mg}$, suivie par Simeto, Chen's et Vitron avec respectivement 65.36 , 63.17 et $61.95 \mu\text{g}/100\text{mg}$. Par contre la valeur la plus faible est apparue chez BD17 de $26.23 \mu\text{g}/100\text{mg}$, MBB à leur rôle, présentée un faible taux de sucres avec 30.01 . Les autres variétés montrent des valeurs intermédiaires (Figure 18).

Les sucres solubles sont des indicateurs des degrés de stress à cause de son importante augmentation lors de la sévérité (Zerrad *et al.*, 2006). Selon Hireche (2006), les plantes stressées ont réagi par l'augmentation des quantités de sucres solubles au niveau de leurs cellules. Cette augmentation est en réalité une confirmation des résultats des chercheurs qui ont affirmé que le déficit hydrique a causé une accumulation importante des sucres solubles au niveau des feuilles, alors c'est un moyen d'adaptation de la plante en cas de stress, afin de résister aux contraintes du milieu (Loretti *et al.*, 2001).

D'après le tableau de corrélation qui indique qu'il y a une corrélation négative entre le taux de sucres solubles et la hauteur de la végétation, les variétés hautes présentent un taux de sucres très faible citons le cas de BD17 par rapport aux variétés courtes qui présentent un taux de sucre élevé c'est le cas de Amar6. D'après Zerrad *et al.*, (2006), cette différence de l'accumulation des sucres entre les variétés est due à une réduction de la croissance par rapport à la photosynthèse et n'est donc probablement pas associée à une stratégie de résistance au stress hydrique. En effet les sucres solubles, même s'ils représentent des osmoticums beaucoup moins puissants, ils participent en grande partie à l'abaissement du potentiel osmotique chez le blé (Bouzoubaa *et al.*, 2001).

II.1.3. Paramètres agro-morphologique (de production)

II.1.3.1. L'exsertion de l'épi

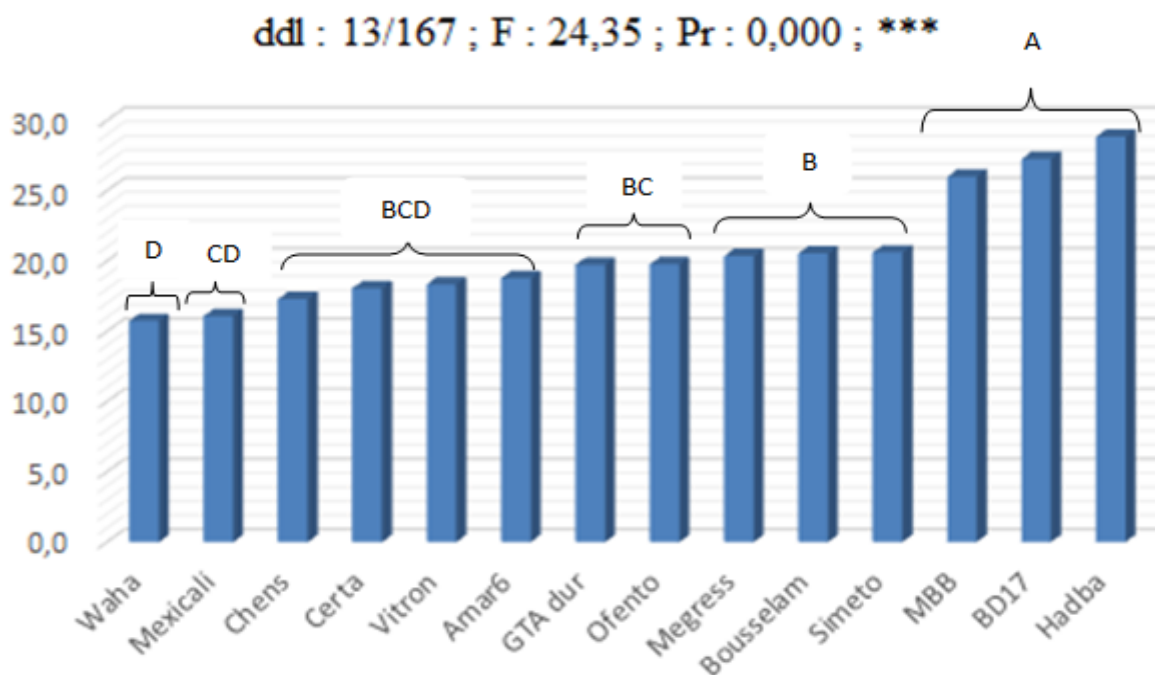


Fig 19 : Paramètre « l'exsertion de l'épi ».

L'analyse statistique indique que les résultats de l'exsertion sont très hautement significatifs entre les différentes variétés (Annexe 03). Le test de Tuckey a donné quatre groupes homogènes chevauchants. La longueur maximum de l'exsertion est présentée par Hedba, BD17 et MBB avec respectivement les valeurs 28.83, 27.25 et 26 cm sous le même groupe homogène A, alors que la valeur minimum est montrée par Waha avec 15.74 cm. Les autres variétés présentent des valeurs intermédiaires s'écarte entre 20 et 16 cm (Figure 19).

II.1.3.2. Longueur du col de l'épi

Selon l'analyse de la variance les résultats de la longueur de col de l'épi sont très hautement significatif (Annexe 03). Le test de Tuckey a révélé 06 groupes homogènes chevauchants.

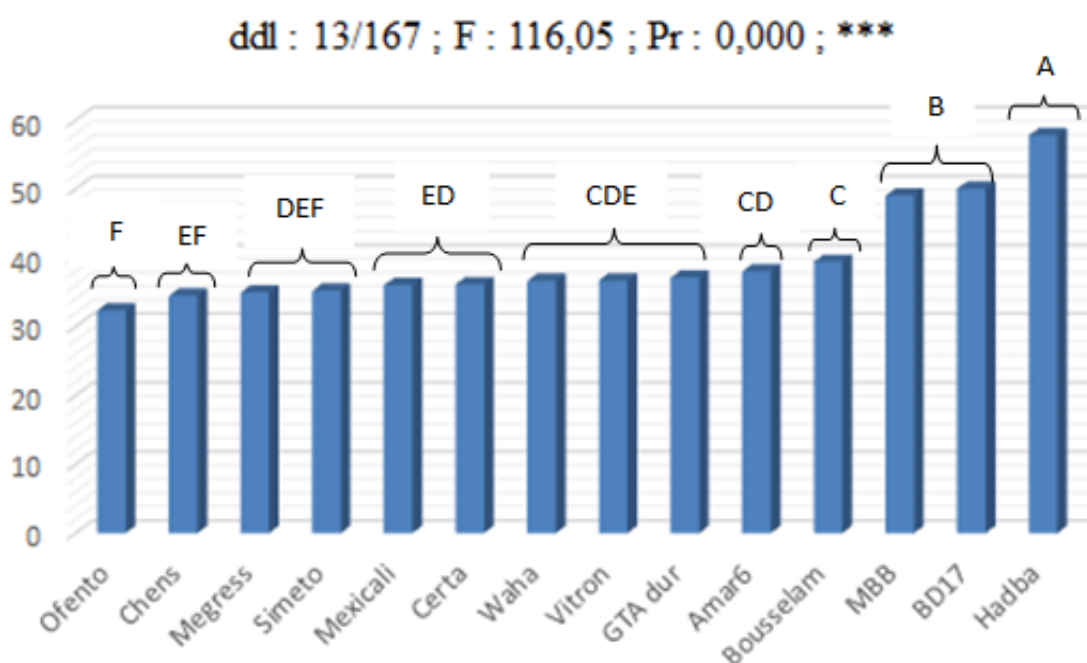


Fig 20 : Paramètre « Longueur du col de l'épi ».

On enregistre que le col le plus long avec 57.76 cm est présenté par Hedba dans le groupe homogène A suivi de Bidi 17 et MBB avec 50 et 49 cm respectivement dans le groupe homogène B, tandis que Ofanto montre le col le plus court avec 32.32 cm. Les autres génotypes étudiés présentent des valeurs intermédiaires.

Le col de l'épi est un déterminisme génétique plus important que la hauteur de la plante, a été souvent proposé comme un critère de sélection des génotypes tolérants au stress hydrique (**Fisher et Maurer, 1978**), à cause de la quantité d'assimilats stockés dans cette

partie de la plante qui sont susceptibles d'être transportés vers le grain (Gate et al., 1992) dans un phénomène appelé le pallier hydrique, dans ce cas l'eau est un facteur limitant.

Selon Ehdaie et al., (2006) un col long de l'épi, plein, est aussi intéressant comme caractère adaptatif dans les milieux caractérisés par les stress abiotiques.

II.1.3.3. Longueur d'épi avec barbe

L'analyse de la variance indique que les résultats de la longueur des épis avec la barbe sont très hautement significatifs entre les variétés (Annexe 03). Le test de Tuckey a montré 05 groupes homogènes chevauchants (Figure 21).

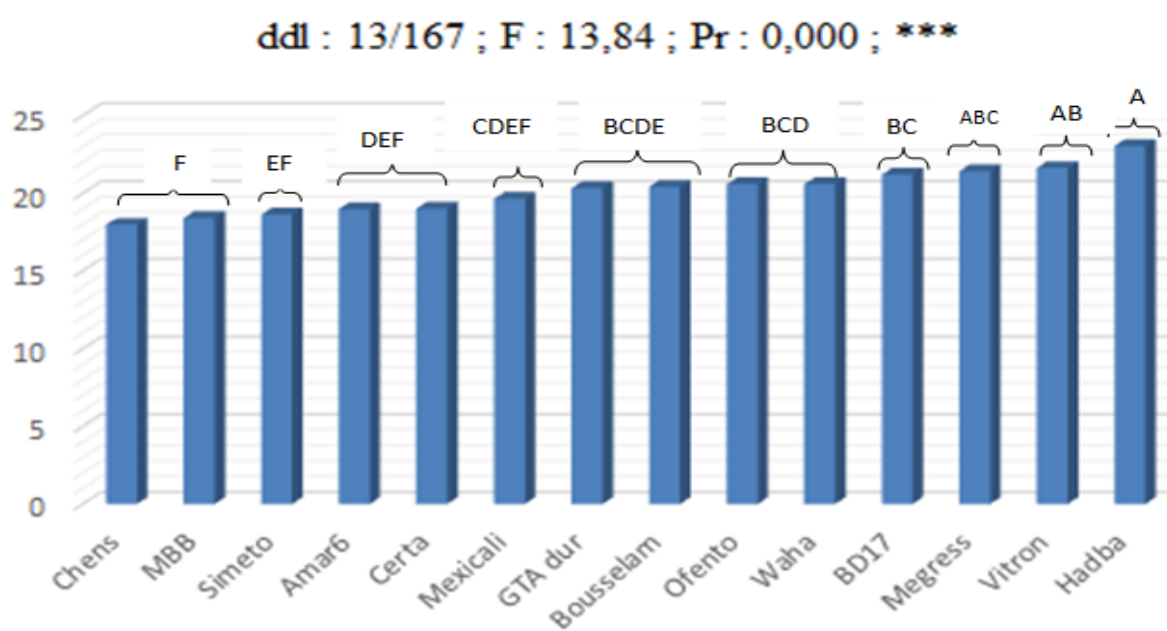


Fig 21 : Paramètre « Longueur d'épi avec barbe »

La valeur la plus élevée est exprimé par la variété Hedba suivi par Vitron et Megress dans le groupe homogène A avec 23.04, 21.61 et 21.41cm respectivement, par contre les variétés Chen's et MBB présentent les valeurs les plus faibles de 17.62 et 16.4 cm.

D'après Grignac (1965) et Ali Dib (1992), les barbes augmentent chez les céréales la possibilité d'utiliser les assimilats lors de la phase de maturation des graines. Elles arrivent à contribuer pour environ 15% au remplissage du grain du fait qu'à ce moment, elles sont les seuls organes qui restent photosynthétisants, de même indique que la longueur de la barbe est un paramètre morphologique lié à la tolérance, ainsi que les blés barbus sont les plus résistants au stress.

II.1.3.4. Longueur d'épi sans barbe

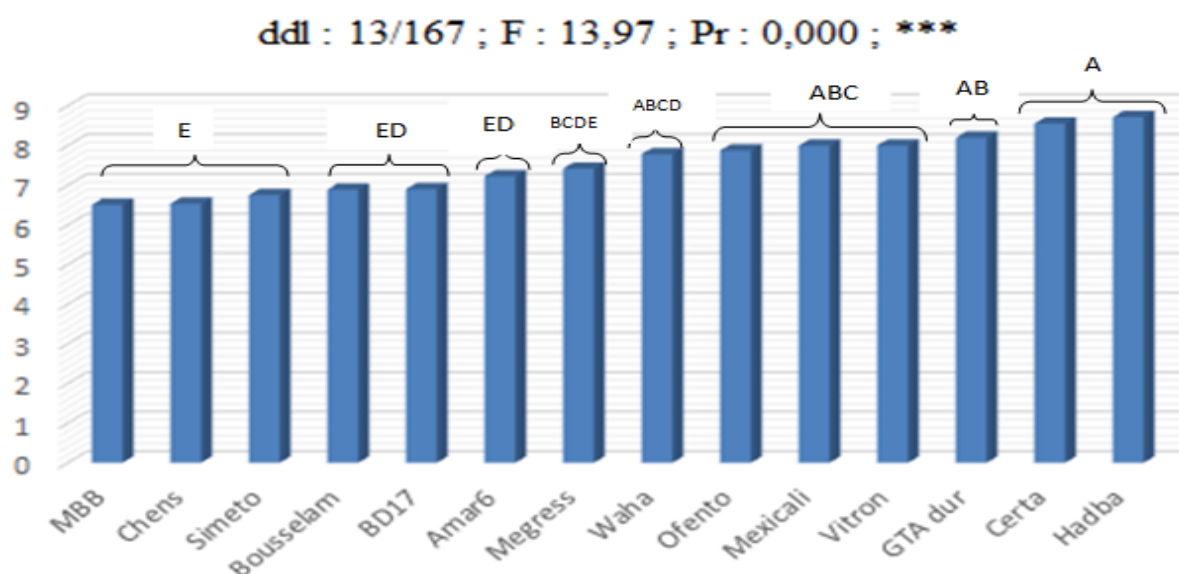


Fig 22 : Paramètre « Longueur d'épi sans barbe ».

L'analyse de la variance a montré une différence très hautement significative, et le test de Tuckey a révélé 05 groupes homogènes chevauchants. La longueur de l'épi sans barbe la plus élevée est marquée par les deux variétés Hedba et Cirta avec respectivement 8.71 et 8.55cm, tandis que les variétés MBB, Chen's et Simeto ont données les longueurs les plus faible avec respectivement 6.5 et 6.52 cm (Figure 22).

Teich (1982) mentionne que les génotypes barbus sont recherchés surtout dans les zones où le climat est sec et chaud, alors que les génotypes sans barbes sont prédominants dans les régions tempérées et humides. Les caractéristiques de l'épi (épi court a barbes peu développées) contribuent également à une limitation des pertes en eau (Febrero et al., 1990). D'après les travaux d'Araus et al., (1991) et Hannachi et al., (1996), les plantes du blé dur en conditions de stress hydrique, les barbes contribuent au remplissage du grain, la longueur de l'épi a été réduit ce qui se répercute négativement sur le nombre de grains/épi (Biscope et al., 1975 ; Bammoun, 1997).

Les barbes par leurs port dressés et leurs position au immédiat de la graine, conditionnent sa formation (Gate et al., 1990), alors que dans certains cas le rendement en grain paraît insensible à la longueur de l'épi.

Les critères les plus utilisés par les évaluateurs pour argumenter leur choix étaient le remplissage, la taille en termes de longueur et de largeur, la couleur de la barbe et dans un moindre degré la forme d'épis en termes de rangées et son aspect visuel général. Tout cela

peut s'expliquer par l'ancrage des épis longs compacts à barbes longues noires dans la mémoire collective des céréaliers (Nassif *et al.*, 2012).

II.1.3.5. Nombre d'épi par mètre linéaire

L'analyse de la variance a révélé une différence très hautement significative entre les différentes variétés testées (Annexe 03). Le test de Tukey HSD a révélé l'existence de quatre groupes homogènes chevauchants.

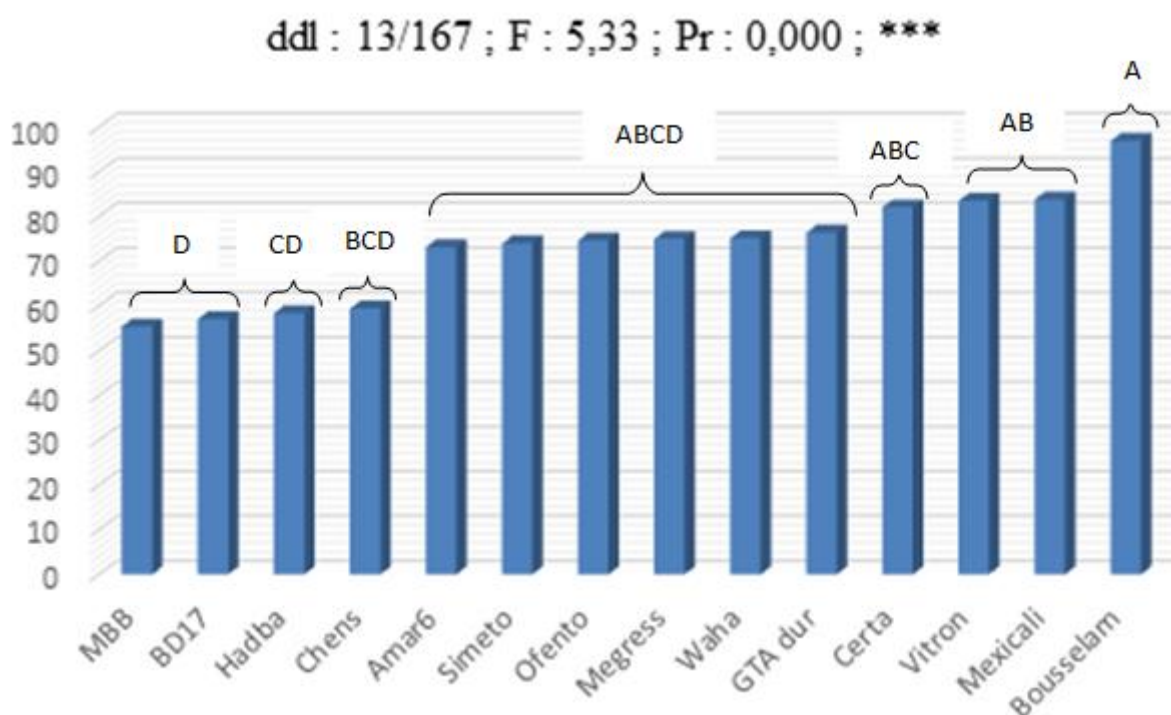


Fig 23 : Paramètre « Nombre d'épi par un mètre linéaire ».

Le nombre des épis par un mètre linéaire est élevé chez la variété Bousselam avec 96.91 épis, les variétés MBB et Bidi17 présentent sous le même groupe homogène respectivement 55.41, 57.08 épis/ml, suivie par Hadba avec 58.41 épis/ml. Les autres variétés montrent des valeurs intermédiaires entre 58.41 et 83.83 épis/ml.

Bendjemaa (1977) note que l'augmentation du nombre d'épis, produit par unité de surface, se traduit par une diminution de leur fertilité. Alors que Blum et Pnuel (1990) remarquent qu'il n'y a aucune relation entre la capacité de tallage herbacé et le nombre d'épis montant par unité de surface. La variété Bousselam à un nombre d'épi très élevé par rapport aux autres variétés cela se traduit par sa capacité de transformation des talles herbacées en talles épis. Par contre chez les variétés hautes avec un nombre d'épi très faible car la plante

n'a pas la capacité de fournir l'énergie et les assimilés nécessaires pour un grand nombre et longueur de talles au même temps.

D'après Blum (1985), l'épi joue un rôle dans la photosynthèse et la production d'assimilés nécessaires au remplissage du grain, quand la dernière feuille devient sénescente. Ce qui est confirmée par Evans et Rawson (1975), les derniers organes chlorophylliens (glumes et barbes) jouent un rôle prédominant dans la formation du grain. Les épis ont une utilisation efficace de l'eau plus élevée que celles des feuilles et il a été démontré que la contribution des épis est de 40% concernant la fixation du carbone totale en conditions de stress hydrique. En effet, le déficit hydrique au stade montaison se traduit par la chute du nombre d'épis produits par m², suite à la régression intense des talles et la baisse du nombre de grains par épi (Abbassenne et al., 1998 ; Bouthiba et al., 2010). La montaison est l'une des phases les plus critiques du développement du blé, le stress hydrique ou thermique au cours de cette phase affectent le nombre d'épis montants par unité de surface (Fisher et al., 1998).

II.1.3.6. Nombre de talles par plante

D'après l'analyse statistique, les résultats obtenus marquent une différence hautement significative (Annexe 03). Le test de Tukey HSD a révélé l'existence de 02 groupes homogènes chevauchants (Figure 24).

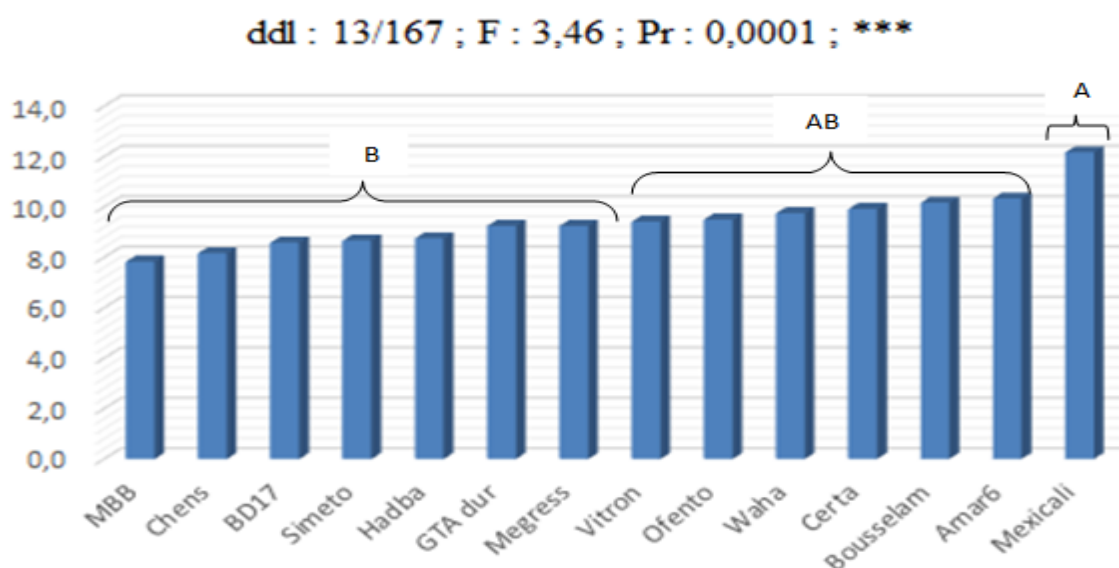


Fig 24 : Paramètre « Nombre des talles par plante ».

La variété Mexicali présente un nombre de talles par pieds très élevé avec une moyenne de 12.16. Par contre les variétés MBB, Chen's, BD17, Simeto, Hedba, GTA dur et

Megress, se regroupent sous la même accolade, montrent les valeurs les plus faibles qui entre 7 et 9 talles par pieds.

Le tallage est un caractère variétal, qui en conditions favorables, pourrait renseigner sur le potentiel des variétés (**Bennaceur et al, 1997**), le nombre de talles produites est en fonction de la variété, du climat, de l'alimentation minérale et hydrique de la plante (**Massle, 1980**). Le nombre de celles-ci varie avec les variétés et exprime une aptitude variétale qui est la faculté de tallage. Grandcourt et Prats (**1971**) ont constaté que ce paramètre peut être considéré comme une composante qui affecte indirectement le rendement.

Dans la pratique courante, cette expression désigne l'abondance des épis donnés par une plante. Cependant elle peut aussi s'appliquer à l'importance des tiges herbacées. Entre ces deux aspects du tallage, il n'existe pas de corrélation étroite, car un blé à tallage herbacé important peut donner un nombre d'épis inférieur ou égal à celui d'un blé à tallage herbacé plus réduit. Le poids du grain dépend lui aussi du nombre de talles qui fait de la compétition des différents épis pour l'accumulation des assimilés et également pour la nutrition minérale et l'eau (**Massle, 1981**). Les génotypes qui émettent rapidement plus de talles par surface et développent une grande surface foliaire, sont capables de faire montrer plus de talles et réussir des rendements en grains acceptables en milieu variable (**Mossad et al., 1995**), voilà ce qui ne répond pas à MBB et Mexicali.

II.1.3.7. Longueur de la feuille

L'analyse de la variance a montré une différence très hautement significative entre les différentes variétés pour la longueur de la feuille étendard (Annexe 03). Le test de Tukey donne 3 groupes homogènes chevauchants.

Les valeurs les plus élevées sont enregistrées par BD17 dans le groupe homogène A et Hadba dans le deuxième groupe homogène avec respectivement 36.15 et 34.86cm, les valeurs les plus faibles sont enregistrées chez Vitron, Amar6, Mexicali avec approximativement 25cm. Les autres variétés ont donnés des valeurs intermédiaires (Figure 25).

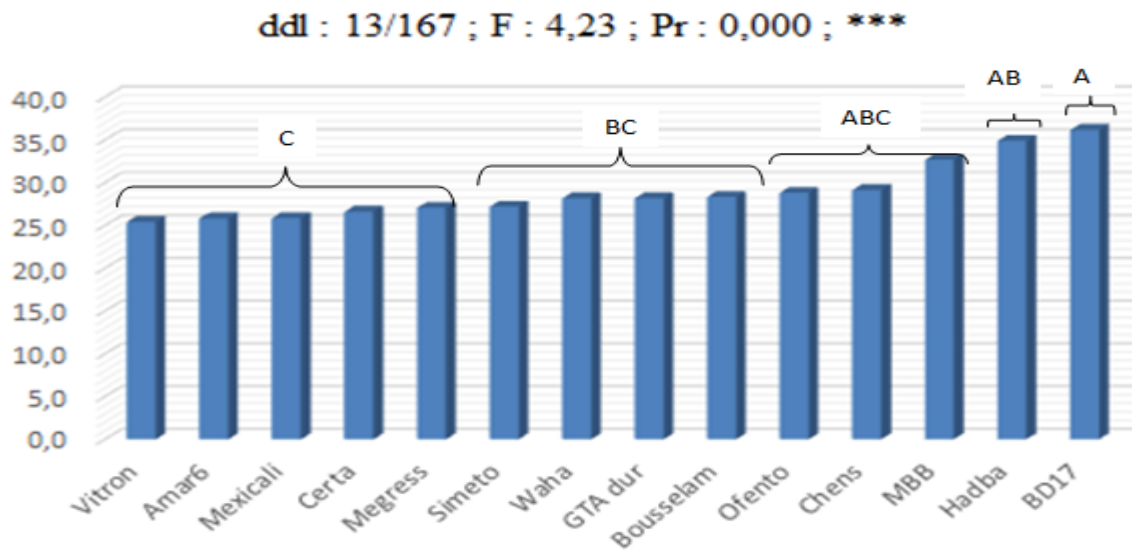


Fig 25 : Paramètre « Longueur de la feuille ».

La longueur des feuilles est un paramètre très sensible aux stress hydrique et à la haute température, se stress à considérablement réduit la longueur des feuilles. Alors que, le grain du blé qui germe dans des conditions stressé et qui arrive à développer des feuilles est un bon indicateur pour la tolérance.

II.1.3.8. Largeur de la feuille

D'après l'analyse de la variance de largeur de la feuille, il y'a une différence très hautement significative entre les génotypes de notre essai expérimental (Annexe 03). Le test de Tukey a révélé l'existence 04 groupes homogènes chevauchants.

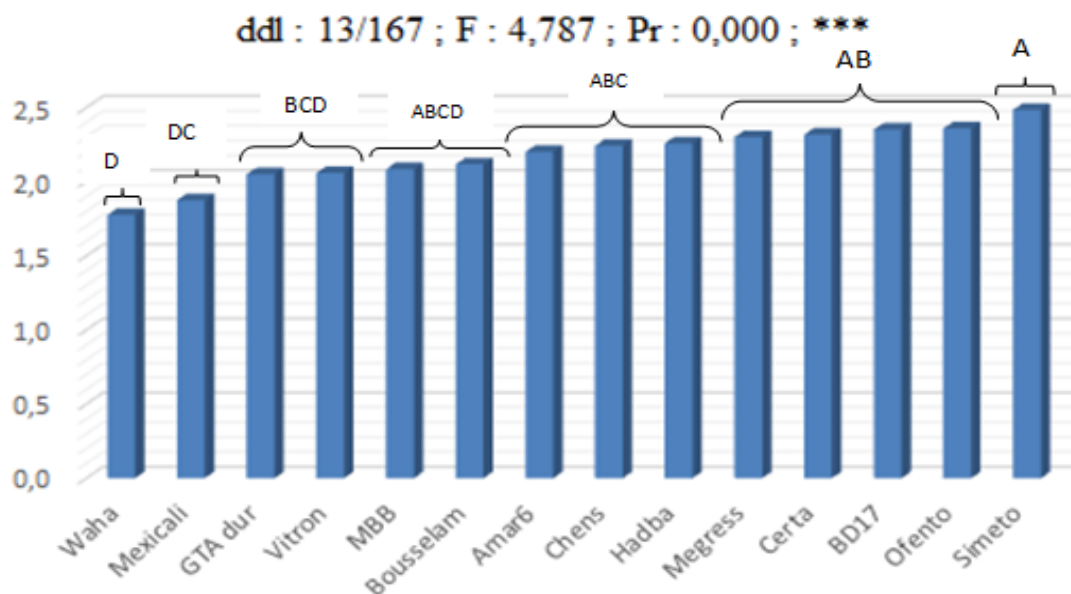


Fig 26 : Paramètre « Largeur de la feuille ».

Selon l'histogramme ci-dessus on note chez la variété Simeto une largeur feuille étandard la plus élevée avec 2.48 cm, par contre la variété Waha présente la largeur la plus faible avec 1.77 cm (Figure 26). Hadba, Bidi17 et MBB ont montrés des valeurs intermédiaires.

II.1.3.9. La surface foliaire

L'analyse de la variance montre que les résultats de ce paramètre sont très hautement significatifs entre les variétés de blé dur (Annexe 03). Suivant le test de Tukey trois groupes homogènes chevauchants sont apparus.

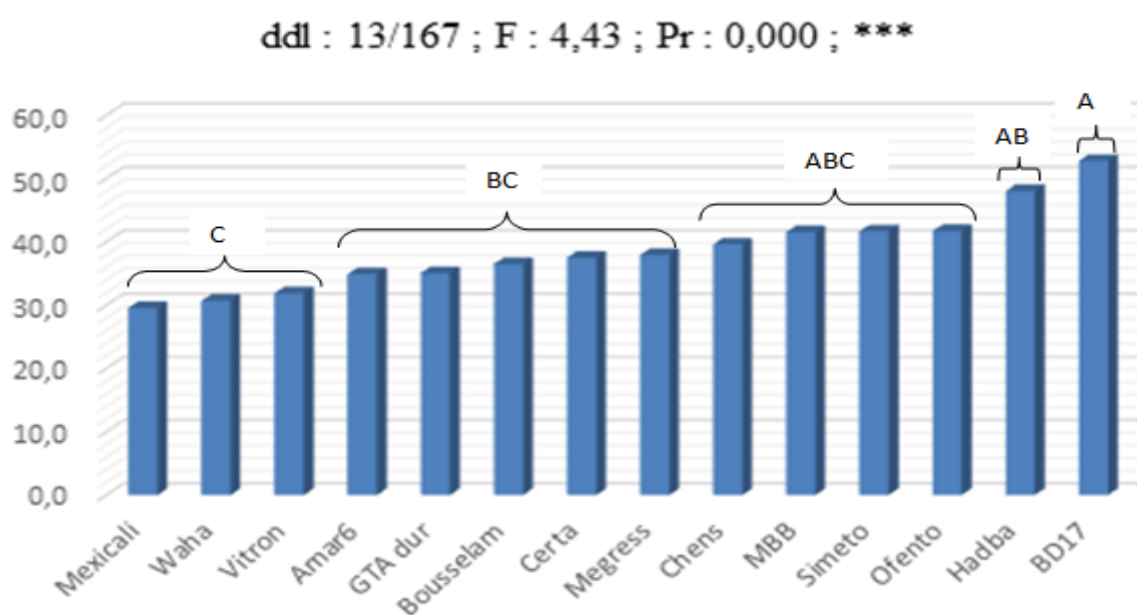


Fig 27 : Paramètre « La surface foliaire ».

La variété Bidi17 avec 52.78 cm² suivi de Hadba avec 48.02 cm² sont caractérisées par une surface foliaire très grande par rapport aux variétés Mexicali, Waha et Vitron qui ont présentées des surfaces foliaires très petites avec respectivement 29.54, 30.68 et 31.87 cm². Le reste des variétés ont montrées des valeurs intermédiaires (Figure 27).

La surface foliaire est un déterminisme important de la transpiration, elle a été affecté principalement par un stress hydrique ou sécheresse. On note qu'une diminution importante de la taille et de la surface foliaire, cette diminution est une des réponses des végétaux à la déshydratation, elle contribue à la conservation des ressources en eau, ce qui permet la survie de la plante (Lebon et al., 2004). D'autre part, certains travaux soulignent une relation entre les capacités photosynthétiques de l'unité de surface de la feuille et la production agricole d'une plante, où les variétés modernes à fort rendement ont une

photosynthèse par unité de surface plus faible, mais ont une surface assimilatrice plus grande que les variétés peu productives (**Dunstone, 1970 ; Evan, 1975**) in Malet et Gunarde (**1981**).

Dans ce cas, chaque variété a présenté leur potentiel génétique ce qui est apparu dans leur grande surface foliaire.

II.1.3.10. Longueur entre nœuds

L'analyse de la variance montre que les résultats enregistrés de la longueur entre nœuds sont très hautement significative (Annexe 03).

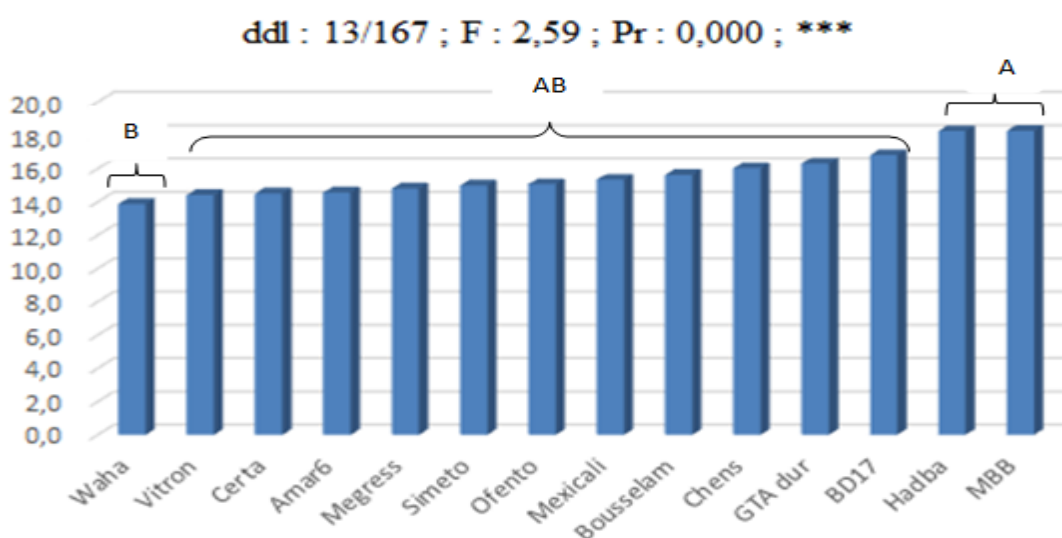


Fig 28 : Paramètre « Longueur entre nœuds ».

Selon les résultats enregistrées, les variétés MBB et Hedba présentent la longueur entre nœuds la plus élevée avec respectivement 18.26 et 18.25 cm, par contre la variété Waha présente la longueur entre nœuds la plus faible avec une valeur de 13.86cm. Ces résultats sont exprimés par le test Tukey HSD dans deux groupes homogènes chevauchants, tandis que les autres variétés montrent des longueurs intermédiaires (Figure 28).

Le blé demande 450 à 650 mm de pluie, pour un bon rendement, selon le climat et la longueur du cycle végétatif (**Moule, 1980**). 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, 1995**). Les entre-nœuds, qui représentent environ 50% de la masse de la paille, lui donnent sa résistance mécanique, alors que les nœuds et les feuilles qui contiennent plus de minéraux et moins de cellulose que les entre-nœuds ont une moins bonne tenue mécanique (**Montane et al., 1998**).

II.1.3.11. Hauteur de la végétation

D'après l'analyse de la variance nos résultats pour la hauteur de la végétation sont très hautement significatifs entre les différentes variétés (Annexe 03). Le test de Tukey HSD a révélé l'existence de 06 groupes homogènes chevauchants.

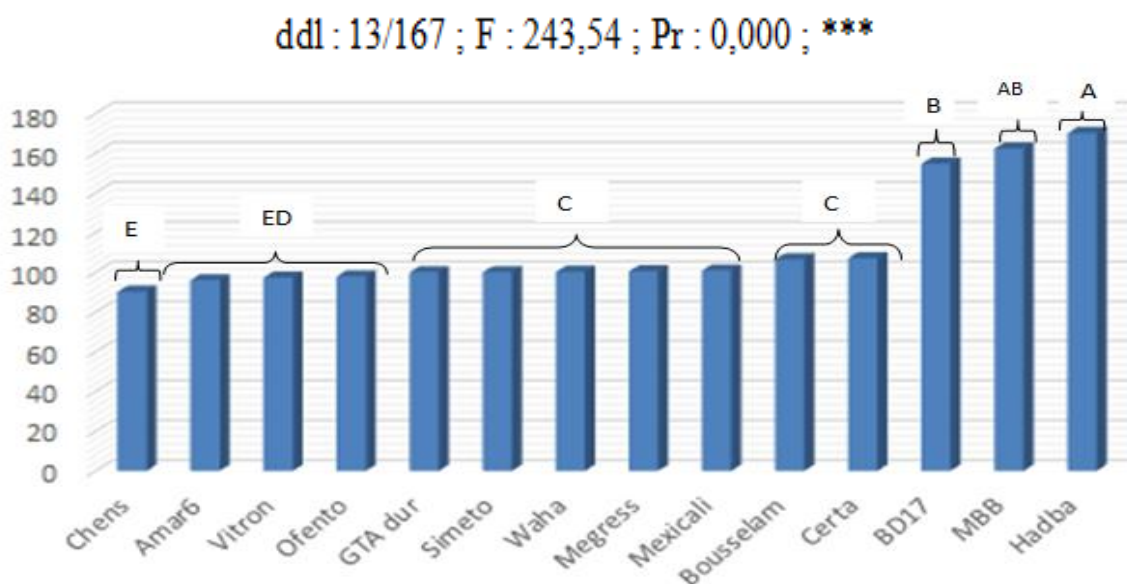


Fig 29 : Paramètre « Hauteur de la végétation ».

La variété Hedba suivi de MBB et BD17 montre la hauteur la plus élevée avec respectivement 170, 162.33 et 154.66 cm, alors que les variétés Chen's suivie par Amar6, Vitron et Ofanto, dans un autre groupe homogène, présentent les hauteurs les plus faibles qui s'écartent entre 90 et 96 cm (Figure 29).

La hauteur de la plante apparaît comme un critère important pour la sélection. Meklich-Hanifi (1983) trouve une liaison positive et significative entre le rendement et la hauteur de la paille. Les variétés hautes répondent mieux aux concurrence vis-à-vis la lumière et les adventices. Les variétés courtes tolèrent mieux aux conditions de stress. D'autre part, la compacité de l'épi et la grosseur se favorisent la verse surtout après les pluies ou l'irrigation (Rezgui et Hamza, 1995) ; les variétés hautes sont donc exposées à la verse, citons le cas pour Hedba, MBB et Bidi17 (Annexe 01). La différence inter variétale est liée à la hauteur de la paille. La variété en moyenne résiste à la verse ; la rigidité de sa tige peut être aussi à l'origine de la résistance à la verse (Maamouri et al., 1988). Les variétés hautes présentent généralement un cycle végétatif plus ou moins long.

D'après le tableau de corrélation (Annexe 03), nous remarquons que la hauteur de la végétation est fortement corrélée avec le taux de sucres solubles et la date de la récolte. Cette corrélation est exprimée chez les trois variétés à pailles hautes par l'expression d'un faible taux de sucre soluble et un cycle de végétation long.

II.1.3.12. Nombre des grains par épi (NG/E)

Selon l'analyse de variance, les résultats de ce paramètre enregistre une différence hautement significative entre les 14 variétés de blé dur (Annexe 03). Le test de Tukey a révélé l'existence de trois groupes homogènes chevauchants.

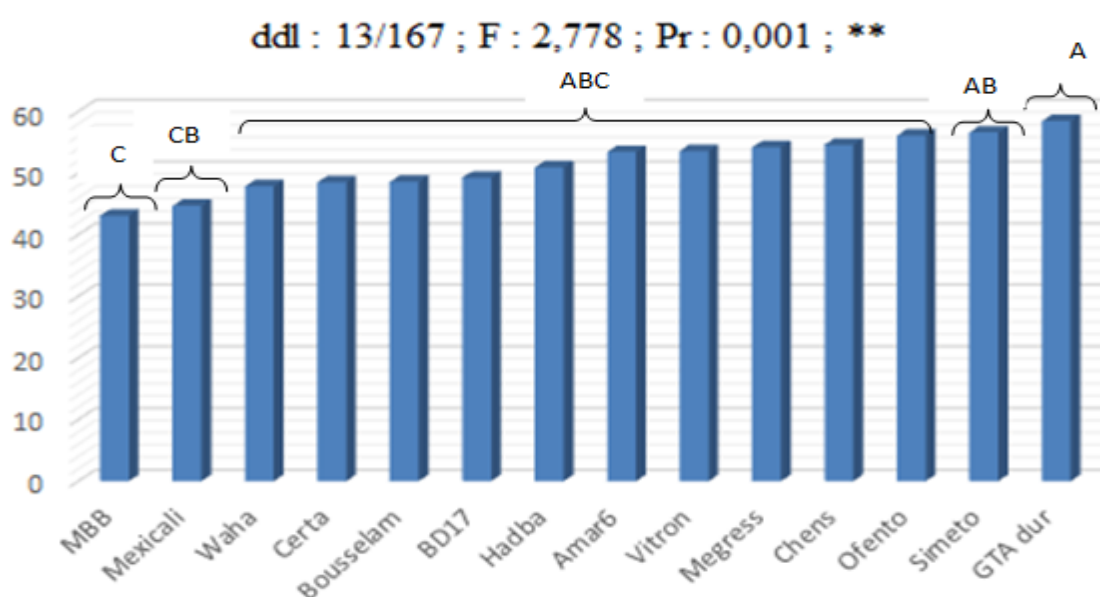


Fig 30 : Paramètre « Nombre des grains par épi ».

La variété GTA dur figure le nombre de grain par épi le plus élevé avec une valeur de 58.41 suivi par Simeto avec une valeur de 56.58 grains/épi, alors que la variété MBB et Mexicali présentent les valeurs les plus faibles avec 43.08 et 44.66 respectivement (Figure 30).

Le nombre de grains par épi est un facteur important de la productivité. Belkherchouch et *al.*, (2009) ont dits que l'évolution du poids du grain se fait en deux étapes : la première est une phase de multiplication des cellules du jeune grain encore vert, dont la teneur en eau est élevée. Cette phase est suivie par la phase de remplissage actif du grain avec les assimilats provenant de la photosynthèse de la feuille étendard et du transfert des hydrates de carbone stockés dans le col de l'épi.

II.1.3.13. Les composantes du rendement

a. L'évaluation de la date de récolte

L'analyse de la variance révèle que nos résultats de l'évaluation de la date de récolte est très hautement significative entre les variétés du blé dur (Annexe 03).

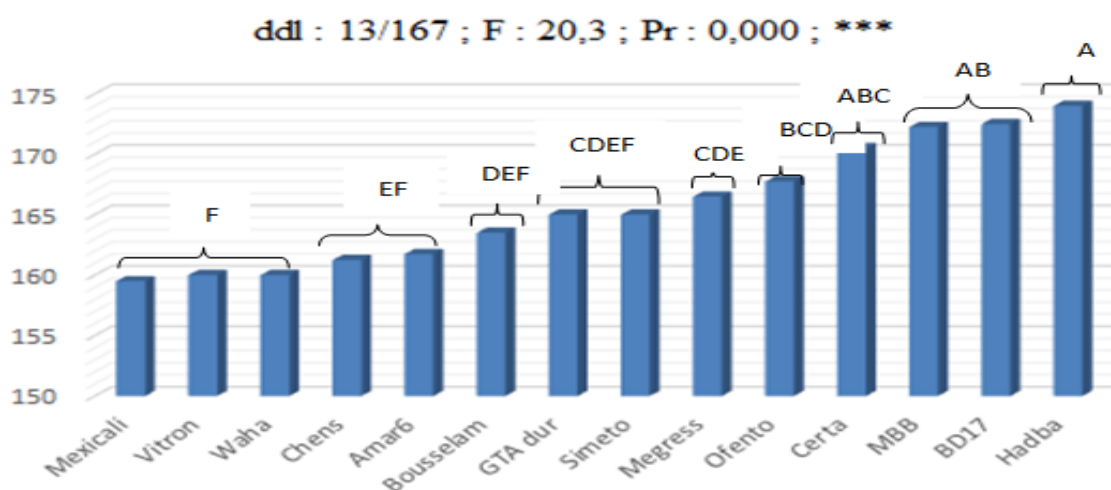


Fig 31 : Paramètre « L'évaluation de la date de récolte ».

La longue durée de l'évaluation de la date de récolte est notée chez la variété Hedba avec 174 jours après semis (JAS) suivi par MBB, Bidi 17 avec 172 jours, alors que Mexicali, Vitron et Waha présentent un cycle de vie le plus court avec respectivement 159, 160 et 160 JAS. Les autres variétés motionnent des moyennes intermédiaires (Figure 31).

Selon Azzi (1954) la période critique par rapport à l'eau, c'est-à-dire sa disponibilité dans le sol est chez le blé, quinze jours précédant l'épiaison. Si au cours de cette période, l'humidité du sol reste inférieure à la limite compatible avec le développement normal de la plante, la récolte sera compromise même si durant la période végétative les conditions ont été favorables. De ce fait l'utilité de la sélection se basant sur la précocité dans la date d'épiaison.

Les génotypes à croissance rapide et à maturité précoce utilisent mieux l'eau disponible et ils sont moins exposés aux stress environnementaux que les génotypes tardifs en produisant la biomasse la plus élevée (Bajji, 1999). L'irrégularité des précipitations durant le cycle végétative des quatorze variétés a aidé les différents génotypes à exprimer leur précocité ce qui confirme l'hypothèse précédente. On note que les variétés très tardives arrivent à maturité assez tôt ; leurs rendements en grain est alors plus faible relativement à celui

enregistré par les variétés précoces. La courbe de corrélation a été confirmée cette relation par la présentation d'une forte corrélation entre la hauteur de la végétation et la date de récolte.

b. Poids de mille grains (PMG)

L'analyse de la variance a indiqué une différence significative entre les 14 variétés étudiées (Annexe 03).

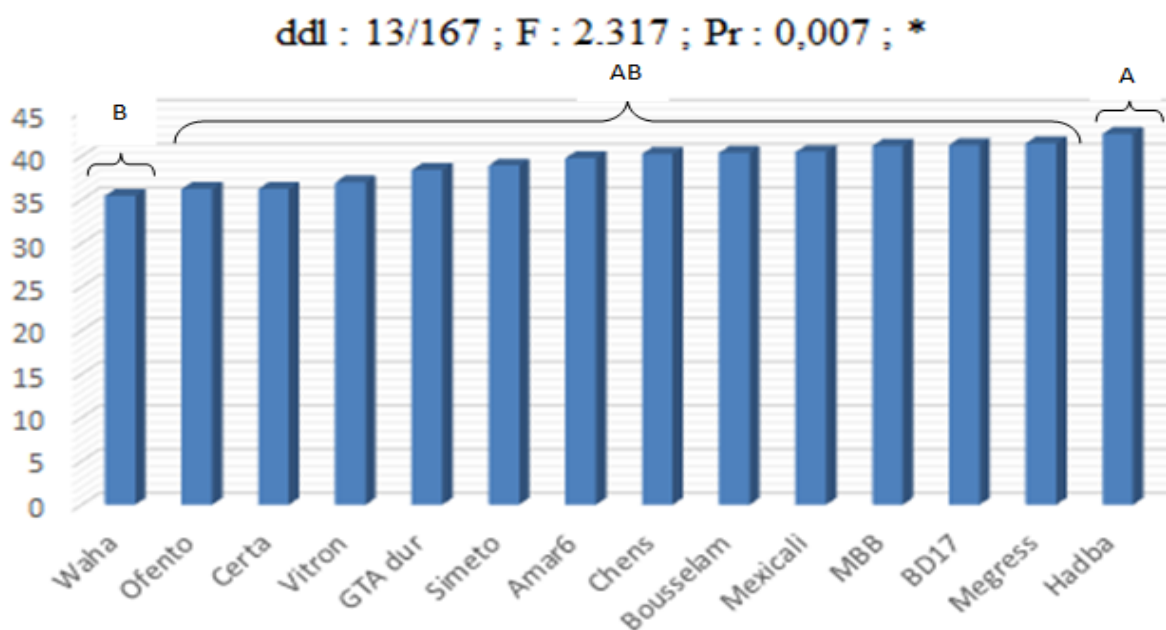


Fig 32 : Paramètre « Le poids de mille grains (PMG) »

D'après les résultats de PMG, on remarque que la variété Hedba présente le PMG le plus élevé avec 42.54 g suivie par Megress et BD17 avec 41, par contre la variété Waha présente le PMG le plus faible avec 35,43g. Le reste des variétés sont regroupés sous le même groupe homogène AB présentent des valeurs intermédiaires s'écartent entre 36.22 et 41.46 g (Figure 32).

Les valeurs du poids de mille grains (PMG) donnent des informations sur le niveau de remplissage des grains du blé et il est généralement déterminé par les caractéristiques génotypiques (Rharrabti et al., 2003 ; Hussain et al., 2012). Le poids de mille grains est un paramètre très important. Il est utilisé dans la sélection des variétés pour caractériser la grosseur et la densité des grains. Grignac (1981) précise que le poids de mille grains diminue lorsque la fertilité de l'épi augmente. Ce poids dépend fortement à des conditions climatiques et de la nutrition azotée durant la maturation. Le poids de mille grains est élevé chez les populations locales du blé dur par rapport à celui des génotypes introduits. Il est la résultante

des caractères impliqués directement et indirectement dans sa formation, tels que la grosseur du grain, le nombre de grain par épis et la biomasse.

c. Estimation du rendement en grains (RDT)

L'analyse de la variance a montré une différence significative entre les variétés testées (Annexe 03).

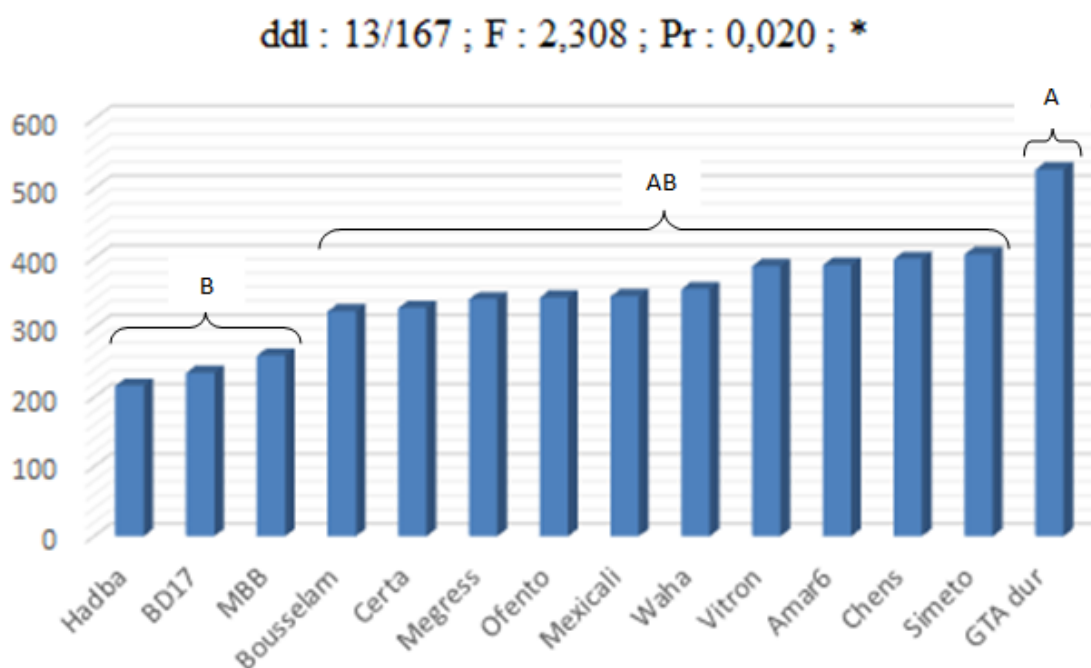


Fig 33 : Paramètre « Rendement en grains ».

D'après ces résultats on remarque que la variété GTA dur présente un rendement très élevé avec 526.97 g/m², l'équivalent de 52.6 qx/ha par rapport aux Hedba, BD17 et MBB qui présentent un faible rendement avec les valeurs 216, 234 et 259g/m² respectivement, tandis que les autres variétés présentent des valeurs intermédiaires qui s'écartent entre 405.30 et 216.40 g/m² (Figure 33).

Ces résultats confirment la non corrélation entre le PMG et le rendement en grain (Annexe 03), mais ce dernier montre une corrélation avec la date de récolte et le col de l'épi plus que l'exsertion.

Le rendement en grains est défini comme la résultante du produit de la biomasse aérienne (**Bouzerzour, 1998**). Il existe d'autres altérations dues aux attaques de certains insectes parasites du blé, qui non seulement réduisent les rendements à l'hectare, mais altèrent profondément la valeur des grains récoltés, c'est le cas pour Hedba, MBB et BD17.

On enregistre des variétés introduite avec des moyennes normales concernant tous les composants du rendement, mais avec un rendement très élevé.

Conclusion

La production agricole en zone sub-humide est limitée par des contraintes abiotique et biotique, dont les principales sont le taux élevé d'humidité (l'excès d'eau) et les maladies, ces deux phénomènes créent des variations importantes du rendement en grain d'une année à l'autre. Stabiliser la production sous ces conditions est aussi important que de chercher à améliorer les rendements.

Les paramètres d'adaptation et de production étudiés ont permis de montrer leur grande variabilité, ce qui facilite le travail de sélection pour tel ou tel caractère. Nous avons pu détecter chez certains géotypes une supériorité apparente par rapport aux autres pour ce qui est des paramètres morphologiques et de la reproduction.

Notre étude vient pour mettre en relief certains paramètres d'ordre morphologique, physiologique et biochimique pour comparer entre les 14 variétés du blé dur commercialisées en Algérie. L'élaboration des fiches de différentes variétés étudiées marque la présence d'une grande variabilité due aux conditions agroclimatiques du milieu, les résultats qui peuvent être tirés sont regroupés dans les points suivants :

- L'analyse de la morphologie et la durée du cycle de développement dégage une variabilité intraspécifique tel que : les variétés les plus précoces sont Mexicali, Waha et Vitron et les variétés les plus tardives sont Hedba suivi de Bidi17, MBB et Cirta. Ces résultats sont confirmés par le tableau de corrélation qui révèle une forte corrélation entre la hauteur de la végétation et la date de récolte avec un indice de corrélation de ($r = 0.72$).
- Les résultats obtenus pour la hauteur de végétation, de tallage, de col de l'épi, ont montré une différence inter variétale hautement significative avec une forte corrélation a été enregistré entre ces paramètres. Les variétés hautes citons le cas pour Hedba, MBB, Bidi 17 sont exposées à la verse. La variété en moyenne résiste à la verse citons le cas de Chen's qui présente la hauteur la plus faible.
- Pour la surface de la feuille étendard, la variété Hedba présente la surface foliaire la plus grande contrairement à Mexicali et Waha et Vitron qui présentent la surface foliaire la plus réduite. Dans ce cas chaque variété présente leur potentiel génétique ce qui est apparu dans leur grande surface foliaire. celle-ci qu'est fortement corrélée avec la longueur et largeur de la feuille étendard.
- Un effet variétal a été également observé sur certains paramètres agronomiques tels que le rendement en grains, et le poids de mille grains. Cela signifie qu'une différence dans l'expression de ses caractères existent entre les variétés.

- L'analyse des résultats du PMG indique une supériorité pour la variété Hedba avec le PMG le plus élevé, tandis que la variété Waha a montré le PMG le plus faible.
- La fertilité de l'épi et les composants du rendement qui sont des paramètres relatifs à la production indique la présence d'une variabilité importante entre les 14 variétés, lorsque nous enregistrons un rendement et fertilité de l'épi très élevé chez la variété GTA dur avec une valeur de 526.97 g/m², tandis que le groupe homogène B contient les variétés hautes Hedba, Bidi17 et MBB qui présentent un rendement très faible avec des valeurs de 216.40, 234.39 ; 259.65 respectivement.
- Une faible corrélation avec un indice de $(r = -0.58)$ est enregistré entre le taux de sucre soluble et la hauteur de végétation. Les variétés courtes présentent le taux le plus élevé c'est le cas de la variété Amar6, contrairement à la variété hautes Bidi 17 qui a montré la valeur la moins élevée. Cette différence de l'accumulation des sucres entre les variétés est due à une réduction de la croissance par rapport à la photosynthèse et n'est donc probablement pas associée à une stratégie de résistance au stress hydrique.

Ces résultats nous amènent à dire qu'il est souhaitable de développer un matériel végétale qui se distingue par sa capacité à accumuler plus de biomasse aérienne dans des conditions climatiques variables.

Les perspectives avenir se résument dans :

- L'approfondissement des travaux sur les stress biotiques sous climat sub-humide.
- Et de compléter le travail par des études de biologie moléculaire pour identifier les gènes responsables à la variabilité entre les différents génotypes.
- Enfin, l'établissement des fiches descriptives, la connaissance de la morphologie et des paramètres de production et d'adaptation qui constituent le point de départ de tout programme pour la création d'une nouvelle variabilité.

***Références
bibliographiques***

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **Abassenne F., Bouzerzour H., Hachemi L., 1998.** Phénologie et production du blé dur (*Triticum durum Desf*) en zone semi-aride d'altitude. *Annales Agronomiques*. INA ;18 :24-36.
2. **Abeledo L.G., R. Savin, and G.A. 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* 28:541-550.
3. **Acevedo E., Craufaurd P.Q., Austin R.B. et Perez Marco P., 1991.** Traits associated with high grain yield in barley in low rainfall environments. *J. Agri. Sci. Camb.*, 116:23-26.
4. **Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA). 2006.** La biologie de *Triticum turgidum ssp. Durum*, (Blé dur) Document d'accompagnement des Critères d'évaluation du risque environnemental associé aux végétaux à caractères nouveaux, 6 juillet ; Vol 132, p.
5. **Agence canadienne d'inspection des aliments (ACTA), 1971.** Les nématodes des cultures. ACTA-FNGPC, Journées d'études et d'information, p. 143 - 191.
6. **Ali Dib T., 1992.** Contribution à l'étude de la tolérance à la sécheresse chez le blé dur, étude de la diversité des caractères phénologiques d'adaptation. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques ENSA. Montpellier (France), 253p.
7. **Amokrane A., 2001.** Evaluation et utilisation de trois sources de germoplasme de blé dur (*Triticum durum Desf*). Thèse de Magister, institut d'agronomie, Université El Hadj Lakhder, Batna, 80 P.
8. **Araus JL., Alegre L., Ali Dib T., Benlaribi M., Monneveux Ph ., 1991.** Epidermal and stomatal conductance in seeding of durum wheat landraces and varieties : in physiology breeding of winter cereals for stressed. *Medit. environment. Colloque* 55: 225- 242.
9. **Azzi G., 1954.** Ecologie agricole – Encyclopédie agricole - Ed. Ballière – Paris.
10. **Bagga A.K., Ruwal K.N. et Asana R. D., 1980.** Comparison of some Indian and semi-dwarf Mexican wheat to unirrigated cultivation. *Indian J. agric. Sci.* 40: 421- 427 p.
11. **Bahlouli F., Bouzerzour H ., Benmahammed A ., 2005.** Selection of stable and high yielding cultivar of durum wheat under semi – arid condition. *Pakistan Journal of Agronomy* 360-365.
12. **Bajji M., 1999.** Étude des mécanismes de résistance au stress hydrique chez le blé dur : caractérisation de cultivars différant par leurs niveaux de résistance à la sécheresse et de variants somaclonaux sélectionnés *In vitro*. Thèse de doctorat. Univ. Louvain. (Mémoire Mouellef A., 2010). 37p.
13. **Baldy C., 1984.** Utilisation efficace de l'eau par la végétation en climats méditerranéens. *Bull. Soc. Boton*. Fr 131(2, 3, 4)(actuel Botton) 491-499.
14. **Baldy C. 1993b.** Effet du climat sur la croissance et le stress hydrique des blés en méditerranée occidentale. In : Tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne, diversité génétique et amélioration variétale. Montpellier. Ed INRA. Pp.83-99.
15. **Bammoun A., 1997.** Contribution à l'étude de quelques caractères morpho- physiologiques, biochimiques et moléculaires chez des variétés de blé dur (*Triticum turgidum ssp durum.*) pour l'étude de la tolérance à la sécheresse dans la région des hauts plateaux de l'Ouest Algérien. Thèse de Magistère, pp 1-33.
16. **Barrs, H., 1968.** Determination of water deficit in plant tissues. Dans : *Water Deficit and Plant Growth*, Koslowski, T. (éd.). Academy Press, New York, pp. 235-368.

17. **Belaid D., 1986.** Aspects de la céréaliculture Algérienne. Edition OPU. Alger, 207 p.
18. **Belkharchouche H., Fellah S., Bouzerzour H., Benmahammed A., Chellal N., 2009.** Vigueur de croissance, translocation et rendement en grains du blé (*Triticum durum* Desf) à la sécheresse. CR. Acad. Agric. France., 74(5) : 73-83.
19. **Benbelkacem A. et Kellou K., 2001.** Évaluation du progrès génétique chez quelques variétés de blé dur (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) cultivées en Algérie. Options méditerranéennes N° 6, p. 105 - 110.
20. **Benbelkacem A., Mekhni M.S. et Rasmuson D.C., 1984.** Breeding for high tiller number and yield in barley. Crop. Sci. 24: 968-972.
21. **Benchikh C., 2015.** Valorisation de la qualité de 3 variétés locales de blé dur (*Triticum durum* Desf.) cultivées en région semi-aride. *Thèse de magister.* Institut des sciences Vétérinaires et des sciences Agronomiques, Université Colonel El Hadj Lakhdar, Batna.
22. **Bednarek J., 2012.** Analyse fonctionnelle de TaGW2, une E3 ligase de type RING, dans le développement du grain de blé tendre (*Triticum aestivum*), Université Blaise Pascal – INRA 24, avenue des Landais 63171 Aubière Cedex. N° 593.
23. **Bennaceur M., Chorfi M., Rahmoune C., ElJaafri S. et Opaul R., 1997.** Potentialités de production de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) au Magreb. Rev. Sci. Technol. Univ. Constantine, n°8, 69-74.
24. **Binet P., 1989.** Métabolisme et adaptation des végétaux supérieurs aux contraintes hydriques, thermique et salines – Bull. eco – T20 : 41-49.
25. **Biscope P.V., Gallagher J., Littleton E.J., Monteinth K.L. et Scott R.K., 1975.** Barley and its environment. Sources of assimilates. J. Appl. Eco; 12: 395.
26. **Blum A., 1985.** Photosynthesis and transpiration in leaves and ears of wheat and barley varieties. J Exp Bot 36, 432-440.
27. **Blum A., 1988.** "Plant breeding for stress environments » in « Evaluation de la variabilité génétique des caractères d'adaptation à la sécheresse chez les espèces tétraploïdes sauvages et cultivées du blé » (Al Hakimi, A). Thèse pour l'obtention du diplôme de l'école pratique des hautes études v(ENSA, INRA de Montpellier).
28. **Blum A. et Ebercon A., 1976.** "Genotypic response in sorghum to drought stress...Frel proline accumulation and drought resistance" crop-sci (16).
29. **Bonjean A., Picard E. 1990.** Les céréales à paille origine, historique, économie et sélection. Eds : Nathan : 235 p.
30. **Bousba R., Ykhlef N. et 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 - 616 p.
31. **Bouthiba A A., Debaeke P., Hamoudi SA., 2010.** Varietal differences in the response of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) to irrigation strategies in a semi-arid region of Algeria. Irrigation Science 26 : 239-251.

32. **Bouzerzour H., Djekoune A., BenmahammedA., et Hassous L.K., 1998.** Contribution de la biomasse aérienne de l'indice de récolte et de la précocité à l'épiaison au rendement grain de l'orge (*Hordeumvulgare*L) en zone semi – aride d'altitude . Cahiers d'agricultures 8 ,133-137.
33. **Bouzoubaa N. and Fournier B., 2001.**Concrete Incorporating Rice Husk Ash: Compressive Strength and Chloride Ion Penetrability'. Materials Technology Laboratory, CANMET, Department of Natural Resources, Canada, July 2001 p 1.
34. **Bozzini A., 1988.**" Origine, distribution, and production of durum wheat in the world." . Dans Fabriani G. et C. Lintas (éd). Durum : *chemistry and Technology*. AACC (Minnesota), Etats-Unis. P. 1-16.
35. **Calmes J., Viala G., Gelfi N. et Blanchet R., 1985.** Influence d'un déficit hydrique sur trois variétés de soja. Effet sur la protéogenèse des graines. Agro. Vol. 5, N° 2, p. 169 - 176.
36. **Chaib G., 2015.**Etude phytochimique de quelques variétés de blé tendre (*triticumaestivum*) et d'orge (*hordeumvulgare*)et leurs activités biologiques.European Scientific Journal. vol.11, No.30 ISSN: 1857 – 7881.
37. **Chaves MM., Oliveira MM., 2002.** Mechanisms underlying plant resilience to water deficits – Prospects for water-saving agriculture. *Journal Experimental Botany*. 55:2365–2384.
38. **Chellali B. 2007.** Marché mondial des céréales : L'Algérie assure sa sécurité alimentaire. <http://www.lemaghreb.dz.com/admin/folder01/une.pdf>. (31.05.2008).
39. **Chennafi H., Aidaoui A., Bouzerzour H. et Saci A., 2006.** Yield response of *durum* wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivar Waha to deficit irrigation under semi-arid growth conditions. *Asian J. Plant Sci* N°5, p. 854 - 860.
40. **Clarck J.M. et Mac-Caig T.N., 1982.**Excised leaf water relation capability as an indicator of drought resistance of *Triticum*genotypes. *Canada Journal Plant Science* 62, 571-576.
41. **Clarke J.M . , Norvell W.A., Clarke F.R., Buckley T. W., 2002.** « concentration of cadmium and other elements in the grain of near-isogenic durum lines .» *Can .j .Plant Sci. /Revue canadienne de phytotechnie* ,82:27-33
42. **Clement G. et Prats J. (1970).** *Les céréales*. Collection d'enseignement agricole. 2ème Ed. 351 p.
43. **Centre National de l'Informatique et des statistiques des douanes (CNIS), (2014).**
44. **Centre National de l'Informatique et des statistiques des douanes (CNIS), (2015).**
45. **Conseil international des céréales (CIC), 2002.** *World Grains Statistics*: 13-17 p.
46. **Croston R. P. et Williams J.T., 1981.** A world survey of wheat genetic resources. IBRGR. Bulletin / 80/59, 37 p.
47. **Crowe J.H., Hoekstra F.A. et Crowe L.M., 1992.** An hydrobiosis. . *physiol*. 54.579-599 p.
48. **Cruziat P., 1974.** Détermination des pertes en eau subies par les organes d'une plante soumise au dessèchement –Ann. Agro 25(4) : 539-554.
49. **Debaeke P., Cabelguenne M., Casals M.L. et Fuech J., 1996.** Élaboration du rendement du blé d'hiver en conditions de déficit hydrique. II. Mise au point et test d'un modèle de simulation de la culture de blé d'hiver en conditions d'alimentation hydrique et azotée variées : Epie phase-BI. Elsevier, INRA, Agronomie : Agronomie and Environnement N° 16, p. 25 - 46.

50. **Djekoun A. et Ykhlef N. 1996.** Déficit hydrique, effets stomatiques et non-stomatiques et activité photosynthétique chez quelques génotypes de blé Tétraploïdes. 3ème Réunion du réseau SEWANA, de blé dur IAV HASSAN II (Maroc).
51. **Dubois M. K. A., Gilles J. K., Hamilton P. A. Rebers. et F. S ITH., 1956.** Calorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* 28: 350-356.
52. **El Hakimi A. 1992.** Evaluation de la variabilité génétique des caractères d'adaptation à la sécheresse chez les espèces tétraploïdes sauvages et cultivés du blé –Thèse de DEA- Montpellier 60 p.
53. **FAO., 2007.** Perspective alimentaires. Analyse des marches mondiales. <http://www.fao.org/01/ah864f/ah864f00.htm>.
54. **Febrero A., Brot J., Brown R.H. et Araus J.L., 1990.** The role of durum wheat ear as photosynthetic organ during grain filling. *In: advanced trends in photosynthetic*, Mallorca, Spain (unpublished).
55. **Feillet P., 2000.** Le grain de blé. Composition et utilisation. Mieux comprendre. INRA. ISSN: 1144-7605.
56. **Feldman M., Lupton F.G.H., Miller T.E., 1995.** Wheats. *In* J. Smartt, N.W. Simmonds :*Evolution of crop plants*. Longman Group Ltd., London, 184-192.
57. **Feldmen M., 1976.** Taxonomic Classification and Names of Wild, Primitive, Cultivated, and Modern Cultivated Wheats. Dans : Simmonds, N.W. (ed), *Evolution of Crop Plants*. Longman, Londre: 120-128.
58. **Feldmen M., 2001.** Origin of cultivated wheat. Dans Bonjean A.P. and Angus W.J. (ed). *The world wheat Book: a history of wheat breeding*. Intercept limited, Andover, Angle Terre: 3 58.
59. **Feliachi K., Amroune R. et Khaldoune, 2001.** Impact de la sécheresse sur la production des cereales cultivées dans le nord de l'Algérie: céréaliculture N0 35.ED. ITGC. Algérie.
60. **Féret J. B., 2009.** Apport de la modélisation pour l'estimation de la teneur en pigments foliaires par Télédétection ; 25 Novembre ; Université Pierre & Marie Curie - Paris 6. 200p.
61. **Finlay Kw. et Wilkinson Gn., 1963.** The analysis of adaptation in a plant breeding program- *Aust. Journ. Agri- Res* 14: 742 p.
62. **Fisher R.A; et Maurer, R.; 1978:** Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain Yield responses. *Aust. J. Agri. Res.* 29, pp.897-912.
63. **Gate P., 1995.** Ecophysiologie du blé : de la plante à la culture. Lavoisier Tec&Doc, Paris, 429p.
64. **Gate P., Bouthier A. et Moynier J.L., 1992.** La tolérance des variétés à la sécheresse : Une réalité à valoriser. *Persp. Agric.*, 169.
65. **Gate P., Brain P., Colnenne J., Briffaux G., 1990.** Pour les cereales à paille à chaque variété son époque de survie - *Perspectives agricoles* 148 : 20-27.
66. **Gaufichon L., Reisdorf-Cren M., Rothstein S. J., Chardon F., Suzuki A. 2010.** Biological functions of asparagine synthetase in plants. *Plant Sci.* 179, 141–153. [10.1016/j.plantsci.2010.04.010](https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2010.04.010).
67. **Grand court M. et Prats., 1971.** Les céréales. Collection d'enseignement agricole. J .B. Bailliére et fils 351p.
68. **Grignac P., 1965.** Contribution à l'étude du *Triticum durum* Desf. Thèse de Doctorat, Univer. Toulouse, 146 p.
69. **Grignac P.H., 1981.** Rendement et composantes du rendement du blé d'hiver dans l'environnement méditerranéen français.
70. **Grignac P.H., 1965.** La culture et l'amélioration génétique du lé dur .Guide national de l'agriculture T.III.

71. **Haddad L., 2010.** Contribution à l'étude de la stabilité des rendements du blé dur (*Triticum durum*. Desf) sous climat méditerranéen. *Mémoire de magister, université Ferhat Abbas, Sétif.* 73pages.
72. **Hamadache A., Makhlouf M. et Harkati N., 2002.** Effet de la date et de l'outil de travail de sol sur le comportement des bromes (*Bromus* sp) et le rendement de blé dur (*Triticum durum*). Dans la région de Sétif. Dans : *Céréaliculture*, 37, pp. 24-29.
73. **Hayek T., Ben Salem M., Zid E., 2000.** Mécanisme ou stratégie de résistance à la sécheresse : Cas du blé, de l'orge et du triticale. In : Royo C., Nachit M., Di Fonzo N., Araus J.L. (ed.). *Durum wheat improvement in the Mediterranean region: New challenges*. Zaragoza : CIHEAM,(4) : 287-290.
74. **Hireche., 2006.** Réponse de la luzerne Médicagosativa (L) au stress hydrique et à la profondeur du semis. *Thèse de Magister.Univ. EL Hadj Lakhdar. Batna* : 83.
75. **Hopkins W. G., 2003.** Physiologie végétale traduction de la 2ème édition américaine par SERGE RAMBOUR. Révision scientifique de CHARLE MARIE EVRARD. Edition DEBOECK Université, Bruxelles : 66-81, 237-309, 362-514.
76. **Hossain M.A., P. Piyatida A. Jaime T.D. Silva. and M. Fujita., 2012.** Molecular mechanism of heavy metal toxicity and tolerance in plants: Central role of glutathione in detoxification of reactive oxygen species and methylglyoxal and in heavy metal chelation. *J.Bot.*, 2012, Article ID 872875.
77. **Hoyt H., 1992.** La conservation des plantes sauvages apparentées aux plantes cultivées (eds), BRG Paris, France. Pp46.
78. **Hsiao TC., Bradford Jj., 1984.** Physiological consequent of cellular water deficit in Taylor Hm, Jordan Wm, Sinclair. Ed limitation to efficient water – Society of agronomy.
79. **Hurd, E.A., 1968.** Growth of roots of seven varieties of spring wheat at light and low moisture levels, *Agron.Journ*; 60, pp.201-205.
80. **Jamie L., Duane F., Gilles Q., Tracey., Peter J., Peter S., Albert T., 2012.** Un guide de champ sur les stades de croissance des céréales, Ministère de l'agriculture, de l'alimentation et des affaires rurales de l'Ontario l'Université de Guelph et Bayer CropScience.
81. **Johanson D.A., Richards R.A. et Turner N.C., 1983.** Yield water relation gas exchange and surface reflectance on near- isogenic wheat lines differing in glaucousness. *Crop Sci*, 23:318-325.
82. **Jonard P., Koller J., Vincent A., 1952.** Evolution de la tige et de l'épi chez la variété de blé Vilmorin 27 au cours de la période de reproduction. *Ann. Amél. Plant.*, I (3), 256-276.
83. **Jones H. G., 1992.** Plant and Microclimates (Ed): A quantitative approach to environmental plant physiology, *Cambridge University Press*, London. In : KIANI, 2007.
84. **Kara Y., Bellkhiri C.** Etude des caractères d'adaptation au déficit hydrique de quelques variétés de blé dur et d'espèces sauvages apparentées: intérêt potentiel de ces variétés pour l'amélioration de la production. *Courrier du Savoir*, N°11, 119-126. 2011
85. **Karou M., Haffid R., Smith D.N., Samir K., 1998.** Roots and growth water use and water use efficiency of spring durum wheat under early –season drought. *Agronomie* 18, 18: 186.
86. **Kimber G. et Sears E.R., 1987.** Evolution in the Genus *Triticum* and the Origin of Cultivated Wheat. Dans : Heyne, E.G. (ed), *Wheat and Wheat Improvement*. American Society of Agronomy, Madison (WI). 31p.

87. **Korichi M., 1993.** Contribution à l'étude de l'ajustement osmotique et de la réponse protéique de blé dur au stress hydrique – DEA. Montpellier France Korichi M - 1993 : Contribution à l'étude de l'ajustement osmotique et de la réponse protéique de blé dur au stress hydrique – DEA. Montpellier France.
88. **Lamaze T., Tousch D., Sarda X., Grignon C., Depigny-This D. Monneveux P et Belhassen E., 1994.** Résistance de plantes a la sécheresse : mécanismes physiologiques. Le sélectionneur Français 45: 75-85.
89. **Lebon G., Duchêne E., Brun O., Magne' C., Cle'ment C. 2004.** Flower abscission and inflorescence carbohydrates in sensitive and nonsensitive cultivars of grapevine. Sexual Plant Reproduction 17: 71–79.
90. **Levitt J., 1980.** "responses of plants to environmental stress" 2ème éd. Water, radiation, salt and other stresses" physiological Ecology series. Acad. Press New York , pp.205-211.
91. **Levitt J. 1982.** Responses of plants to environmental stresses. *Academic Press.* New York San Francisco – London: 607p.
92. **Maamouri A., Deghaies H. El Falah M. et Halila, H., 1988.** Les Variétés de Céréales Recommandées en Tunisie. Documents Techniques, No. 103. Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie, Tunis.
93. **Makhlouf A., Dehbi F., Hannachi A. et Harbi M. 2012.** Réponses du blé dur (*Triticum durum* Desf.) aux basses températures en relation avec la capacité de production. *Revue Agriculture* N° 3 : 13-23.
94. **Massele M.J., 1981.** Relation entre croissance et développement pendant la montaison d'un peuplement de blé d'hiver. Influence des conditions de nutrition. *Agronomie*, 13 :365-370.
95. **Mazouz L. 2006.** Etude de la contribution des paramètres phéno-morphologiques dans l'adaptation du blé dur (*Triticum durum* Desf.) dans l'étage bioclimatique semi-aride. *Thèse de magister. Institut d'Agronomie, Université Colonel El Hadj Lakhdar, Batna*, 65 pages.
96. **Medrano H., Escalona J.M., Bota J., Gulías J., Flexas J. 2003.** Regulation of photosynthesis of C₃ plants in response to progressive drought: stomatal conductance as a reference parameter. *Annals of Botany*. 89:895–905.
97. **Mefti A., Bouroubi M.Y., Adane A. 2008.** Generation of hourly solar radiation for inclined surfaces using monthly mean sunshine duration in Algeria. *Energy Conversion and Management*, v.44, n.19, p.3125-3141.
- Mekliche H.L., 1983.** Etude agronomique, analyses diallèles et cytogénétique de quatre variétés de blé tendre cultivées en Algérie. Thèse de Magister. I.N.A. El-Harrach, 150 p.
98. **Ministère de l'Aménagement du Territoire, et de l'Environnement(MATE),, 2010.** Seconde communication nationale de l'Algérie sur les changements climatiques a la CCNUCC ; *projet GEF/PNUD 00039149*. 26 p.
99. **Monneveux P. 1991.** Quelles stratégies pour l'amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique des céréales d'hiver. In : *l'amélioration des plantes pour l'adaptation au milieu arides.*(éd). *Aupelf-Uref.J. Euroxt.L.* Paris: 165 -186 p.
100. **Morsli L., 2010.** Adaptation du blé dur (*Triticum durum* Desf) dans les conditions des hautes plaines constantinoises. Univ. Annaba. Doctorat 68p.
101. **Moule C., 1971.** Céréales II. Phytotechnique spéciale. Ed. La maison rustique, Paris, 236 p.
102. **Moule C., 1980.** Bulletin FAO d'irrigation et de drainage N° 35. « La mécanisation de l'irrigation par aspersion », pp91-92.
103. **Mouna E, Said M, Mounsif B, Nasserelha Q. N., 2010.** Effet du stress hydrique sur la répartition ionique dans les feuilles et les racines du blé dur (*Triticum Durum*).

- 104. Nassif F., Laâmari A. et Boujnah M., 2012.,** Importance de la culture du blé dur et évaluation différenciée de dix variétés de blé dur dans la région Chaouia au Maroc. *Awamia* 125-126.
- 105. Nemmar M., 1983.** Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez les variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) et le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) évolution des teneurs en proline au cours de cycle de développement. Thèse de Doctorat, ENSAN, 142 p.
- 106. Nouri L., Ykhlef N. et Djekoun A., 2002.** Ajustement osmotique et comportement hydrique chez certaines variétés de blé dur : relation avec la tolérance à la sécheresse. Actes de séminaire ' IIIème journées Scientifiques sur le blé'. (éd). Univ. Mentouri. Constantine.
- 107. Oudjani W., 2009.** Diversité de 25 génotypes de blé dur étude des caractères de production et d'adaptation. Mémoire de magistère, Université de Constantine : 112 p.
- 108. Passioura J. B., 1996.** Drought and drought tolerance » *Plant growth regulation*, 20: 79- 83.
- 109. Prescott J.M., Burnett P A, Saari E E., Ransom J., Bowman J., De milliano w., Singh R P., Bekele G., 1987.** Maladies et ravageurs du blé. Guide identification au champ. CIMMYT, Mexico. 135p.
- 110. Prescott SC., Dunn CG., Reed G., 1987.** Industrial microbiology. 4th ed. India: CBS Publishers and Distributors, p. 550-565.
- 111. Rao DN., Le Blanc BF.** Effects of sulfur dioxide on the lichen alga, with special reference to chlorophyll. *Bryologist* 1965; 69: 69-75.
- 112. Rezgui M. et Hamza M., 1995.** Utilisation des Paramètres Ecophysiologiques comme Indicateurs de la Contrainte Hydrique pour Trois Variétés de Blé Dur. Les Annales de l'INRGREF, No. spécial, Economie de l'Eau en Agriculture, pp. 18-32.
- 113. Rharrabti Y., L.F. Carcia Del Moral D. Villegas and C. Royo., 2003a.** Durum wheat quality in Mediterranean environments. III. Stability and comparative methods in analysing G x E interaction. *Field Crops Res.*, 80, 141-146.
- 114. Richards C., Dary J.L., et Laffont J.M., 1985.** Produits phytosanitaires, recherche, développement, homologation, (édition de la nouvelle librairie), Paris, p. 96.
- 115. Richards R.A., Passiora, J.B., 1981.** Seminal root morphology and water use of wheat genetic of wheat. *Genetic variation Crop Sci* 21, pp.253-255.
- 116. Sandhu A.S. et Laude, H.H., 1985.** Tests of drought and heat hardness of winter wheat. *Agro. J.* N° 50, p. 78 - 81.
- 117. Slama A., 2002.** Étude comparative de la contribution des différentes parties du plant du blé dur dans la contribution du rendement en grains en irrigué et en conditions de déficit hydrique. Thèse de doctorat en biologie. Tunis.
- 118. Slama A., Ben Salem M., Ben Naceur M. & Zid E.D., 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. (http://www.john-libbeyeurotext.fr/fr/revues/agro_biotech/sec/e-docs/00/04/11/2E/telecharger.md).
- 119. Soltner D., 2005.** Les grandes productions végétales .20^{ème} édition .Collection science et technique agricole .pp :303-308.
- 120. Spagnoletti L., N. Zeuli., 1979.** Variability in durum wheat relationship between flag leaf area and tolerance to frost .*Euphatica*, 69 :PP 31-37.

- 121. Surget A., Barron C. 2005.** Histologie du grain de blé. *Industrie des céréales*, 3-7.
- 122. Talbert L.E., Blake N.K., Storlie E.W. et Lavin M., 1995.** « Variability in wheat based on lowcopy DNA sequence comparisons. » *Genome*, 38: 951-957.
- 123. Teich A.H., 1982.** Interaction of awns and environment on grain yield in winter wheat (*Triticumaestivum* L.). *Cereal Res. Commun.* 10, 11-15.
- 124. Triboï E., 1990.** Modèle d'élaboration du poids du grain chez le blé tendre. *Agronomie*. 10: 191- 200p.
- 125. Turner N.C., 1979.** Drought resistance and adaptation to water deficits in crops plants. *in* : *Stress Physiology in Crop Plants*, Mussell, H. et Staples, R.C. (éd.) Wiley intersciences, New York, p. 303 - 372.
- 126. Van Oosterom, V.E., Ceccarelli, S. et Peacock, J.M., 1993.** Yield Response of barley to Rainfall and Temperature in Mediterranean Environments. *J. Agri. Sci.* N° 121, p. 307 - 313.
- 127. Wall A.M., Ripley R. et Gale M.D. 1971.** The position of a locus on chromosome 5B of *Triticumaestivum* affecting homoeologous meiotic pairing. *Genet Res.* **18**: 329 - 339 p.
- 128. Wang G.Z., Miyashita N.T. et Tsunewaki K., 1997.** Plasmon analyses of *Triticum* (wheat) and *Aegilops*: PCR-single-strand conformational polymorphism (PCR-SSCP) analyses of organellar DNA. *PNAS.*, 94: 14570-14577.
- 129. Wardlaw I.F., 2002.** Interaction between drought and chronic high temperature during kernel filling in wheat in a controlled environment. *Annals of botany*: 90, 469-476.
- 130. Zadoks J.C., Chang T.T., Konzac, C.F., 1974.** A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.* 14, 415-421.
- 131. Zerrad W., Hillali S., Mataoui B.S., Elantri E., Elhmyene A., 2006.** Etude des mécanismes biochimiques et moléculaires de résistance au stress hydrique de deux variétés de blé dur. *Congr  international de biochimie*, Agadir 9-12 Mai 2006.

Annexes

ANNEXE

Annexe 01



Figure 01 : Désherbage chimique le 11 février 2016 (Originale, 2016).



Figure 02 : les collectes portés sur le terrain (Originale, 2016).



Figure 03 : la verse chez quelque variétés de blé dur (Originale, 2016)



Figure 04 : la moisson à l'aide d'une faucille (Original, 2016).

ANNEXE

Annexe 02

Date de réalisation des paramètres.

Tableau 01 :

Variétés	TRE	Chlorophylle	Sucres	Date de récolte
Vitron	21/03/16	20/03/16	20/03/16	24/05/2016
Gta Dur	21/03/16	20/03/16	20/03/16	31/02/2016
Mexicali	21/03/16	20/03/16	20/03/16	22/05/2016
Waha	21/03/16	20/03/16	20/03/16	24/05/2016
Chen's	21/03/16	20/03/16	20/03/16	26/05/2016
Amar 6	21/03/16	20/03/16	20/03/16	26/05/2016
Bousselem	04/04/16	28/03/16	28/03/16	28/05/2016
Ofanto	04/04/16	28/03/16	28/03/16	04/06/2016
Simeto	04/04/16	28/03/16	28/03/16	31/05/2016
Megress	04/04/16	28/03/16	28/03/16	02/06/2016
Cirta	13/04/16	10/04/16	10/04/16	07/06/2016
Bidi 17	13/04/16	17/04/16	17/04/16	08/06/2015
MBB	13/04/16	17/04/16	17/04/16	08/06/2015
Hedba	24/04/16	17/04/16	17/04/16	12/06/2016

Tableau 02 : Date de réalisation des paramètres agro morphologique.

Paramètres	Date de réalisation
Nombre de talles par plante	13/04/2016
Longueur feuille	13/04/2016
Largeur feuille	13/04/2016
Longueur entre nœuds	30/05/2016
Longueur de l'épi avec barbe	30/05/2016
Longueur de l'épi sans barbe	30/05/2016
L'exsertion	30/05/2016
Nombre de grain par épi	30/05/2016
Longueur de col de l'épi	30/05/2016
La hauteur de végétation	31/05/2016
Nombre d'épi par 1 mètre linéaire	31/05/2016
PMG	15/06/2016
Rendement	15/06/2016

ANNEXE

Annexe 03

Tableau 1 : L'analyse de variance de la longueur feuille.

	Longueur feuille				
	DDL	SCE	CM	F	Pr
Var	13	1758,1	135,2	4,230	0,000005
Err	154	4923,6	32,0		
Total	167	6681,7			

Tableau 2 : L'analyse de la variance de la largeur feuille.

	Largeur feuille				
	DDL	SCE	CM	F	Pr
Var	13	5,9764	0,4597	4,787	0,000001
Err	154	14,7883	0,0960		
Total	167	20,7648			

Tableau 3:L'analyse de la variance de la surface foliaire.

	Surface foliaire				
	DDL	SCE	CM	F	Pr
Var	13	6488,4	499,1	4,430	0,000002
Err	154	17348,9	112,7		
Total	167	23837,3			

Tableau 4 : L'analyse de la variance de la longueur entre-nœud.

	Longueur entre-nœud				
	DDL	SCE	CM	F	Pr
Var	13	292,09	22,47	2,590	0,002835
Err	154	1335,91	8,67		
Total	167	1628,00			

Tableau 5 : L'analyse de la variance de la hauteur de végétation.

	Hateur de végétation				
	DDL	SCE	CM	F	Pr
Var	13	114933	8841	243,54	0,00
Err	154	5591	36		
Total	167	120523			

Tableau 6 : L'analyse de la variance de nombre de talles.

	Nombre de talles				
	DDL	SCE	CM	F	Pr
Var	13	181,91	13,99	3,460	0,000101
Err	154	622,75	4,04		
Total	167	804,66			

ANNEXE

Tableau 7 : L'analyse de la variance de L'exsertion.

	Exsertion				
	DDL	SCE	CM	F	Pr
Var	13	2552,75	196,37	24,350	0,00
Err	154	1241,89	8,06		
Total	167	3794,64			

Tableau 8 : L'analyse de la variance de la hauteur finale.

	Hateur finale				
	DDL	SCE	CM	F	Pr
Var	13	8377,9	644,5	116,05	0,00
Err	154	855,2	5,6		
Total	167	9233,1			

Tableau 9 : L'analyse de la variance de poids mille grains.

	Poids mille grains				
	DDL	SCE	CM	F	Pr
Var	13	797,0	61,3	2,317	0,007773
Err	154	4074,7	26,5		
Total	167	4871,7			

Tableau 10 : L'analyse de la variance de la chlorophylle a.

	Chlorophylle a				
	DDL	SCE	CM	F	Pr
Var	13	194,9	15,0	1,54	0,109048
Err	154	1499,7	9,7		
Total	167	1694,6			

Tableau 11 : L'analyse de la variance de chlorophylle b.

	Chlorophylle b				
	DDL	SCE	CM	F	Pr
Var	13	358,53	27,58	1,451	0,142150
Err	154	2926,58	19,00		
Total	167	3285,11			

Tableau 12 : L'analyse de la variance de chlorophylle a+b.

	Chlorophylle a + b				
	DDL	SCE	CM	F	Pr
Var	13	1143,8	88,0	1,63	0,081267
Err	154	8291,7	53,8		
Total	167	9435,5			

ANNEXE

Tableau 13 : L'analyse de la variance de la teneur relative en eau.

	Teneur relative en eau				
	DDL	SCE	CM	F	Pr
Var	13	146	11	1,0	0,459023
Err	154	1737	11		
Total	167	1883			

Tableau 14 : L'analyse de la variance de matière sèche.

	Matière sèche feuille				
	DDL	SCE	CM	F	Pr
Var	13	525,9	40,5	3,26	0,000217
Err	154	1909,0	12,4		
Total	167	2435,0			

Tableau 15 : L'analyse de la variance du taux des sucres solubles.

	Taux des sucres solubles				
	DDL	SCE	CM	F	Pr
Var	13	28651,4	2204,0	5,997	0,000000
Err	154	56598,8	367,5		
Total	167	85250,1			

Annexe 04

	Long f	Larg f	sf	entre nœud	Nb talles	Ms	HV	chl a	chl b	chl a+b	TSS	TRE	NG/épi	cole de l'épi	Exsertion	Epi avec barbe	Epi sans barbe	Nb ép/ml	PMG	Date réc
Larg f	0,41																			
sf	0,88	0,78																		
entre nœud	0,24	0,02	0,18																	
Nb talles	0,03	0,05	0,05	-0,17																
Ms	0,35	0,30	0,38	-0,26	0,06															
HV	0,44	0,02	0,32	0,39	-0,12	-0,08														
chl a	0,04	0,18	0,13	0,08	0,27	-0,23	0,16													
chl b	0,16	0,27	0,25	0,01	0,38	0,02	0,09	0,74												
chl a+b	0,10	0,24	0,21	0,05	0,35	-0,12	0,14	0,94	0,92											
TSS	-0,20	-0,02	-0,17	-0,31	0,09	-0,05	-0,58	-0,17	-0,24	-0,22										
TRE	-0,04	0,13	0,03	-0,12	-0,03	0,46	-0,45	0,04	0,07	0,06	0,09									
NG/épi	0,11	0,12	0,11	-0,28	-0,05	0,17	-0,18	-0,21	-0,02	-0,13	0,23	0,04								
cole de l'épi	0,38	-0,04	0,24	0,31	-0,09	0,00	0,90	0,17	0,07	0,13	-0,44	-0,37	-0,18							
l'exsertion	0,45	0,32	0,48	0,20	-0,07	0,08	0,74	0,15	0,12	0,15	-0,29	-0,23	-0,04	0,77						
L.épi+barbe	0,08	-0,03	0,05	0,09	0,03	0,16	0,29	-0,05	-0,07	-0,07	-0,15	0,08	-0,06	0,37	0,31					
L.épi-barbe	0,13	0,02	0,11	0,03	0,22	0,19	0,09	0,12	0,07	0,10	-0,15	0,07	-0,10	0,09	0,05	0,45				
Nb ép/ml	-0,05	-0,10	-0,09	-0,24	0,11	0,08	-0,34	-0,09	0,05	-0,02	0,17	0,08	0,19	-0,38	-0,38	-0,11	0,24			
PMG	0,00	0,02	0,01	-0,08	-0,11	-0,10	0,07	-0,21	-0,22	-0,23	0,09	0,05	0,16	0,13	0,10	0,10	-0,27	0,01		
Date réc	0,33	0,28	0,38	0,20	-0,13	0,07	0,72	-0,13	-0,09	-0,12	-0,46	-0,28	-0,11	0,62	0,71	0,27	0,07	-0,40	0,11	
RDT	-0,28	0,02	-0,20	-0,26	-0,03	-0,06	-0,51	-0,30	-0,25	-0,30	0,34	0,18	0,24	-0,44	-0,37	-0,22	-0,09	0,04	0,15	-0,38

Chaque case colorée en gris représente une corrélation entre deux paramètres.

Les paramètres les plus corrélés sont en gris foncé. Les moins corrélés sont colorés en gris moins foncé.

Il est à signaler que :

- Le paramètre chlorophyle a « **chl a** » et chlorophylle B « chl b » sont fortement corrélés avec la chlorophyle a + b « **chl a+b** » ; en core plus chl a est aussi corrélé avec chl b.
- Le Cole de l'épi et la date de récolte sont fortement corrélés avec la hauteur de végétation « HV ».
- La surface foliaire « **SF** » est aussi fortement corrélées avec la longueur et la largeur de la feuille « **Long f, Lar f** ».
- Les paramètres PMG, Long épis sans barbes et nombre de grains par épi sont moins corrélés avec les autres.