

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE CONSTANTINE – 1 –
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
UNIVERSITÉ CONSTANTINE 1
DEPARTEMENT DE **BIOLOGIE ET ECOLOGIE** VEGETALE

Filière : Biotechnologie Végétale

Master : Biologie et Génomique Végétales

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de master en

Biotechnologie végétales

Thème

Caractérisation morpho-physiologique et biochimique de sept génotypes de deux variétés de blé dur cultivé en Algérie.

Réalisé par : Mme. ZEGRARI Dounya

Présenté le : 22/06/2014

Devant le jury d'évaluation :

Président : YKHLEF N. Professeur Université Mentouri Constantine 1.

Rapporteur : GHIOUA K. Maître de conférence Université Mentouri Constantine 1.

Examineurs : BOUSBA R. Docteur. Université Mentouri Constantine 1.

Année universitaire
2013- 2014

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, louange à *ALLAH* de m'avoir donné la patience, le courage d'accomplir cet humble travail.

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer toute ma gratitude et mes remerciements à, *Mme. GHIOUA K. cc*, pour tout le temps qu'elle m'a accordée, pour sa disponibilité, et de m'avoir encouragée et crue en moi, et de m'avoir fournie d'excellentes conditions de travail. De plus, les conseils qu'elle m'a prodigués tout au long de la rédaction m'ont beaucoup aidés à terminer ce travail.

J'adresse mes vifs remerciements :

A la présidente du jury madame *Mlle YKHELLEF N.*, Professeur à l'Université de Constantine. De m'avoir fait l'honneur d'accepter de présider le jury.

A madame. *BOUSBA R., Dr.* à l'Université de Constantine. d'avoir honoré en acceptant de juger ce travail.

Je tiens à remercier du fond du cœur Mr *KELLOU K. cc* pour son dévouement et sa gentillesse toute au long du cursus. Je tiens à le remercier du fond du cœur.

Mes vifs remerciements vont aussi à *MOUELLEF A. , CHEHILI F. ; BOULDJAJE R.*, et toutes les personnes qui m'ont aidés, et accompagnés dans la réalisation de ce travail.



Dédicace

Je dédie ce travail à

Mes chères parents, mes chères frères
Houcine et Sid Ali.

Toutes les familles ZEGRARI et HAMMA.

Mon mari et toute sa famille

SOMMAIRE

Introduction.....	01
<i>CHAPITRE I : Revue bibliographique</i>	
1. Présentation du blé dur.....	02
1.1 Historique.....	02
1.2 Caractéristiques génétiques.....	02
1.3 Description et classification botanique.....	03
1.3.1 Description botanique.....	03
1.3.2 Classification botanique.....	05
1.4 Culture du blé.....	06
1.5 Cycle de développement du blé.....	07
1.5.1 La période végétative.....	07
1.5.2 La période reproductrice.....	09
1.5.3 La période de formation et de maturation du grain.....	09
1.6 Production et importance de la culture du blé dur.....	10
2 Aperçu sur des aspects phénologiques, morpho-physiologiques et biochimiques du blé.....	11
2.1 Les paramètres phénologiques.....	11
2.2 Les paramètres morphologiques.....	12
2.3 Les paramètres physiologiques.....	13
2.4 Les Paramètre biochimique : les protéines.....	15
<i>CHAPITRE II : Matériel et méthodes</i>	
1. Matériel végétal.....	18
2. Méthode de culture.....	18
3. Paramètres mesurés.....	19
3.1 Paramètres phénologiques.....	19
3.2 Paramètres morphologiques.....	19
3.2.1 Le nombre de plants levés	19
3.2.2 La hauteur de la plante (HT, cm).....	19
3.2.3 La surface foliaire (SF, cm ²).....	19
3.3 Paramètre physiologiques.....	20
3.3.1 Teneur relative en eau (TRE « % »).....	20

3.3.2 Teneur de chlorophylle totale (TCT, unité de SPAD).....	20
3.4 Paramètres biochimiques.....	21
3.4.1 Extraction des protéines totales.....	22
3.4.2 Préparation du gel.....	22
3.4.3 Dépôt des échantillons et migration.....	23
3.4.4 Coloration et décoloration du gels.....	24
4. Analyse des résultats.....	25

CHAPITRE III : Résultats et discussion

1. Paramètres mesurés.....	26
1.1 Paramètre phénologique.....	26
1.2 Paramètres morphologiques.....	28
1.2.1 Le nombre de plants levés.....	28
1.2.2 La hauteur de la plante.....	29
1.2.3 La surface foliaire.....	31
1.3 Paramètres physiologiques	33
1.3.1 Teneur relative en eau (TRE %).....	33
1.3.2 Teneur de la chlorophylle totale (Unité SPAD).....	35
1.4 Paramètre biochimique.....	37
1.4.1 Etude de l'électrophoregramme.....	37
1.4.2 Indice de similarité.....	38
1.4.3 Classification hiérarchique.....	39
Conclusion.....	42

Références Bibliographiques

Annexes

Résumé

Liste des figures

Figure 1 : description du la plante blé.....	3
Figure 2 : Cycle de développement du blé.....	7
Figure 3 : Schéma représentatifs la fixation des protéines par SDS	16
Figure 5 : Le Chlorophylle mètre SPAD 502.....	20
Figure 6: variation du nombre des plants levés.....	28
Figure 7: la variation des hauteurs de la plante chez trois génotypes.....	29
Figure 8 : Evolution de la surface foliaire des génotypes étudiés.....	30
Figure 9: Evolution la teneur relative en eau des trois génotypes étudiés.....	32
Figure 10 : Evolution la teneur de chlorophylle total des trois génotypes étudiés	34
Figure 11: polymorphisme électrophoretique des protéines totales des grains des sept génotypes des deux variétés.....	36
Figure 12: Dendrogramme d'après le profil électrophorétique des grains des sept génotypes du deux variétés du blé	39

Liste des tableaux

Tableau 1: Composition en protéines de la farine de blé (Feillet P., 2000).....	15
Tableau 2 : Caractéristiques des deux variétés.....	17
Tableau 3: Variation moyenne de la durée (en jours) d'apparition des feuilles.....	26
Tableau 4: Analyse de la variance de la hauteur des plantes.....	29
Tableau 05 : Test de comparaison de NEWMAN-KEULS de l'hauteur.....	29
Tableau 6 : Analyse de la variance de la surface foliaire.....	31
Tableau 07 ; Test de comparaison de NEWMAN-KEULS de la surface foliaire.....	31
Tableau 8: Analyse de la variance de la Teneur relative en eau.....	33
Tableau 09: Test de comparaison de NEWMAN-KEULS de la teneur relative en eau	33
Tableau 10: Analyse de la variance de la chlorophylle totale.....	34
Tableau 11: Test de comparaison de NEWMAN-KEULS de chlorophylle total	34
Tableau 12: Indice de similarité des sets génotypes de deux variétés.....	36

Liste des abréviations

APS : persulfate d'ammonium.

C % : "cross-linking", Bisacrylamide (g)/ (Acrylamide+Bisacrylamide) (g) x100.CEI

h : heure.

HT : hauteur

J : jours.

KDa : kilo dalton.

m².s/mol : mètre au carrée .second / mol.

mA : milli ampère.

mn : minute.

Pf : poids frais

PM : poids moléculaire.

PSF : Le poids spécifique foliaire.

PS : poids sec.

PT : Poids de la pleine turgescence.

qsp : quantité suffisante pour.

rpm : rotation par minute.

SDS-PAGE : Sodium Dodécylsulfate Polyacrylamide Gel Electrophoresis.

sec : seconde.

SF : Surface foliaire.

SPAD : développements pour l'analyse du sol et des plantes.

T % : «concentration totale » Acrylamide + Bisacrylamide (g)/Total x 100.

TCA : acide trichloroacétique.

TEMED : tétraméthyl-éthylène-diamine.

TRE : teneur relative en eau.

Tris : tris-hydroxyméthyl-aminométhane.

Introduction

Le blé dur compte parmi les espèces de céréales les plus anciennes, et constitue une des principales ressources alimentaires de l'humanité. En Algérie il occupe une place très privilégiée dans les ménages, en fournissant plus de 60 % de l'apport calorifique et 15 à 20 % de l'apport protéique de la ration alimentaire. Son débouché principal est l'alimentation humaine (pain et pâtes) pour plus de la moitié de la production, le reste est utilisé pour l'alimentation animale et l'industrie (amidon).

Avec le riz, le blé dur est le plus consommé par l'homme et arrive en 3 ième position au niveau de la production après le maïs et le riz (Reynaud, 2011). L'augmentation de sa productivité nécessite d'améliorer et de sélectionner des variétés performantes présentant des caractères morpho-physiologiques et biochimique adaptés aux climats aride et semi-aride des pays du bassin méditerranéen où il est le plus cultivé.

Les protéines contenues dans le blé comme toutes des protéines végétales présentent un intérêt économique, l'amélioration de la valeur nutritionnelle du blé dur doit être un objectif permanent. C'est pourquoi il est nécessaire de connaître les gènes qui contrôlent ces protéines impliquées dans la qualité.

Les protéines totales constituent depuis ces dernières années un matériel de choix dans la diversité génétique et interviennent comme marqueurs moléculaires de classification et de sélection des végétaux en complément à l'identification variétale basée sur des critères phéno-morpho-physiologiques.

Dans ce travail nous avons essayé de comparer la variabilité existant entre les différents génotypes par l'étude d'une part des paramètres phénologique, morphologiques : nombre des plants levés, surface foliaire et hauteur des plantes et des paramètres physiologiques : teneur relative en eau et chlorophylle totale et d'autre part des protéines totales des grains de sept génotypes appartenant à deux variétés de blé dur.

Ce travail se divise en trois chapitres :

- Le premier résume les données bibliographiques, concernant les paramètres phéno-morpho-physiologiques retenus et biochimiques (protéines totales).
- Le deuxième décrit le matériel biologique et les méthodes utilisées.
- Le troisième est consacré à la présentation, l'exploitation et la discussion des résultats.

Ce mémoire commence par une Introduction générale. et s'achève, par une conclusion, suivie de la liste de références bibliographiques et des annexes.

Présentation du blé dur

1.1 Historique

Le blé est l'une des premières espèces cultivées par l'homme, depuis plus de 7000 à 10000 ans avant Jésus-Christ dans la région du croissant fertile, vaste territoire comprenant, la vallée du Jourdain et les zones adjacentes de la Palestine, de la Jordanie, de l'Irak, et la bordure Ouest de l'Iran (Feldman 2001).

Selon Vavilové in Erroux (1961), le blé dur (*Triticum durum*) a deux origines : l'Abyssinie et l'Afrique du Nord, alors que pour Grignac, (1978), le Moyen Orient est le centre générateur du blé dur, où il s'est différencié dans trois régions : le bassin occidental de la méditerranée, le sud de la Russie et le Proche Orient (Syrie et nord de la Palestine). L'Afrique du Nord est considérée comme centre secondaire d'après la classification de l'espèce (Chikhi, 1992).

Chaque centre a donné naissance à des groupes de variétés botaniques possédant des caractéristiques phénologiques, morphologiques et physiologiques spécifiques (Monneveux, 1991).

En Algérie, une grande diversité des blés cultivés était observée. En effet, au début du siècle une multitude de variétés et /ou populations de terroirs étaient cultivées, mais depuis la fin des années 1960, la gamme variétale locale a commencé à régresser sous les introductions massives des blés dits à haut potentiel génétique (Abdelguerfi et Laouar, 2000).

1.2 Caractéristiques génétiques

La filiation génétique des blés est complexe et incomplètement élucidée. Le genre *Triticum* regroupe de nombreuses espèces présentant une large gamme de diversité morphologique et agro-écologique.

Les espèces de blé tirent leur origine génétique de croisements naturels entre *Triticum monococcum*, *Triticum urartu* et des espèces sauvages apparentées appartenant à *Aegilops speltoides*.

Le genre *Triticum* regroupe des espèces de ploïdies variées : des espèces diploïdes tel que l'Engrain (*Triticum monococcum*), des espèces tétraploïdes tels que l'Amidonnier (*Triticum dicoccum*) ou le blé dur (*Triticum durum*) et enfin des espèces hexaploïdes tel que le blé tendre (*Triticum aestivum*). Parmi toutes ces espèces, le blé dur (*Triticum durum*) et le blé tendre (*Triticum aestivum*) sont les plus cultivés.

D'un point de vue génétique, Le Blé dur (*T. turgidum ssp. durum* Desf.) est un allo-tétraploïde ($2n = 28$, AABB) hybride naturel, qui remonte au croisement réalisé entre *Triticum urartu* (génome AA) et une espèce voisine de *Aegilops speltoides* (génome BB) (Huang *et al.*, 2002).

1.3 Description et classification botanique

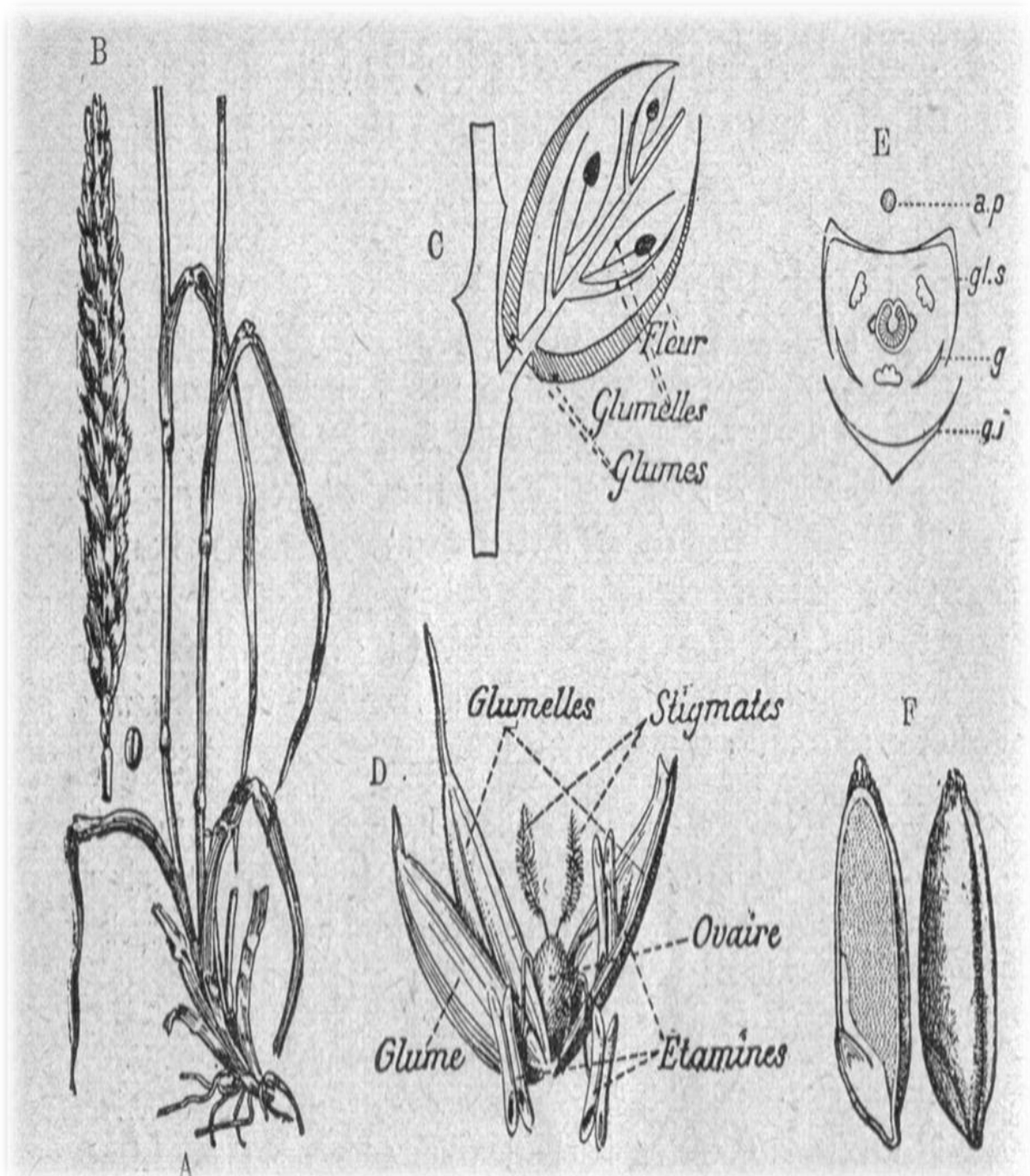
1.3.1 Description botanique

Le blé dur est une plante herbacée, appartenant au groupe des céréales à paille, qui sont caractérisées par des critères morphologiques particuliers (figure 1).

- La tige aérienne porte le nom de chaume ; elle est creuse et cylindrique ; sa cavité est interrompue régulièrement, au niveau des nœuds, par des diaphragmes. La partie végétative du chaume se ramifie fréquemment à la base. Au niveau des nœuds, au contact du sol, apparaissent des bourgeons et des racines engendrant un nouvel axe feuillé (Dupont., Guignard, 2012.).
- Les racines du blé sont pourvues de nombreuses racines, dites fasciculées vu leur forme en faisceaux, qui prennent naissance à la base de la tige. Elles sont de type fasciculé dont ; 55 % du poids total des racines se trouve entre 0 et 25 cm de profondeur (Clement et Prat, 1970).
- Les feuilles sont alternées, ligulées et engainantes. Elles ont des nervures parallèles et sont terminées en pointe (Clement et Prat, 1970).
- L'inflorescence est toujours en épillets associés en inflorescence épis, se recouvrant étroitement les uns aux autres (Bonjean et Picard, 1990).
- Le grain de blé dur est un fruit, appelé caryopse, c'est-à-dire un akène dont l'enveloppe est intimement soudée au tégument de la graine (Dupont et Guignard, 2012).

Les grains sont de forme ovoïde, possédant sur l'une de leur face un sillon et à l'extrémité opposée de l'embryon des touffes de poils : la brosse (Godon *et al.*, 1991; Hemery *et al.*, 2007). La longueur du grain de blé est comprise entre 5 et 8 mm, son poids entre 20 et 50 mg (Surget et Barron, 2005).

Histologiquement, le grain de blé dur est formé de trois types de tissu : le



germe (3%), les enveloppes (13-16% du grain) et l'albumen (80-85% du grain) (Kent et Evers, 1994, Barron *et al.*, 2007).

Figure 1 : description du la plante blé . A : plant de blé ; B : épi ; C : épillet ; D : une fleur isolée avec glume et glumelles ; E ; grains de blé dont l'un est coupé long.

1.3.2 Classification botanique

Le blé dur (*Triticum durum*) est une plante de la classe de Monocotylédones de la famille des Graminées, c'est-à-dire à un groupe de végétaux dont le nom, étymologiquement, signifie "producteur de grains".

A cette définition assez vague, les botanistes préfèrent le terme plus précis de Poacées, par référence à un genre très commun dans la nature (Mosiniak, al., 2006), de la tribu des Triticées et du genre *Triticum* (Feillet, 2000). Cette famille comprend 600 genres et plus de 5000 espèces (Feillet, 2000 ; Mac Key, 2005).

D'après la classification de Cronquist (1981) et APG III (2009), le blé dur est une monocotylédone classée de la manière suivante:

Classification de Cronquist (1981)

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Liliopsida
Sous-classe	Commelinidae
Ordre	Cyperales
Famille	Gramineae
Tribu	Triticeae
Genre	<u><i>Triticum</i></u>
Espèce	<u><i>Triticum turgidum</i></u>
Sous-espèce	<i>Triticum turgidum</i> subsp. <i>durum</i> (Desf.)
Synonymes	<i>Triticum durum</i>

Classification APG III (2009)

Ordre	Poales
Famille	Poaceae

1.4 Culture du blé

Le blé est une plante herbacée dont le développement est influencé par les facteurs de l'environnement (dioxyde de carbone, eau, éclairage, température, éléments minéraux du sol, nature du sol...). Pour un bon développement du blé, quelques exigences sont indispensables :

- **La température** : joue un rôle dans la vitesse des réactions chimiques. A faible température, la plante est en vie ralentie, il n'y a pas de synthèse de matière organique.

Lorsque la température s'élève, les réactions chimiques de la photosynthèse sont stimulées, ceci jusqu'à une valeur optimale, au-delà de cet optimum, les enzymes qui catalysent les réactions chimiques sont progressivement dénaturés et l'intensité photosynthétique diminue (Battinger, 2002).

- **L'eau** : a une grande importance dans la croissance de la plante, elle a une action sur l'ouverture des stomates et, par conséquent, sur la pénétration du dioxyde de carbone dans la plante (Battinger, 2002). Elle est aussi le véhicule des éléments minéraux solubles de la sève brute (Soltner, 1990).

Le blé dur est bien adapté aux régions à climat relativement sec, où il fait chaud le jour et frais la nuit durant la période végétative, ce qui est typique des climats méditerranéens et tempérés (Amokrane, 2001).

Dans ces régions, les précipitations peuvent varier entre 300 millimètres et 1000 millimètres par an, réparties de manière à fournir beaucoup d'eau à la plante durant sa période de croissance et de fines pluies vers la fin de manière à faire gonfler les grains.

- **L'éclairage** : intervient dans les réactions photochimiques de la photosynthèse. Ces réactions permettent d'obtenir l'énergie nécessaire à la synthèse de la matière organique végétale. C'est pourquoi un déficit en lumière ralentit fortement l'intensité de la photosynthèse (Battinger, 2002). Selon Clement et Prats, (1970) le blé est une plante de pleine lumière.

- **Le Sol** : De nombreux éléments minéraux entrent dans la constitution de molécules organiques nécessaires à la vie, à la croissance et au développement de la plante. Ces éléments minéraux sont prélevés par la plante dans le sol sous forme d'ions (Battinger, 2002).

Le blé craint les sols tourbeux contenant de fortes teneurs en sodium, magnésium et fer. Le pH optimal pour le développement se situe entre 6 et 8.

1.5 Cycle de développement du blé

Le cycle est décomposé en période végétative, période reproductrice et une période de maturation. Les modifications morphologiques résultent du processus de croissance et du processus de développement (Figure 2).

1.5.1 La période végétative

Elle se caractérise par un développement strictement herbacé et s'étend du semis jusqu'à la fin tallage. Celle-ci se divise en deux phases :

- **La phase germination – levée :**

La germination de la graine se caractérise par l'émergence du coléorizhe donnant naissance à des racines séminales et à la coléoptile qui protège la sortie de la première feuille fonctionnelle (**Bada., 2007**). La levée se fait réellement dès la sortie des feuilles à la surface du sol (Gate, 1995).

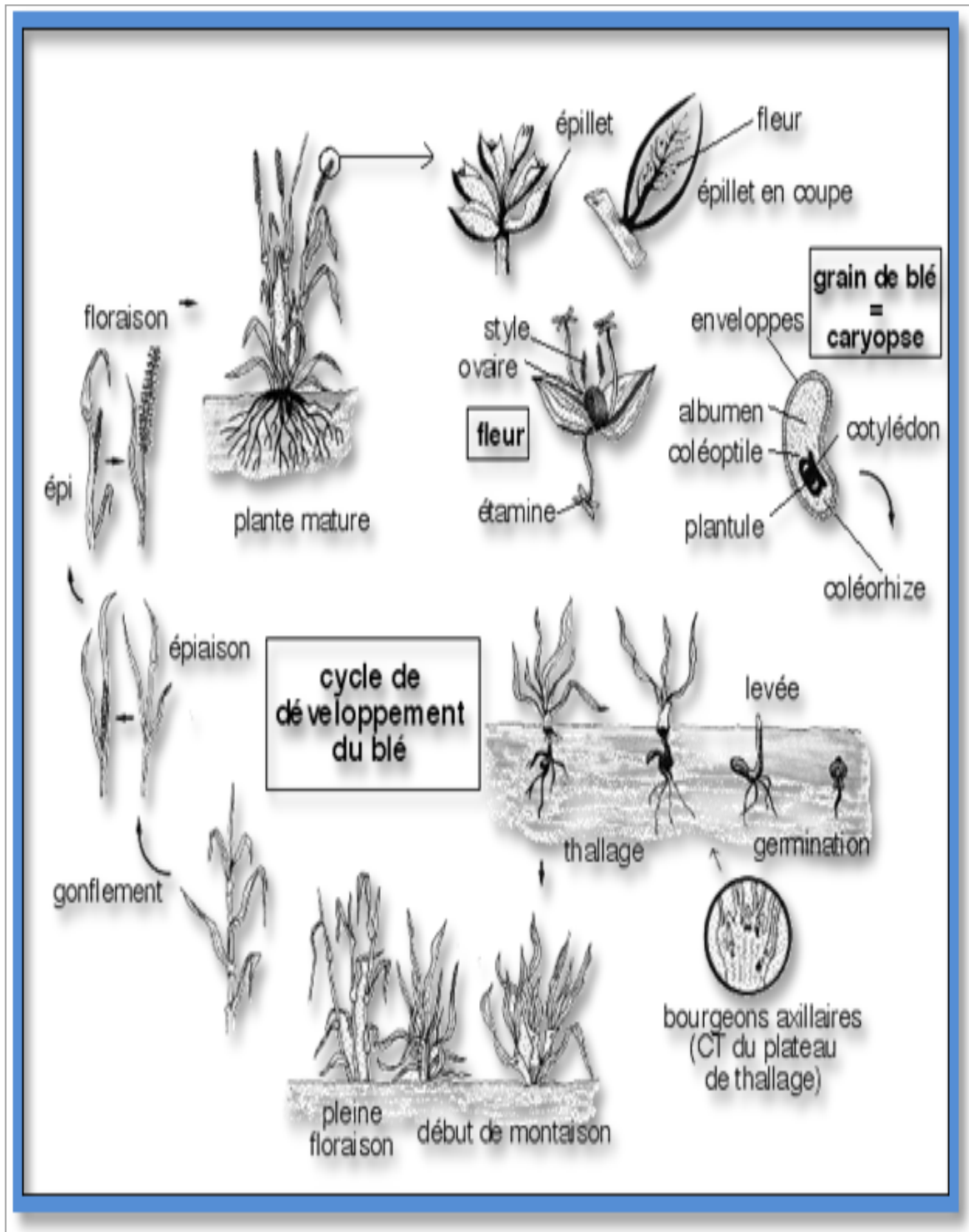
- **La phase levée – tallage :**

La production de talles commence à l'issue du développement de la troisième feuille (Moule, 1971). L'apparition de ces talles se fait à un rythme régulier à celui de l'émission des feuilles. A partir des bourgeons situés à l'aisselle des talles primaires initiées à la base du brin maître, les talles secondaires peuvent apparaître et être susceptibles d'émettre des talles tertiaires.

Le nombre de talles produites dépend de la variété, du climat, de l'alimentation minérale et hydrique de la plante, ainsi que de la densité de semis (Masle-Meynard, 1980).

Le facteur nutritionnel peut modifier la vitesse du tallage herbacé, la durée du tallage et le nombre de talles (Austin et Jones, 1975).

La fin du tallage représente 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 entre-noeuds (Gate, 1995).

Figure 2 : Cycle de développement du blé (Henry et DE Buyser, 2000).

1.5.2 La période reproductrice

- La phase montaison – gonflement :

La montaison caractérisée par l'allongement des entre-nœuds et la différenciation des pièces florales. Pendant cette phase de croissance active, les besoins en éléments nutritifs notamment en azote sont accrus (Clement et Prats, 1971). La montaison s'achève à la fin de l'émission de la dernière feuille et des manifestations du gonflement que provoquent les épis dans la gaine (figure 2).

- La phase épisaison – floraison :

Elle est marquée par la méiose pollinique et l'éclatement de la gaine avec l'émergence de l'épi. C'est au cours de cette phase que s'achève la formation des organes floraux (l'anthèse) et s'effectue la fécondation (figure 2). Cette phase est atteinte quand 50 % des épis sont à moitié sortis de la gaine de la dernière feuille (Gate, 1995).

1.5.3 La période de formation et de maturation du grain

- Le grossissement du grain :

Cette phase marque la modification du fonctionnement de la plante qui sera alors orientée vers le remplissage des grains à partir de la biomasse produite. Les besoins des grains sont inférieurs à ce que fournissent les parties aériennes (plus de 3/4 de la matière sèche sont stockés au niveau des tiges et des feuilles). Par la suite, les besoins augmentent et le poids des grains dans l'épi s'élève, alors que la matière sèche des parties aériennes diminue progressivement.

Seulement 10% à 15% de l'amidon du grain peut provenir de réserves antérieures à la floraison. A l'issue de cette phase, 40 à 50 % des réserves se sont accumulées dans le grain qui, bien qu'il ait atteint sa taille définitive, se trouve encore vert et mou, c'est le stade «grain laiteux ». L'autre partie des réserves se trouve encore dans les tiges et les feuilles qui commencent à jaunir (Boulelouah, 2002).

- **Maturation du grain :**

La phase de maturation succède au stade pâteux (45 % d'humidité). Elle correspond à la phase au cours de laquelle le grain va perdre progressivement son humidité.

Cette phase débute à la fin du palier 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 perdra que l'excès d'eau qu'il contient et passera progressivement aux stades « rayable à l'angle » (20 % d'humidité) puis, « cassant sous la dent » (15-16 % d'humidité) (Gate, 1995).

1.6 Production et importance de la culture du blé dur

- **Dans le monde :**

Parmi les céréales, le blé occupe la première place pour la production mondiale et la deuxième après le riz. Source de nourriture pour les populations humaines, il assure 15% de ses besoins énergétiques (Bajji, 1999).

Le blé dur occupe 8 à 10% du total des terres réservées aux blés dur et tendre, dans le monde. La superficie moyenne consacrée annuellement à la culture du blé dur est estimée à 8 millions d'hectares, pour une production annuelle moyenne de 37.9 millions de tonnes (moyennes de la période 2006-2010). On estime que la demande s'élèvera à 1 milliard de tonnes en 2020.

La culture du blé dur est concentrée au Moyen-Orient, en Afrique du Nord, en Russie, aux Dakotas, au Canada, l'Inde et l'Europe méditerranéenne. L'Europe a produit en moyenne au cours des 10 dernières années 26% de la production mondiale, viennent ensuite l'Amérique du Nord et centrale avec 24%, le Moyen-Orient 18%, puis la communauté des Etats indépendants (CEI) 12% et l'Afrique du Nord 11% (Anonyme, 2012).

En 2013/2014, le poste « alimentation humaine, semences, usages industriels » représenterait 94 % des utilisations intérieures en Afrique du Nord, avec 46 Mt importées en 2013/2014. Les pays d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient concentrent le tiers des échanges

mondiaux, le premier importateur est l'Égypte (10 Mt), suivi de l'Algérie (6,5 Mt) et, pour des quantités plus faibles, le Maroc, la Libye et la Tunisie (Auriane, 2014).

- **En Algérie :**

La céréaliculture constitue la principale activité, notamment dans les zones arides et semi-arides du pays. Elle occupe plus de 90% (6 millions d'hectares) des terres cultivées.

En Algérie, le blé dur est la première céréale cultivée dans le pays et occupe annuellement plus de 1.3 millions d'hectares (65% de la surface céréalière), ceci durant la période 2000-2010 (Madr, 2011). La majeure partie se fait dans les régions de Sidi Bel Abbés, Tiaret, Sétif et Constantine.

La production nationale en blé dur est encore faible, elle ne couvre que 20 à 25 % des besoins du pays, le reste étant importé (Anonyme, 2008). La cause principale de la faiblesse de la production du blé dur en Algérie est due à des contraintes abiotiques (pluviométrie surtout), biotiques (adventices, surtout) et humaines (itinéraires techniques appliqués) (Chellali, 2007).

2. Aperçu sur des aspects phénologiques, morpho-physiologiques et biochimiques du blé

La plupart des travaux effectués sur le blé dur entrent dans le cadre de l'amélioration et la création variétale. Ceci exige d'étudier, d'identifier et de vérifier les caractères phénologiques, morpho physiologiques et biochimiques afin d'identifier et de caractériser les nombreuses variétés de blé.

2.1 Les paramètres phénologiques

La phénologie étant l'étude de l'influence de l'environnement sur les phénomènes périodiques de végétation. Les paramètres phénologiques d'adaptation ou paramètres de précocité définissent le calage du cycle vis-à-vis des contraintes auxquelles sont soumises les plantes (Ben Naceur et *al.*, 1999).

La précocité qui consiste en un développement phénologique rapide du cycle végétatif permet d'éviter la sécheresse et les hautes températures survenant à la fin du cycle de la culture (Monneveux, 1991 et Brisson, 1996).

Dans les zones arides et semi-arides, le stress thermique peut intervenir en début du cycle. Selon Karou *et al.*, (1998) suite aux effets des hautes températures automnales une forte réduction du nombre de plantes levées par unité de surface est observée.

2.2 Les paramètres morphologiques

Ce sont les paramètres correspondant à une stratégie d'adaptation de la culture qui impliqueraient des mécanismes propres à la plante. Il existe beaucoup de paramètres liés à la morphologie parmi lesquels nous nous sommes intéressés à la hauteur de la plante et à la surface foliaire.

- **La hauteur de la plante :**

Ce paramètre apparaît comme un critère de sélection important. Une hauteur de paille importante est une caractéristique désirable en zone semi-aride, d'ailleurs Meklich, (1983) ont trouvé une liaison positive et significative entre le rendement et la hauteur de la paille. Ceci s'expliquerait par le fait qu'une paille haute s'accompagne souvent d'un système racinaire profond ce qui conférerait à la plante une capacité d'extraction de l'eau supérieure.

Alors que d'autres auteurs, pour ne citer que Bouzerzour et Hafsi, (1993) ont montré que les variétés de blé à paille courte ont une bonne adaptation et une meilleure productivité en zones sèches.

- **La surface foliaire :**

La feuille est l'organe le plus sensible à la contrainte hydrique, elle change de forme et d'orientation en présence d'un déficit hydrique (Gate *et al.*, 1993).

La surface foliaire est un déterminisme important de la transpiration. Selon Adjab, (2002), les plantes à surface foliaire plus grande peuvent tolérer la déshydratation et maintenir un potentiel hydrique élevé. Par contre, Kirkham *et al.*, (1980), suggèrent qu'une surface foliaire réduite peut être avantageuse, du fait qu'elle réduit effectivement les pertes en eau

totale de la plante. Pour ce même auteur, la perte d'eau est liée à la surface foliaire, plus la surface est large, plus le taux de déperdition augmente.

Dans le même sens, Abbassenne, (1997) rapporte qu'une variété avec une faible surface foliaire est capable de faire un bon rendement et que la diminution de la surface foliaire, est compensée par une durée de vie du feuillage plus longue.

2.3 Les paramètres physiologiques

Parmi les facteurs physiologiques, nous avons retenu la teneur relative en eau et le taux de chlorophylle totale parce que ces paramètres sont faciles à mesurer et fiables.

- **La teneur relative en eau :**

L'eau est un facteur limitant, elle est nécessaire au maintien de l'hydratation du cytoplasme qui conditionne le fonctionnement cellulaire : lorsqu'il n'y a pas assez ou pas d'eau, les enzymes de la photosynthèse sont peu actives voire inactives. D'autre part, lorsque l'hygrométrie est insuffisante, les stomates qui règlent le débit des échanges gazeux (CO₂, O₂, vapeur d'eau...) se ferment partiellement ou totalement pour limiter les pertes en eau (Battinger, 2002).

La teneur relative en eau ou turgescence foliaire est une caractéristique génotypique qui est liée à la capacité de la plante à maintenir un niveau d'eau dans la feuille qui soit à même de garantir la continuité de l'activité métabolique dont entre autre la photosynthèse.

La TRE est considérée comme étant le meilleur indicateur de statut hydrique d'une plante. En plus de sa relation avec le volume cellulaire, elle reflète plus précisément la balance entre l'eau disponible dans la feuille et le taux de transpiration, le potentiel osmotique et de turgescence (Nouri, 2002).

Le maintien d'un niveau élevé de la TRE serait probablement lié à une bonne capacité d'ajustement osmotique permettant la préservation de l'intégrité structurale et fonctionnelle des tissus (Blum, 1988). D'après Ykhlef, (2001) le maintien de la turgescence des tissus foliaires entraîne une ouverture des stomates et contribue au maintien d'une activité photosynthétique importante.

Selon Kacperska, (2004) et Arraouadi. et al., (2011), le maintien d'une valeur assez élevée de la teneur relative en eau, en condition de stress peut résulter de deux mécanismes d'adaptation : maintien d'une élasticité élevée des tissus et ou diminution de la pression osmotique.

Scofield *et al.*, (1988) notent que la teneur en eau diminue lorsque le stress augmente, mais elle diminue plus vite chez les variétés sensibles que chez les variétés résistantes. Ainsi Semiani, (1997) conclut que la chute de la TRE en fonction du niveau de stress est un caractère dépendant du génotype.

- **La teneur en chlorophylle totale :**

La photosynthèse, appelée encore assimilation chlorophyllienne, n'est possible que par l'intervention de pigments assimilateurs, les chlorophylles. Elles font partie d'un groupe de pigments tétra-pyrroliques avec des fonctions et des éléments structuraux communs. On trouve ces pigments verts dans tous les organismes photosynthétiques (Battinger, 2002).

Aujourd'hui, on dénombre plus de 50 chlorophylles différentes. Les plus répandues et également les plus étudiées sont les chlorophylles a et b.

- La chlorophylle a est présente chez l'ensemble des plantes supérieures et des algues, capables d'effectuer la photosynthèse aérobie.
- La chlorophylle b est un pigment qui diffère de la chlorophylle a par un groupement aldéhyde remplacé d'un méthyle, est également très largement répandue chez les chlorophytes, les micromonadophytes et les plantes vertes (Battinger, 2002).

La quantité de la chlorophylle des feuilles peut être influencée par beaucoup de facteurs tels que l'âge des feuilles, la position des feuilles, et les facteurs environnementaux tels que la lumière, la température et la disponibilité en eau (Hikosaka *et al.*, 2006).

L'augmentation des teneurs en chlorophylle totale est la conséquence de la réduction de la taille des cellules foliaires sous l'effet d'un stress hydrique qui engendre une plus grande concentration (Siakhène, 1984).

Par contre, la chute des teneurs en chlorophylle est la conséquence de la réduction de l'ouverture des stomates visant à limiter les pertes en eau par évapotranspiration et par

augmentation de la résistance à l'entrée du CO₂ atmosphérique nécessaire à la photosynthèse (Bousba et *al.*, 2009).

La diminution en chlorophylles perturbe la redistribution des assimilâtes stockés par la tige vers les différentes parties de la plante, ce qui perturbe sa croissance (Karima et *al.*, 2012).

2.4 Paramètre biochimique : les protéines

Le cotylédon du blé représente 82 % à 85 % du grain. Il accumule toutes les substances nutritives nécessaires qui sont les glucides, les protéines, les lipides, les substances minérales et les vitamines (Cretois et *al.*, 1985). Les protéines sont le deuxième élément important dans la farine et la semoule de blé, leur teneur varie selon le degré de maturité du grain, les variétés et les conditions de culture.

Les protéines du blé sont les plus connues parmi les protéines des céréales, elles ont la propriété unique de former après hydratation une masse cohérente, insoluble et viscoélastique (Benmberk, 2004).

Sur le plan quantitatif la teneur en protéines dépend essentiellement des conditions agronomiques du développement de la plante (Mok, 1997). Sur le plan qualitatif, elle est basée sur les différences de propriétés des protéines, celles-ci étant liées au patrimoine génétique de la variété.

Les protéines du blé sont pauvres en acides aminés essentiels à cause d'un niveau limité de lysine et thréonine (Garg et *al.*, 2007). Elles présentent 8 à 20 % du poids du grain mûr et sec du blé, elles seraient regroupées dans deux familles principales (Tableau 1) :

- Les protéines solubles : sont les albumines et globulines (15 à 20 %) (Sladana Ž. et *al.*, 2001). Elles comprennent de nombreuses protéines physiologiquement actives telles que des α -amylases, des inhibiteurs de la protéase, les enzymes de régulation, des enzymes métaboliques et des enzymes synthétiques (Tao haiying et *al.*, 2012). Ces protéines participent à la formation du grain et à l'accumulation des réserves dans l'albumen (Hafeez, 2009).
- Les protéines insolubles : sont des gliadines et des gluténines, elles représentent 80 à 85 % (Macfarlanea. et *al.*, 2003)., elles sont appelées aussi prolamines en raison de

leur richesse en proline et en glutamine (Amri, 2010). elles sont le principal composant fonctionnel de blé, et constituent la principale source des propriétés viscoélastiques à une pâte (Megan et John, 2000).

De point de vue pratique, dans ces protéines il faut savoir différencier les protéines solubles et insolubles :

- Ce qui fait la qualité technologique, c'est la qualité des protéines insolubles composées du complexe des gluténines et gliadines.
- Ce qui fait la qualité nutritionnelle, c'est plus les protéines solubles parce qu'elles contiennent un meilleur équilibre en acides aminés essentiels et surtout plus de Lysine.

Tableau 1: Composition en protéines de la farine de blé (Feillet, 2000).

Solvant	Groupe protéique	Qualité : % des protéines totales	PM (Da)
Eau	Albumines	15	5 000 – 30 000
NaCl 0,5 N	Globulines	5	20 000 – 90 000
Ethanol 70%	Gliadines	30 – 40	25 000 – 75 000
Ac. acétique 0,01 N	Gluténines solubles	15 – 20	≥ 100 000
Résidu insoluble	Gluténines insolubles	25 – 35	≥ 1 000 000

L'appréciation de la diversité génétique, par l'étude du polymorphisme des protéines, donc le polymorphisme biochimique des protéines est très important qu'on ne le supposait il y a quelques années (Alais et *al.*, 2005).

L'application de l'électrophorèse selon Laemmli, (1970) peut déterminer la diversité des génotypes par l'obtention des électrophorégrammes qui caractérisent ses protéines.

L'une des variantes la plus répandue de l'électrophorèse est l'électrophorèse sur gel de polyacrylamide en présence du sodium dodécyl sulfate (SDS-PAGE) décrite par Ulrich Laemmli en 1970 et qui est utilisée pour séparer les protéines en fonction de leur poids moléculaire (Dicko, 2006).

La technique SDS-PAGE est basée sur le fractionnement des protéines selon leur mobilité, en leur conférant une charge homogène par l'ajout d'un détergent le SDS qui charge négativement les protéines (figure 3) (Leonardis et *al.*, 2007).

Cette technique de criblage, utilisée pour distinguer le polymorphisme existant entre les génotypes et les variétés, est relativement rapide, peu coûteuse et reproductible.

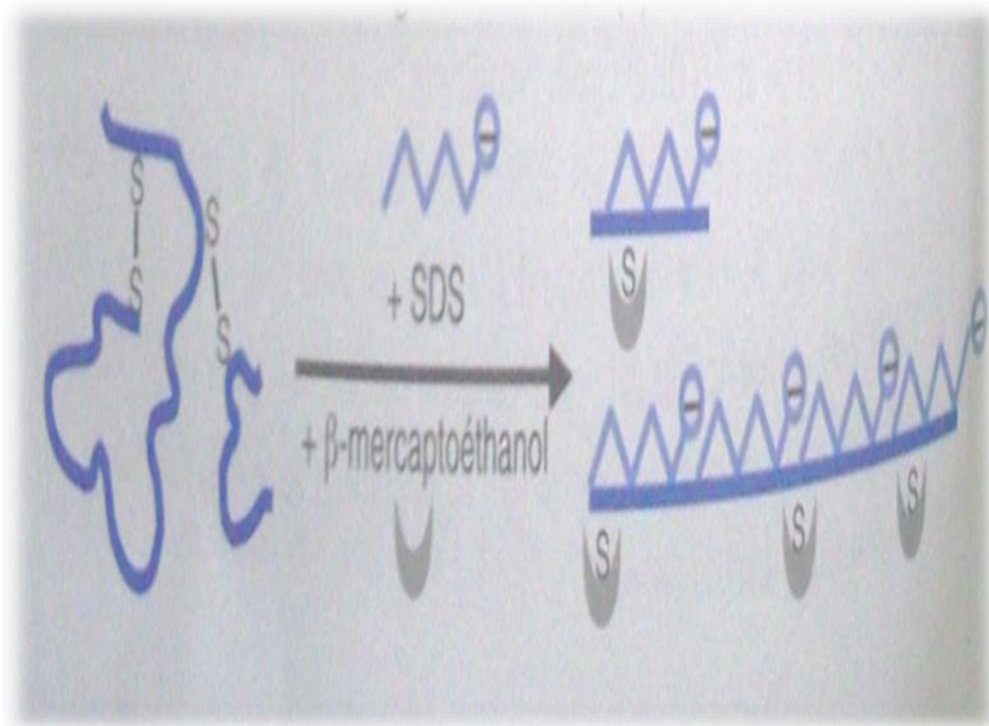


Figure 4 : Schémas représentatifs de la fixation et la dénaturation des protéines par SDS (sodium dodécyl sulfate) (Gavrilovic, 2009)

1. Matériel végétal

Deux variétés du blé dur (*Triticum durum* Desf.) sont utilisées dans cette étude. Celles-ci font partie d'une collection du blé dur cultivé en Algérie (**Boudour, 2006**). Il s'agit des variétés :

- algérienne : comprenant 4 génotypes
- *erythromelan* : comprenant 3 génotypes

Quelques caractéristiques des génotypes utilisés sont consignées dans le tableau 2.

Tableau 2 : Caractéristiques des deux variétés.

Caractéristique Variétés	Couleur de la barbe	Couleur de l'épi	Paille	Grain	Compacité
<i>Algérienne</i>	Noire	Rouge glabre	Creuse	Rouge	Demi compacte
<i>Erythromelan</i>	Noire	Rouge glabre	Creuse à demi creuse	Rouge	Assez faible

D'après ces données, les deux variétés ne diffèrent que par la paille et la compacité.

2. Méthode de culture

L'expérimentation a été mise en place au niveau de la serre à Chaabet El Rasses, Université Mentouri, Constantine 1.

Les graines choisies sont saines, et sont sélectionnées selon leur taille, leur forme. Elles sont ensuite rincées trois à quatre fois avec de l'eau distillée.

Les graines sont semées dans des pots en plastique de 3Kg remplis d'un mélange de sol agricole de la pépinière de l'université (2,5 Kg de sol/pot).

Les pots sont répartis à raison de 2 pots /génotype. Dans chaque pot 4 graines, sont déposées à une profondeur de 2-3 cm. Les pots sont placés sous serre, et sont arrosés régulièrement 2 fois par semaine à raison de 250ml d'eau.

1. Paramètres mesurés

La caractérisation des variétés a été basée sur quelques paramètres liés à la phénologie, la morpho-physiologie et la biochimie de la plante.

3. Paramètres phénologiques

Les notations sont effectuées au cours du développement des plantes dès l'apparition de la première feuille jusqu'à l'apparition de la dernière feuille (étendard). La durée est exprimée en nombre de jours quand 50 % des plantes ont émies des feuilles à chaque stade de développement foliaire.

3.2 Paramètres morphologiques

3.2.1 Nombre de plants levés

Des l'émergence du coléorizhe des graines semées, on note leur nombre (grains germés) pour chacun des sept génotypes des deux variétés considérées dans l'étude.

3.2.1 La hauteur de la plante (HT, cm)

La mesure de la hauteur de la plante a été effectuée sur tous les échantillons des plantes qui ont survécu au stress thermique qui régnait dans la serre. La tige principale est mesurée de la base (à partir du ras du sol) jusqu'au sommet de l'épi, à raison de deux à trois répétitions pour les trois génotypes.

3.2.2 La surface foliaire (SF, cm²)

La surface foliaire exprimée en cm², concerne la feuille étendard des plantes, elle est déterminée par la méthode de Paul et *al.*, (1979).

La feuille à mesurer est coupée au niveau du collet puis ses contours sont calqués sur papier calque, qui par la suite est découpé et pesé pour avoir le Pf.

On coupe un carré de 1cm² de surface connue de ce même papier calque qui est également pesé (P).

On déduit la surface foliaire SF par la formule suivante :

$$SF \text{ (cm}^2\text{)} = Pf. S \text{ (1cm}^2\text{)} / P \text{ (1cm}^2\text{)}$$

3.3 Paramètre physiologiques

3.3.1 La teneur relative en eau (TRE « % »)

La mesure de la teneur relative en eau a été réalisée par la méthode de Barrs, (1968) Comme suit :

- Les feuilles étendards sont pesées immédiatement pour obtenir leur poids frais (PF).
- Ensuite, ces feuilles sont mises dans de l'eau distillée à l'obscurité et à température ambiante pendant 24 heures puis pesées de nouveau pour obtenir le poids à pleine turgescence (PPT).
- Ces échantillons des feuilles essuyés, sont séchés à l'étuve à 80 °C pendant 48 heures et pesés de nouveau pour obtenir leur poids sec (PS).

La teneur relative en eau est calculée par la formule de Clark et Mac-Caig, (1982):

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

3.3.2 Taux de chlorophylle totale (TCT, unité de SPAD)

Le taux de chlorophylle au niveau de la feuille étendard a été mesuré à l'aide d'un chlorophylle mètre SPAD 502 (Figure 05). L'appareil a la forme d'une pince que l'on tient dans la main ; il mémorise jusqu'à 30 mesures, qui peuvent être affichées une à une. Les valeurs classiquement retrouvées se situent entre 0 et 50 unités SPAD.

Pour étalonner et calibré le chlorophylle mètre (N=0), il est suffit de fermer la pince vide sur elle-même. Par la suite, trois prises de mesure sont effectuées au niveau de la feuille sur trois différents endroits (sommet, milieu, et base). La moyenne des trois valeurs s'affiche

sur l'écran à la fin, sachant que le temps de chaque mesure est rapide de l'ordre de deux secondes.



Figure 5 : Le chlorophylle mètre SPAD 502.

3.4 Les paramètres biochimiques

Afin de caractériser et de comparer les différents génotypes appartenant aux deux variétés du blé dur, une étude électrophorétique monodimensionnelle sur gel de polyacrylamide en présence du sodium dodécyl sulfate (SDS-PAGE) est utilisée pour séparer les protéines en fonction de leur poids moléculaire.

L'électrophorèse est une méthode de séparation (fractionnement) et d'analyse (caractérisation, identification, dosage) de molécules sous forme de particules chargées électriquement. Leur migration différentielle se fait sous l'action d'un champ électrique (Gavrilovic, 2009).

SDS (sodium dodécyl sulfate, $\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_{11}\text{-OSO}_3\text{-NA}^+$) : détergent anionique qui dénature les protéines et se fixe sur elles (1g SDS/1,4g de protéines) pour masquer leur charge intrinsèque (Gavrilovic, 2009).

Le SDS-PAGE avec β -mercaptoéthanol agent réducteur, réduit les ponts disulfure, et qui peut être ajouté avec le SDS. Ainsi la charge négative et la taille des chaînes peptidiques sont alors toutes deux proportionnelles à leur masse moléculaire, et elles migrent vers l'anode (+) (Gavrilovic, 2009).

3.4.1 Extraction des protéines totales

L'extraction des protéines totales du grains de blé dur est presque la même pour les feuilles et les racines se fait par la méthode de Leonardis et *al.*, (2007) comme suit:

- Le matériel de départ est un demi-grain de chaque génotype, broyé dans un mortier en une poudre fine, à l'aide d'un pilon. Le broyat est mis dans un tube Eppendorf.
- introduction d'1ml de solution A de précipitation (annexe 1) et homogénéiser dans un tube Eppendorf de 1.5 ml.
- Laisser reposer pendant 1h à - 20°C.
- Centrifuger à 13 000 rpm pendant 15mn à 4°C.
- Eliminer le surnageant délicatement en renversant le tube (le culot ne doit pas décoller).
- Laver les culots avec 1ml de la solution de rinçage solution B (Annexe 1).
- Laisser reposer 1h à - 20°C puis éliminer le surnageant délicatement.
- Sécher les culots dans un dessiccateur pendant 15 à 30mn à 60°C.
- Reprendre la poudre dans un volume de 100 μ l du tampon de solubilisation *Laemmli buffer* (Annexe 1).
- Passer au vortex les tubes Eppendorf en mettant 5 min à 100°C, afin de favoriser la dénaturation des protéines.
- Centrifuger les tubes Eppendorf à 10 000 rpm pendant 10mn à la température ambiante. Stocker à -20°C.

Juste avant les dépôts, décongeler les échantillons, mélanger doucement et centrifuger à 10 000 rpm pendant 10mn à 20°C.

3.4.2 Préparation des gels

La séparation par la technique SDS-PAGE nécessite la préparation de deux types de gels : un gel de séparation et un gel de concentration permet de stocker des impuretés et de

tasser les protéines. Et le gel de séparation permet le fractionnement des protéines selon leurs poids moléculaires.

Avant leur entrée dans le gel de séparation. Tout d'abord les cassettes sont nettoyées à l'éthanol et placées l'une contre l'autre, tout en les séparant par deux espaceurs de largeur choisie, puis elles sont montées.

- **Le gel de séparation (running gel)**

Ce gel est à T= 12.8% et C= 2,75 ses dimensions. Il est constitué d'Acrylamide à 40 %), de N-N Méthylène-Bis acrylamide à 2% de Tris HCL à pH= 8.8 de SDS à 10% et d'eau distillée la polymérisation de ces constituants est catalysée par l'Ammonium Persulfate (APS) à 1% (p/v) et le TEMED (Annexe 3), qui sont ajoutés en derniers.

A l'aide d'une seringue, on coule ce gel doucement entre les cassettes afin d'éviter la formation de bulles, à un niveau limité sur la plaque, on laisse 4 cm de l'encoche, le volume restant sera occupé par le gel de concentration.

On applique une couche de Butanol, afin d'égaliser sa surface et faire une barrière contre l'air pour accélérer la polymérisation qui prendra 25 min. Le Butanol est ensuite rincé 3 fois à l'eau distillée.

- **Le gel de concentration (Stacking gel)**

Ses constituants sont ceux du gel de séparation avec une différence au niveau du Tris HCL qui a un pH de 6.8 (Annexe 3). Il est coulé au dessus du gel de séparation, on pose les peignes (nettoyés auparavant à l'éthanol) délicatement pour ne pas faire de bulles, bien au centre des cassettes. Le gel prend en l'espace de 35 min, après les peignes sont retirés soigneusement pour ne pas détruire les puits fermes, on verse le tampon dans les puits et on fait les dépôts.

3.4.3 Dépôt des échantillons et migration

On dépose 40 µl de différents échantillons dans les puits. Un puits est réservé pour des standards le marquer de poids moléculaires connus on découle 4 µl qui permettent de déterminer le poids des protéines (Annexe 2) (Après chaque dépôt rincer la micro-seringue avec le tampon de migration).

Le cuve d'un bac supérieur portant la plaque est remplie d'un tampon électrophorèse (Annexe 2) à un niveau dépassant les gels, et on le place dans la cuve d'électrophorèse ou bac inférieur. On ferme la cuve et on branche les électrodes de la cuve sont reliées au générateur. La migration démarre à une intensité constante de 110 mA/gel.

Une fois la migration terminée, il faut attendre jusqu'à ce que le front de migration atteigne le bord inférieur des plaques (Approximativement 2 h 15 min).

3.4.4 La coloration et décoloration du gels

On prépare une solution de coloration qui contient un fixateur de protéines le TCA (acide trichloroacétique) à 60% et un colorant, le bleu de Coomassie R250 à 1 % et de l'eau distillée.

Dès la sortie du front de migration, on arrête la migration, les gels sont démoulés soigneusement et placés dans des bacs en plastiques et recouverts de solution de coloration.

Ces bacs sont placés en agitation pendant 48 heures puis les gels sont décolorés dans l'eau et sont prêts à la lecture.

Après lavage les protéines apparaissant comme des bandes bleues sur fond transparent. On peut alors :

- Déterminer le nombre des bands qui présentes différents protéines, ainsi que leur masse (grâce au marqueur de poids moléculaires).

4. Analyse des résultats

Les résultats des paramètres morpho-physiologiques sont présentés sous forme d'histogrammes et pour mieux différencier les génotypes, une analyse de la variance (ANOVA) à été utilisée grâce logiciel XL STAT (version 2014).

Concernant les protéines, l'interprétation est faite à partir des photographies des gels, la lecture phénotypique tient compte du nombre, de la position et du poids moléculaire des bandes à l'aide du logiciel PHOTOCAPT 8. Le poids des bandes à été déterminé en utilisant un Kit (Low Molecular Weighth « LMW »).

L'analyse hiérarchique (cluster analysis) des génotypes des deux variétés à été réalisées en fonction du nombre de bandes révélées à l'aide du logiciel XL STAT (version 2014)

1. Résultats et discussion

Le développement du blé dur est influencé par les facteurs climatiques. La date idéale de semis doit être raisonnée de façon à ce que la culture arrive au stade plantule au moment où les températures sont à leurs valeurs minimales.

Le semis a été réalisé en février, durant la phase de tallage en avril- mai, on a enregistré une augmentation de la température inhabituelle qui a atteint plus de 34°C à l'extérieur de la serre. A l'intérieur de la serre la température été encore plus élevée, au point où certaines feuilles ont subi un enroulement, d'autres présentaient un jaunissement à leur extrémité et les premières feuilles ont déjà complètement jaunies. Certaines plantes ont péri avant même la fin du développement. Nos plantes semblent donc souffrir d'un stress thermique.^{5^{ème}}

Selon Belhassen et *al.*, (1995) et Jenner, (1994) les températures de 28 à 32°C sont considérées comme stressantes, et peuvent causer des dommages irréversibles pouvant aller jusqu'à la destruction de l'organe ou de la plante.

Par ailleurs l'enroulement est un phénomène qui se produit lors d'un stress hydrique ou lorsque la plante est exposée à des températures extrêmes. Ce phénomène est utilisé par les plantes pour réduire les pertes d'eau par transpiration, ce qui permet aux réserves stockées de contribuer dans le remplissage du grain et donc au rendement en grains (Brinis, 1995).

De même pour Amokrane et *al.*, (2002) l'enroulement foliaire est considéré comme un indicateur de perte de turgescence en même temps qu'un caractère d'évitement de la déshydratation. Selon O'toole et Cruz, (1980) l'enroulement des feuilles entraîne une diminution de 40% à 60% de la transpiration.

1.1 Paramètre phénologique

Le tableau 03 montre que la durée d'apparition de la première feuille et de la deuxième feuille ne varie pas entre les sept génotypes des deux variétés. Alors que pour la troisième feuille, la durée de sa formation se situe entre 16 jours (pour génotype G1 de la variété algérienne) et 25 jours (pour les génotypes G2 et G6 de la variété algérienne, et les génotypes G1 et G4 de la variété erythromelan).

Dès ce stade de développement foliaire, on a constaté que les températures à l'intérieur de la serre s'élèvent de plus en plus chaque jour, et se font ressentir sur le développement foliaire.

Ainsi la durée d'apparition la quatrième feuille varie de 24 jours pour le génotype G1 de la variété algérienne, à 52 jours pour G1, G4 de la variété erythromelan.

Le développement de la cinquième feuille a duré entre 31 jours pour le génotype G4 de la variété algérienne et 67 jours pour le génotype G1 de la variété erythromelan. Alors qu'il y a arrêt du développement du génotype G3.

A partir de la sixième feuille seuls G2 et G6 de algérienne et G1 de la variété erythromelan, ont pu atteindre la feuille étandard en 74 jours pour les génotypes G6 de algérienne et G1 de erythromelan et 77 pour le G2 de algérienne.

Pour les autres génotypes, certains présentaient des feuilles jaunies à leur extrémité et d'autres ont déjà péri avant la fin du développement. Ceci pourrait s'expliquer d'une part par l'effet du stress thermique et d'autre part par une variabilité d'adaptation des génotypes.

Tableau 03: Variations moyennes de la durée (en jours) d'apparition des feuilles des sept génotypes des deux variétés erythromelan (G1, G3, G4) et algérienne (G1, G2, G4, G6).

	Algérienne				erythromelan		
	G1	G2	G4	G6	G1	G3	G4
1 feuille	10	13	10	10	10	10	14
2 feuille	13	20	13	14	14	14	17
3 feuille	16	25	23	25	25	23	25
4 feuille	24	30	28	52	52	27	47
5feuille	45	57	31	61	67		44
6 feuille	53	65		68	68		
7 feuille		77		74	74		
8feuille		81		78	78		

Selon Hadjchristodoulou, (1989) et Belhassen et *al.*, (1995) la variabilité des températures peut causer des dommages irréversibles pouvant aller jusqu'à la destruction de l'organe ou de la plante.

Par ailleurs, Hopkins, (2003) note que la plupart des plantes cultivées craignent les hautes températures, même pendant des laps de temps courts. Une température de l'air entre 45 et 55°C pendant une demi-heure abîme directement les feuilles des plantes dans la plupart des cas, et même des températures plus basses (entre 35°C et 40°C) peuvent être graves si elles persistent.

Les hautes températures causent des déclin significatifs sur la croissance des pousses et une réduction de la longueur des entre-nœuds, ayant pour résultats la mort des plantes prématurée (Hall, 1992).

1.2 Paramètres morphologiques

Pour les paramètres : hauteur des plantes, surface foliaire, les mesures sont effectuées sur les feuilles étendards pour les génotypes G2 et G6 de la variété algérienne et seulement pour le génotype G1 de la variété erythromelan, sachant que les autres génotypes n'ont pas survécu au stress thermique qui règne dans la serre.

1.2.1 Le nombre de plants levés

L'analyse du nombre de plants levés (figure 06) met en évidence une différence du taux de germination des grains entre les génotypes des deux variétés. Il ressort que parmi les quatre génotypes de la variété algérienne, seul le génotype G1 présente 100% de plants levés contrairement au G2 dont la levée est de 62,5% des plants (soit 5 / 8 plants). Pour le reste des génotypes (G3 et G4) le nombre de plants levés est en moyenne de 75%.

Pour les génotypes de la variété erythromelan, on enregistre des variations similaires à savoir 100% de plants levés chez le G1, 50% chez le G4 et de l'ordre de 87,5 % chez le G3.

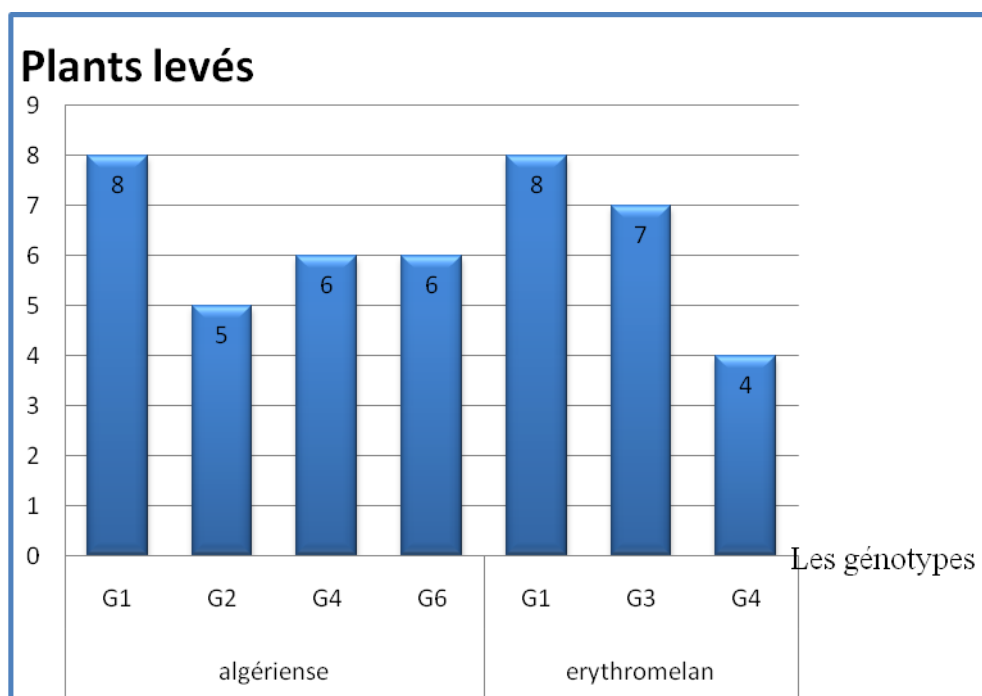


Figure 06: variation du nombre des plants levés des sept génotypes des deux variétés erythromelan (G1, G3, G4) et algériense (G1, G2, G4, G6).

La levée n'étant pas similaire pour tous les génotypes, il pourrait s'agir soit de l'existence d'une variabilité intra et inter-variétale, soit comme rapporté par Mrabet, (2001) : une levée homogène (pour tous les génotypes) est probablement due à la profondeur régulière d'emplacement des grains et un contact parfait de la graine avec le sol en semis direct, d'où une installation rapide de la culture (Aibar, 2006).

1.2.2 La hauteur de la plante

Les valeurs moyennes de la hauteur des plantes sont de 61,37 cm et 60,10 cm respectivement chez les génotypes G2, G6 de la variété algériense.

La hauteur du génotype G1 de la variété erythromelan est de 59,43 cm.

Comparativement avec les résultats rapportés par Cherfia, (2010) qui a étudié d'autres génotypes de ces deux variétés, les valeurs trouvées pour algériense sont de : 67 cm au maximum et 59 cm au minimum et pour erythromelan sont de 75 cm au maximum et 65 cm au minimum. De ce constat, il ressort que pour la variété algériense les valeurs sont dans le même intervalle, alors que pour erythromelan la hauteur du G1 est réduite (figure 07) ce qui pourrait s'expliquer par les fortes températures de la serre.

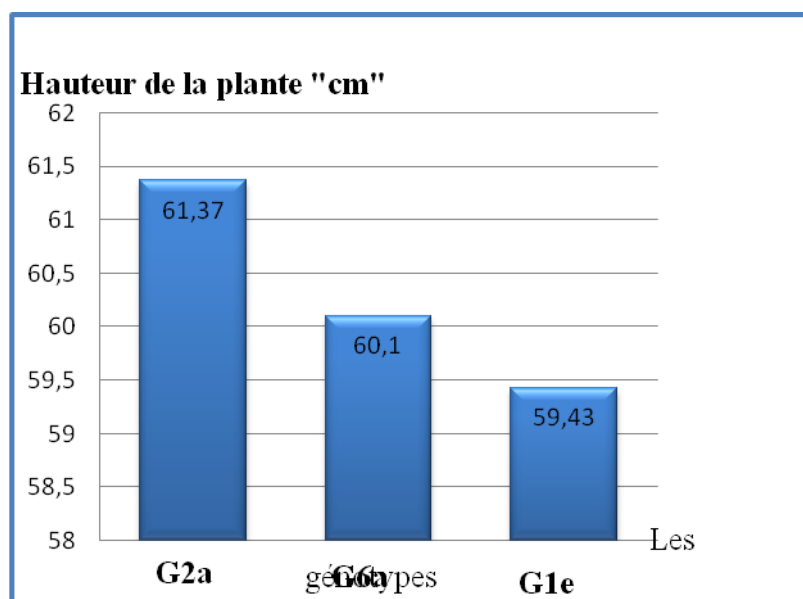


Figure 07: Variation des hauteurs des plantes chez trois géotypes des deux variétés erythromelan (G1) et algérienne (G2, G6).

La comparaison des moyennes de la hauteur des plantes (figure 07) et l'analyse de variance (tableau 04) ne montrent aucune différence significative entre les géotypes des deux variétés.

De même le test NEWMAN-KEULS au seuil 5% classe les trois géotypes dans un même groupe homogène (A) (Tableau 05).

Tableau 04: Analyse de la variance de la hauteur des plantes.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
variétés	2	5,787	2,893	3,243	0,111
Erreur	6	5,353	0,892		
Total corrigé	8	11,140			

Tableau 05 : Test de comparaison de NEWMAN-KEULS de l'hauteur des trois géotypes).

variétés	Moyenne estimée	Groupes
G2	61,367	A
G6	60,100	A
G1	59,433	A

La hauteur de la paille apparaît comme un critère de sélection important, une hauteur de paille importante est une caractéristique désirable en zone semi-aride. Par ailleurs Meklich, (1983) ont trouvé une liaison positive et significative entre le rendement et la hauteur de la paille. Ceci s'expliquerait par le fait qu'une paille haute s'accompagne souvent d'un système racinaire profond ce qui conférerait à la plante une capacité d'extraction de l'eau supérieure.

Alors que des études réalisés par Meziani et al., (1993) et Hamada (2002) ont montré que les variétés à paille courte produisent mieux que celles à paille haute en zones semi-arides.

Récemment, selon Temagoult., (2009) la réduction de la hauteur se traduit par : une réduction de la hauteur et du diamètre de la tige, un raccourcissement des entre-noeuds et une diminution du nombre de feuilles et de la surface foliaire.

1.2.3 La surface foliaire

La Figure 08 montre que la surface foliaire la plus importante est relevée chez le génotype G1 de la variété erythromelan, elle est de 15,53 cm². Alors que chez les génotypes G2, G6 de la variété algérienne, la surface est faible, égale à 10,16 cm² et 7,76 cm² respectivement.

Pour Cherfia, (2010), la variété erythromelan présente une surface Max = 15,06 cm² et Min = 13,56 cm² et la variété algérienne une surface Max = 14,17 cm² et Min = 7,05 cm². Il apparaît nettement que les surfaces obtenues pour les génotypes G2 et G6 sont bien plus faibles, ceci est certainement dû au stress thermique auquel étaient soumises les plantes.

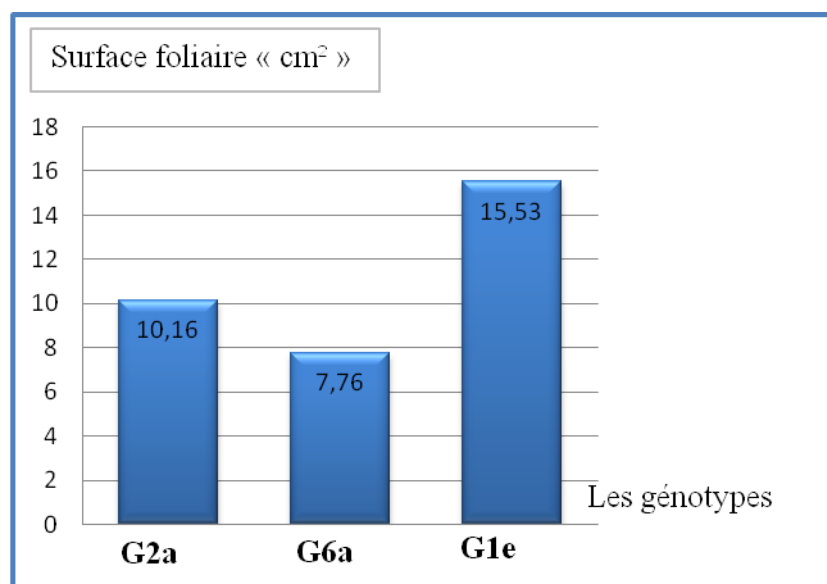


Figure 08 : Evolution de la surface foliaire des génotypes des deux variétés erythromelan (G1) et algérienne (G2, G6).

L'analyse de variance, montre qu'il existe une différence hautement significative entre les trois génotypes considérés (tableau 06).

L'analyse du test de comparaison NEWMAN-KEULS au seuil 5% montre que les trois génotypes sont différents, le génotype G1 de la variété erythromelan appartient au groupe homogène A (Tableau 07), le génotype G2 au groupe B et le génotype G6 de la variété algérienne au groupe homogène C.

Tableau 06 : Analyse de la variance de la surface foliaire

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
variétés	2	92,207	46,103	54,958	0,000
Erreur	6	5,033	0,839		
Total corrigé	8	97,240			

Tableau 07: Test de comparaison de NEWMAN-KEULS de la surface foliaire.

variétés	Moyenne estimée	Groupes		
G1	15,533	A		
G2	10,167		B	
G6	7,900			C

Vu qu'une surface foliaire élevée perdra plus d'eau qu'une faible surface foliaire, la diminution de la surface foliaire peut avoir des effets bénéfiques en réduisant la surface évaporante. Cette diminution de la surface foliaire, est compensée par une durée de vie du feuillage plus longue.

Pour Lebon et *al.*, (2004) la diminution de la surface foliaire est l'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.

La surface foliaire détermine progressivement à la fois les quantités d'eau utilisées par la plante sous forme de transpiration et les quantités de carbone fixées par voie photosynthétique (Belkharouchel et *al.*, 2009).

1.3 Paramètres physiologiques

1.3.1 Teneur relative en eau (TRE %)

Les teneurs relatives en eau des feuilles étendards obtenues chez les génotypes (G2 et G6) de la variété algérienne sont, respectivement en moyenne de 34,25% et 39,69%, plus élevées que pour le génotype (G1) de la variété erythromelan qui est de 29,7% (Figure 09).

Comparativement avec les résultats de Cherfia, (2010) qui a trouvé des valeurs moyennes situées entre 86,6 % et 77,7 %, alors que les valeurs de la TRE de nos trois génotypes bien plus faibles s'expliquent par même raison évoquée précédemment.

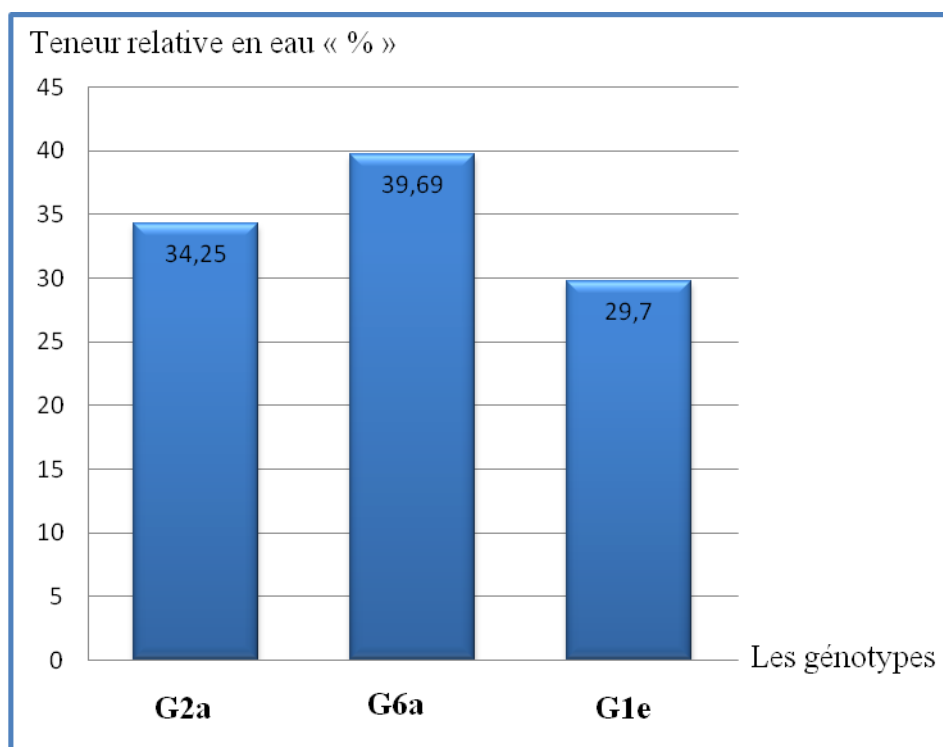


Figure 09: Evolution la teneur relative en eau des trois génotypes des deux variétés erythromelan (G1) et algérienne (G2, G6)..

L'analyse de la variance de la TRE montre une différence hautement significative entre les différents génotypes (Tableau 08).

Le test de NEWMAN-KEULS au seuil 5% indique 3 groupes homogènes (Tableau 09) : les groupes A, B, C correspondent successivement aux G2, G6 de la variété algérienne et G1 de variété erythromelan.

Tableau 08: Analyse de la variance de la Teneur relative en eau

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
variétés	2	150,096	75,048	37,724	0,000
Erreur	6	11,936	1,989		
Total corrigé	8	162,033			

Tableau 09: Test de comparaison de NEWMAN-KEULS de la teneur relative en eau.

variétés	Moyenne estimée	Groupes		
G6	39,690	A		
G2	34,250		B	
G1	29,700			C

La TRE dans les feuilles est un bon indicateur de l'état hydrique de la plante, utilisée surtout pour évaluer la tolérance au stress hydrique et salin.

D'après beaucoup d'auteurs pour ne citer que Hassani et *al.*, (2008) et Albouchi et *al.*, (2000) ce paramètre diminue pour éviter les pertes d'eau. Pour Slafer et Andrade, (1990), la diminution de la teneur relative en eau est due à la fermeture des stomates à cause de l'élévation de la température comme pour le cas de nos trois génotypes.

1.3.2 taux de la chlorophylle totale (Unité SPAD)

Les valeurs moyennes de la chlorophylle totale obtenues chez le génotype G2, G6 de la variété algérienne sont respectivement de 12,23 et 33,70 Unité SPAD, alors que pour le génotype G1 de la variété erythromelan le taux de la chlorophylle est plus élevé, égal à 35,11 Unité SPAD (Figure 10).

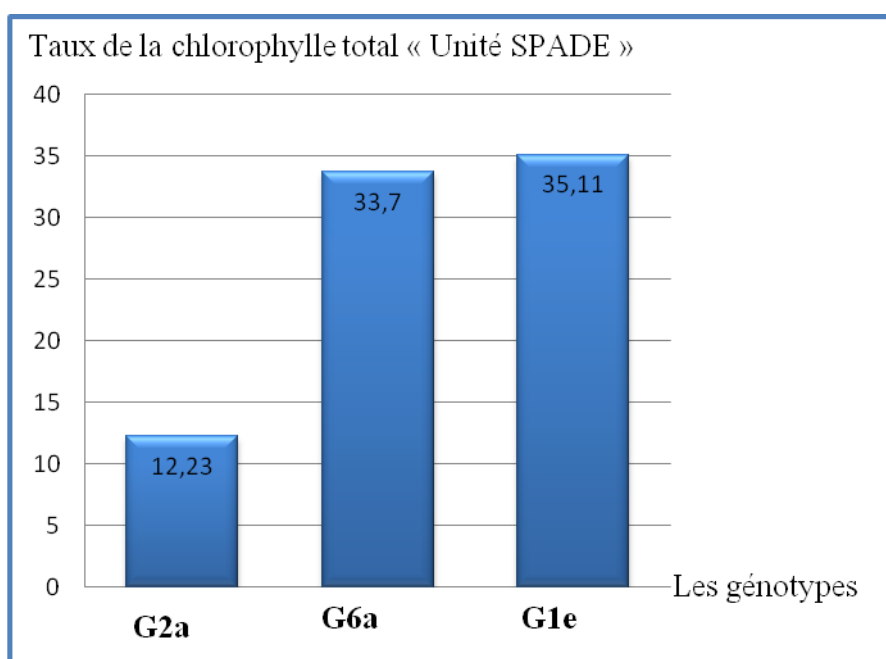


Figure 10 : Evolution la teneur de chlorophylle totale des trois génotypes des deux variétés erythromelan (G1) et algérienne (G2, G6).

La comparaison des moyennes de la chlorophylle totale par l'analyse de variance, révèle une différence hautement significative entre les génotypes (Tableau 10).

Le test de NEWMAN-KEULS au seuil 5% montre deux groupes homogènes : A et B, le premier groupe A comprend le génotype G6 de la variété algérienne et le génotype G1 de erythromelan, et le groupe B contient le génotype G2 de algérienne (Tableau 11).

Tableau 10: Analyse de la variance de la chlorophylle totale.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
variétés	2	986,739	493,370	729,525	< 0,0001
Erreur	6	4,058	0,676		
Total corrigé	8	990,797			

Tableau 11: Test de comparaison de NEWMAN-KEULS de la teneur de chlorophylle total.

variétés	Moyenne estimée	Groupes	
G1	35,113	A	
G6	33,703	A	
G2	12,230		B

Lorsque la plante subit un stress, le niveau de la chlorophylle diminue, affectant la coloration de la plante et ralentissant ses activités de croissance.

Hikosaka et *al.*, (2006) note que la quantité de la chlorophylle des feuilles peut être influencée par beaucoup de facteurs tels que l'âge des feuilles, la position des feuilles, et les facteurs environnementaux tels que la lumière, la température et la disponibilité en eau.

Les faibles valeurs de la teneur en chlorophylle chez les feuilles serait la conséquence de la réduction de l'ouverture des stomates visant à limiter les pertes en eau par évaporation et par la même l'augmentation de la résistance à l'entrée du CO₂ atmosphérique nécessaire à la photosynthèse (Slatyer, 1974 et Brown et Tanner, 1983).

Selon Jaleel et *al.*, (2009) la vitesse de la photosynthèse des feuilles des plantes supérieures diminue en même temps que la baisse de la TRE.

1.4 Paramètre biochimique

Pour estimer la variation intra et intervariétale existantes entre les sept génotypes de deux variétés du blé dur, erythromelan (G1, G3, G4) et algériense (G1, G2, G4, G6), on a utilisé l'analyse électrophorétique (nombre de bandes, poids moléculaire, indice de similarité) des protéines totales.

1.4.1 Etude de l'électrophoregramme

La lecture des diagrammes consiste à relever la mobilité relative de chacune des bandes présentées, pour tenir compte des variations de mobilités.

L'électrophoregramme obtenu présente des bandes claires, distinctes et bien séparées, particulièrement pour les génotypes G1, G3, G4 de la variété erythromelan (Figure 11). On observe que le nombre total des bandes polypeptidiques est de 54, de poids moléculaire variant de 14.454 à 95.226 KDa.

On constate que l'électrophorègramme a révélé un polymorphisme important :

- Les deux variétés montrent de 3 à 11 bandes par génotype.
- Chez les génotypes G1, G2, G4, G6 de algériense 19 bandes ont été observées de mobilité se situant entre 15.532 et 95.226 KDa.
- Les génotypes G1, G3, G4 de la variété erythromelan on révèlé 17 bandes avec une mobilité comprise entre 18.586 et 89.924 KDa.
- Présence de 4 bandes communes entre au moins deux génotypes des deux variétés comme pour la bande de 20.702 KDa qui se retrouvent chez G1 et G2 de algériense ainsi que chez G1 et G3 de erythromelan (Annex4).

Nous avons remarqué que 55 à 75 % des bandes polypeptidiques ont un poids moléculaire de 14.454 à 40.696 KDa, alors que le reste des bandes présente un poids moléculaire de 53.117 à 95.226 KDa. Le génotype G4 fait exception et présente que trois bandes de : 21.152, 20.455 et 19.358 KDa (Figure 11 et annexe 4).

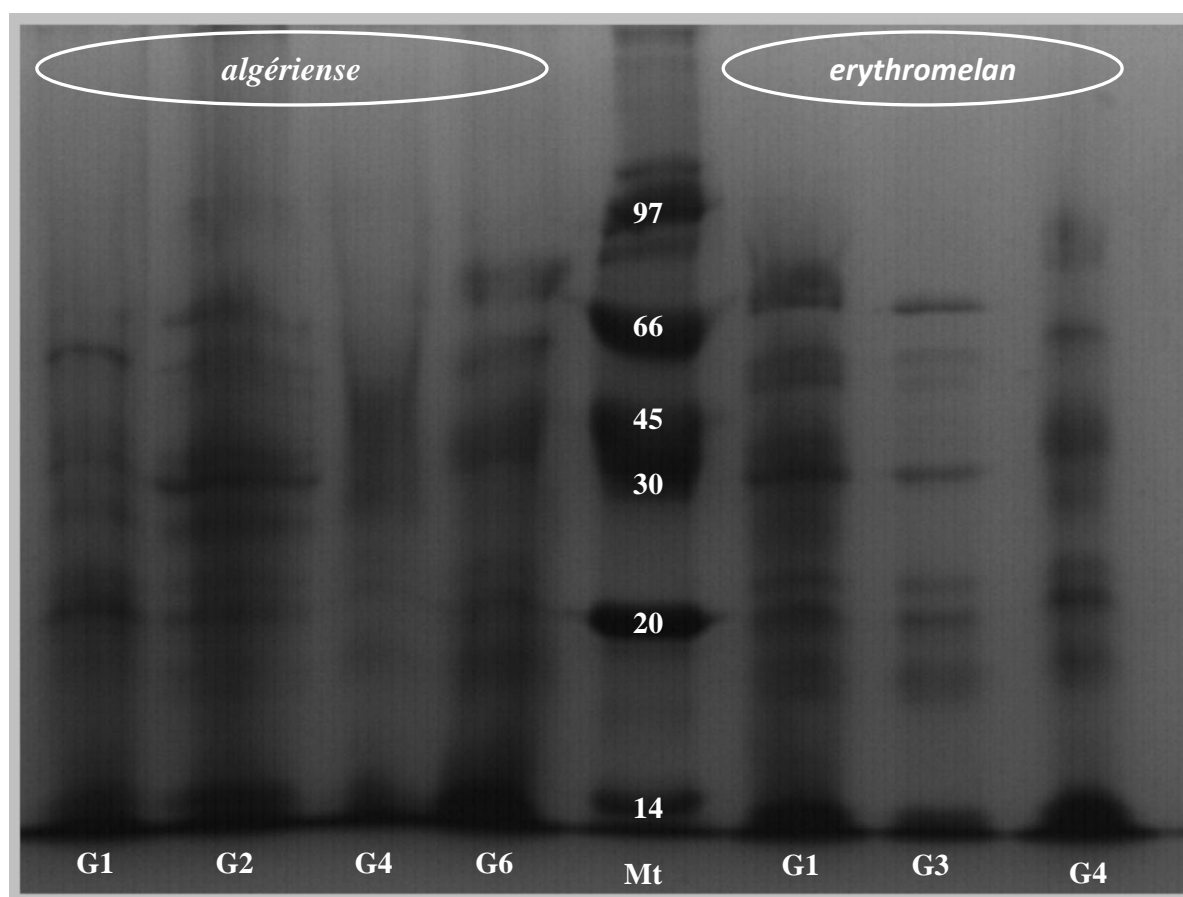


Figure 11: Polymorphisme électrophoretique des protéines totales des grains des sept génotypes des deux variétés erythromelan (G1, G3, G4) et algérienne (G1, G2, G4, G6) avec le marqueur de taille Low.

1.4.2 Indice de similarité

Pour quantifier la ressemblance (ou la dissemblance) des différents génotypes de chaque variété et entre les deux variétés, nous avons calculé un indice de similarité (ou de dissemblance) inspiré de Dédio *et al.*, (1969).

L'indice de similarité (IRS) est calculé en rapportant l'indice de similarité absolue (IAS) au nombre total (N) des bandes présentes chez les deux génotypes comparés.

L'IAS présente l'ensemble des bandes qui ne sont pas significativement différents entre les génotypes de deux variétés. On considère qu'une bande n'est pas significativement différente d'une autre lorsqu'elles sont de même mobilité et/ou qu'elles se distinguent par au moins deux classe de concentration (Dédio, *et al* 1969).

$$\text{IRS} = \text{IAS} / \text{N} \times 100$$

Les valeurs des IRS calculées sont regroupées dans le tableau 12, où on observe des indices de similarité variant entre 0 et 50 %.

On estime qu'une valeur est faible lorsqu'elle varie entre 0 % et 10 %. Inversement on estime qu'une valeur est élevée lorsqu'elle est comprise entre 85 % et 100 % (Dédio, et al 1969).

D'une manière générale, on remarque que les IRS sont faibles et varient de 0 à 10 %, signifiant que les sept génotypes des deux variétés sont très différentes et donc polymorphes, dont les cas les plus représentatifs concernent G2, G6 de algériense et G1 de erythromelan avec IRS = 0 %. En effet, ces dernières malgré leur différence génétique se sont adaptées aux fortes températures qui régnaient dans la serre.

Cependant, les génotypes G1 et G2 de la variété algériense avec des IRS 50 % reflètent une certaine homologie. Entre les génotypes G1 et G3 de la variété erythromelan et entre G4 de algériense et G4 de erythromelan l'IRS est de 23,08 et 25 % respectivement, traduisant des profils protéiques moyennement différents.

Tableau 12: Indice de similarité des sets génotypes des sept génotypes des deux variétés erythromelan (G1, G3, G4) et algériense (G1, G2, G4, G6).

	G1	G2	G4	G6	G1	G3	G4
G1	100	50	0	6,25	5,88	6,67	0
G2		100	0	0	0	5,56	0
G4			100	10	0	0	25
G6				100	0	0	6,67
G1					100	23,08	0
G3						100	0
G4							100

1.4.3 Classification Hiérarchique

La classification hiérarchique des protéines totales a permis l'établissement d'un dendrogramme illustrant la relation qui peut exister entre les sept génotypes de deux variétés blé dur (Figure 12).

Les différents génotypes sont repartis en deux groupes majeurs:

- Le premier groupe majeur A se divise à son tour en deux groupes :
 - Le groupe A1 formé uniquement du génotype G1 de la variété algérienne, avec une similarité faible, avec G4 de la variété algérienne (IRS 10 %) et G4 de la variété erythromelan (IRS 6,67%).
 - Le groupe A2 regroupe deux génotypes G4 de la variété algérienne et G4 de la variété erythromelan, ayant deux bandes communes à faible poids moléculaire (21.152 et 19.358KDa) avec une similarité de 25 %.ce qui indique que les deux génotypes sont génétiquement proches

Le deuxième groupe majeur B se subdivise lui-même en deux sous groupes :

- Le premier B1 comprend les génotypes G1 et G2 de la variété algérienne, ayant 6 bandes communes et un taux de similarité égale à 50%, suggérant que ces génotypes sont génétiquement très proches.
- Le deuxième B2 réunit les deux génotypes G1 et G3 de la variété erythromelan. Ces derniers présentent deux bandes communes de faibles poids moléculaires (20.702 et 20.161 KDa), avec une similarité de 23,08 %.

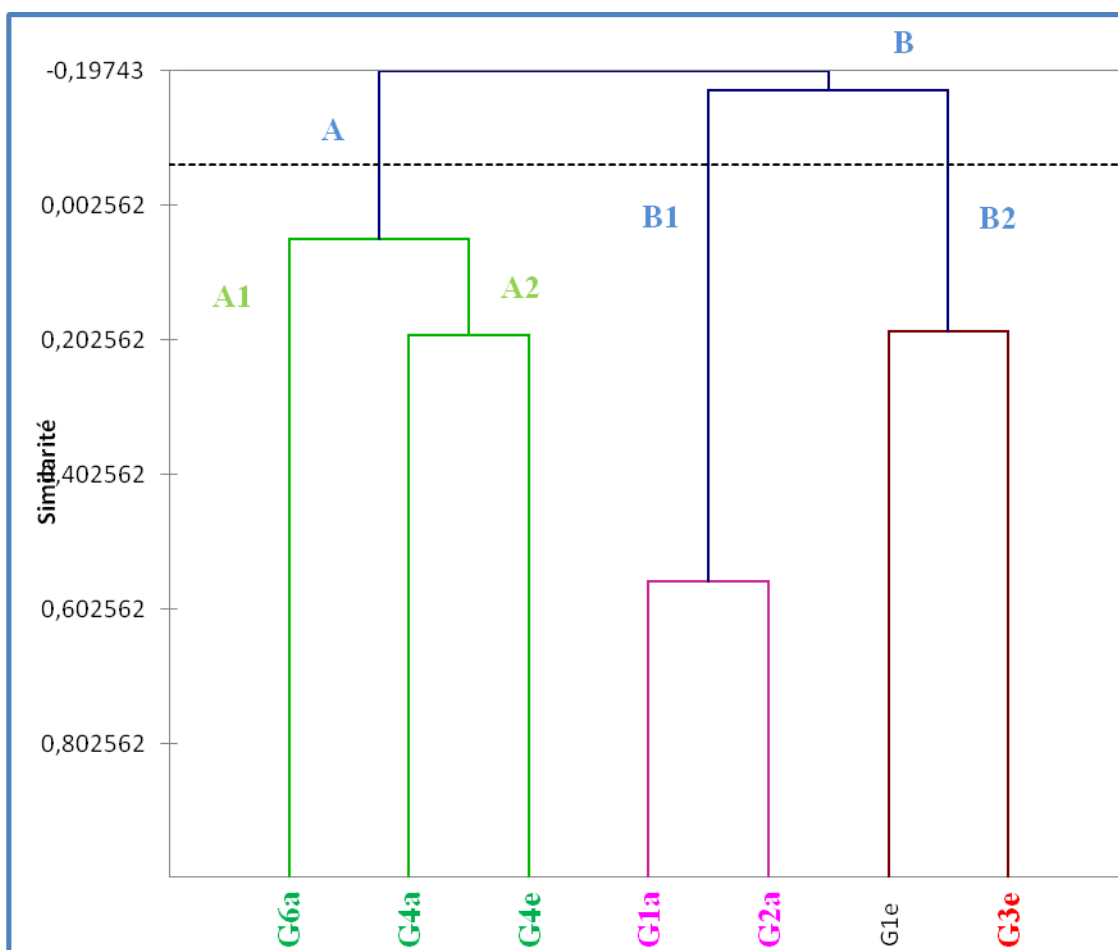


Figure 12: Dendrogramme d'après le profil électrophorétique des grains des sept géotypes du deux variétés du blé dur : erythromelan (G1, G3, G4) et algérienne (G1, G2, G4, G6).

Dans cette étude nous avons essayé de caractériser et de comparer sept génotypes appartenant à deux variétés de blé dur. Celle-ci nous a permis d'aboutir à un ensemble de résultats qui mettent en évidence l'influence des conditions environnementales comme le stress thermique (auquel ont été soumises les plantes dans la serre) sur le développement de la plante et par conséquent, sur les caractères phéno-morphologiques et physiologiques, en les affectant quantitativement et qualitativement.

Parmi les sept génotypes étudiés, seuls trois génotypes G2 et G6 de la variété algérienne et G1 de la variété erythromelan ont toléré les fortes températures de la serre

Les résultats obtenues sur les paramètres phéno-morphologiques (temps d'apparition des feuilles, plants levés, surface foliaire et hauteur de la plante) pour ces trois génotypes n'ont pas montré de différence significative, ceux-ci se sont comportés de la même façon.

Alors que pour les paramètres physiologiques telle que la teneur relative en eau, et le taux de chlorophylle totale, leurs valeurs sont faibles comparativement à ce qui est rapporté dans la littérature. Cependant, il existe une différence hautement significative entre les trois génotypes.

Concernant les protéines totales des grains des sept génotypes de deux variétés du blé dur (G1, G3 et G4 de erythromelan et G1, G2, G4 et G6 algérienne), les profils électrophorétiques obtenus révèlent un polymorphisme important.

L'électrophoregramme obtenu présente 54 des bandes de poids moléculaire variant de 14.454 à 95.226 KDa. Le taux de polymorphisme le plus important (19 bandes) a été observé chez les génotypes G1, G2, G4 et G6 de la variété algérienne, 17 bandes chez les génotypes G1, G3, G4 la variété erythromelan et seulement 4 bandes communes entre au moins deux génotypes des deux variétés.

Les profils électrophorétiques des protéines totales ont servi à l'établissement d'un dendrogramme illustrant les relations qui peuvent exister entre génotypes de deux variétés.

Les différents génotypes sont répartis en deux groupes majeurs. Le premier groupe regroupe trois génotypes : G4 de la variété algérienne, G4 de la variété erythromelan, et le génotype G1 de la variété algérienne qui sont plus ou moins proches génétiquement.

Le deuxième groupe majeur comprend les deux génotypes G1 et G2 de la variété algérienne, et les deux génotypes G1 et G3 de la variété erythromelan qui présente une forte similarité.

- **Abbassenne F., (1997).** Etude génétique de la durée des phases de développement et leur influence sur le rendement et ses composantes chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). Thèse magister, INA Alger, 81p.
- **Abdelguerfi A., Laouar M., (2000).** Les ressources génétiques des blés en Algérie. Passé, présent et avenir. Actes du premier Symposium International sur la filière de blé. Enjeux et Stratégies. Office Algérien International sur la filière de blé. Alger, Algérie. 7-9 Février. 133-148 p.
- **Adjab M., (2002).** Recherche des traits morphologiques, physiologiques et biochimiques d'adaptation au stress hydrique chez différents géotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf.). Thèse de Magister, faculté des Sciences, Université Badji Mokhtar, Annaba, 84 p.
- **Aibar J., (2006).** La lutte contre les mauvaises herbes pour les céréales en semis direct : principaux problèmes. Options Méditerranéennes, Série A, N° 69. 19-26 p.
- **Alais C., Linden G., Miclo L., (2005).** Biochimie Alimentaire, 6^e édition, DUNAD, 260 p.
- **Albouchi A., Sebei H., Mezni M. Y. et EL Aouni M. H., (2000).** Influence de la durée d'une alimentation hydrique déficiente sur la production de biomasse, la surface transpirante et la densité stomatique d'*Acacia cyanophylla*. Annales de l'INRGREF. 4 : 138- 61p.
- **Amri S., (2011).** diversité génétique des sous unités gluténines HPM et FPM, sous unité sécalines HPM et 75 gamma-sécalines d'une collection de triticales hexaploïde. Mémoire de magister. Univ. Mentouri Constantine. 96 p.
- **Amokrane A., (2001).** Evaluation et utilisations de trois sources de germoplasme de blé dur (*Triticum durum* Desf.). Thèse de Magister, Institut d'Agronomie, Université Colonel El Hadj Lakhdar, Batna, 80 p.
- **Amokrane A., Bouzerzour H., Benmahammed A. et Djekoun A., (2002).** Caractérisation des variétés locales, syriennes et européennes de blé dur évaluées en zone semi-aride d'altitude. Sciences et Technologie. Univ. Mentouri. Constantine. N° spécial D:33 -38 p.
- **Anonyme., (2008).** L'Algérie couvre seulement 25 % de ses besoins en céréales <http://www.liberte-algerie.com/edit.php?id=102098&titre=>

L'Algérie%20couvre%20selement%2025%%de%20ses%20en%20 céréales page
consulté le 29.10.2008.

- **Anonyme., (2012).** ARP Blé dur. 11p.
- **Austin R.B., (1987).** Some crop characteristics of wheat and their influence on yield and water use. In: Drought tolerance in winter cereals (JP Srivastava, E Porceddu, E Acevedo, S Varma, eds) John Wiley and Sons, UK, 321-326 p.
- **Arraouadi S., Badri M., Zitoun A., Huguet T., and Aouani M. E., (2011).** Analysis of NaCl Stress Response in Tunisian and Reference Lines of *Medicago truncatula* *Russian Journal of Plant Physiology.* 58, 316–323 p.
- **Auriane R., (2014).** Agreste Synthèses, Grandes cultures. Céréales. n° 2014/229
- **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.
- **Barron C., Surget A., Rouau X., (2007).** Relative amounts of tissues in mature wheat (*Triticum aestivum* L.) grain and their carbohydrate and phenolic acid composition. *Journal of Cereal Science* 45, 88-96 p.
- **Battinger R., (2002).** La photosynthèse , Educagri éditions, Dijon,
- **Belhassen E., This D. et Monneveux P., (1995) :** L'adaptation génétique face aux contraintes de sécheresse. *Cahiers Agriculture*, 4: P251-261 p
- **Belkharouchel H., Fella S., Bouzerzour H., Benmahammed A. et Chellal N., (2009).** vigueur de croissance, translocation et rendement en grains du blé dur (*Triticum Durum* desf) sous conditions semi arides ; *Courrier du Savoir – N°09* ,17-24 p.
- **Ben Naceur M., Gharbi M.S. et Paul R., (1999).** L'amélioration variétale et les autres actions contribuant à la sécurité alimentaire en Tunisie en matière de céréales. *Sécheresse.*10 :27- 33 p.
- **Blum A., (1988).**Plante breeding for stress environments.CRC Press. Eds., 223.
- **Bonjean A., Picard E., (1990).** Les céréales à paille origine, historique, économie et sélection. Eds Nathan, 235 p.

- **Boulelouah N., (2002).** Analyse de la variabilité génotypique de l'absorption de l'azote chez le blé tendre. DEA.INA. Paris Grignon, 33p.
- **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.
- **Bouzerzour H. et Hafsi M., (1993).** Diagnostic du comportement variétal du blé dur dans les hautes plaines sétifiennes. In : Tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétale. Montpellier, France. Ed. INRA, Paris, 64: 205-215 p.
- **Brinis L., (1995).** Effet du stress hydrique sur quelques mécanismes morpho physiologiques et biochimiques de traits d'adaptation et déterminisme génétique chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). Doctorat d'état en sciences. Physiologie végétale et amélioration génétiques des plantes. Université d'Annaba (Algérie).156 p.
- **Brisson N., (1996).** Bien remplir le grain. Sécheresse : la tolérance variétale. Colloque perspectives blé dur. Toulouse Labège, 152p.
- **Brown P. W., Tanner C. B., (1983).** *Alfalfa stem and leaf growth during water stress.* *Agro. J.* Vol.75 (5), 799-804 p.
- **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).
- **Cherfia R., (2010).** Etude de la variabilité morpho physiologique et moléculaire d'une collection de blé dur algérien (*Triticum durum* Desf.). Mémoire de magistère. Univ. Mentouri. Constantine.
- **Chikhi A. C., (1992).** Situation de la céréaliculture et perspectives de l'irrigation de complément du blé au niveau de la Mitidja. Thèse Ing. INA. El Harrach. 317 p.
- **Clarck et Mac-Caig., (1982).** *Excised leaf water relation capability as an indicator of drought resistance of Triticum genotypes.* *Can.J . Plant Sci .* **62**: 571-576 p.
- **Clement Grancourt et Prats., (1971).** Les céréales. Ed.J.B. Bailliers et Fils, 360 p.
- **Clement G. et Prats J., (1970).** Les céréales. Collection d'enseignement agricole. 2ème Ed. 351 p.
- **Cretois A., (1985).** Valeur technologique de quelques variétés de blé. Bull. Industries des céréales N°20, 26, 32.

- **De Leonardis A.M.D., Marone D., Mazzucotelli E., Neffar F., Rizza F., Fonzo N.D., Cattivelli L. et Mastrangelo A.M., (2007).** *Durum wheat genes up-regulated in the early phases of cold stress are modulated by drought in a developmental and genotype dependent manner.* Plant Sci. 172 : 1005 -1016 p.
- **Dédio W., Kaltsitikes P., Larter E.N., (1969).** *Numerical chemo Taxonomy in the genus seale .* J.Bot : 1175-1180 p.
- **Dicko M. H., (2006).** Travaux pratique biochimie structurale et enzymologie. Centre de Recherche en Sciences Biologiques Alimentaires et Nutritionnelles. Univ. Ouagadougou.
- **Feillet P., (2000).** Le grain de blé : composition et utilisation. *INRA.* Paris.
- **Feldman M., (2001).** *Origin of Cultivated Wheat.* In *Bonjean A.P. et W.J. Angus. (éd.). The World Wheat Book: a history of wheat breeding. Intercept Limited. Andover. Angleterre : 3-58 p.*
- **Gate P., (1995).** Ecophysiologie du blé. Ed. ITCF. Technique et Documentation. Lavoisier, Paris, 419 p.
- **Gate P., Bouthier A., Casabianca H. et Deleens E., (1993).** Caractères physiologiques décrivant la tolérance à la sécheresse des blés cultivés en France : interprétation des corrélations entre le rendement et la composition isotopique du carbone des grains. Colloque Diversité génétique et amélioration variétale Montpellier (France). Les colloques. 64.Inra . Paris.
- **Gavrilovic M., (2009).** Biotechnologies en 26 fiches, Dunod, Paris, 160 p.
- **Godon B., (1991).** Biotransformation des produits céréaliers. Technique et documentation Lavoisier, Paris, 221 p.
- **Garg M., Rao Y.S., Goyal A and Singh B., (2007).** *Variation in seed strage protein-Triticin among diploid Triticum and Aegilops species., Biotechnology., 3: 444-446 p.*
- **Grignac, P., (1978).** Le blé dur: monographie succinte, *Ann. Inst .Nat.Agr Harrach,* 8 (2).
- **Hadjichristodoulou A., (1989).** *Environmental correlations among grain yield and other important traits of wheat in dry lands. Euphytica,* 44: 143-150.

- **Hafeez M. A., (2009).** *Nutrient uptake, Transport and translocation in cereals: influences of environment and farming conditions. Introductory Paper at the Faculty of Landscape Planning, Horticulture and Agricultural Science.* 1: 1654-3580 p.
- **Hall A.E., (1992).** *Breeding for heat tolerance. Plant Breed. Rev.* 10, 129–168 p.
- **Hamada Y., (2002).** Evaluation de la variabilité génétique et utilisation des espèces tétraploïdes du genre *Triticum* pour l'amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). Thèse Magister. Université Mentouri Constantine, 167 p.
- **Hassani A., Dellal A., Belkhodja M et Kaid-Harche M., (2008).** Effets de la salinité sur l'eau et certains osmolytes chez l'orge (*Hordeum vulgare*). *European journal of Scientific Research.* Vol. 23, N°1, 61-69 p.
- **Hemery Y., Rouau X., Lullien-Pellerin V., Barron C., Abecassis J., (2007).** *Dry processes to develop wheat fractions and products with enhanced nutritional quality. Journal of Cereal Science* 46,327-347 p.
- **Henry Y. et Buysse J., (2000).** L'origine du blé. *Pour la Science, Hors série.* 26 :60-62 p.
- **Hikosaka K., Ishikawa K., Borjigidai A., Muller O. et Onoda Y., (2006).** *Temperature acclimation of photosynthesis: mechanisms involved in the changes in temperature dependence of photosynthetic rate. J. Exp. Bot.* 57 : 291-302 p.
- **Hopkins William G., (2003).** *Physiologie végétale.* Deuxième édition. 460-464 p.
- **Huang, S., Sirikhachornkit, A., Su, X., Faris, J., Gill, B., Haselkorn, R., Gornicki, P., (2002).** *Genes encoding plastid acetyl-CoA carboxylase and 3-phosphoglycerate kinase of the Triticum/Aegilops complex and the evolutionary history of polyploidy wheat. Proceedings of the national academy of science of the USA* 99: 8133-8138 p.
- **Kacperska A., (2004).** *Sensor types in signal transduction pathways in plant cells responding to abiotic stressors: do they depend on stress intensity physiologia plantarum* 122, 168 p.
- **Karima K., Louhichi B., (2012).** Réponse Physiologique au Stress Hydrique de Variétés de Blé Tendre (*Triticum Aestivum L.*) Cultivées en Algérie.

- **Karou M., El hanfid R., Smith D.H. et Samir K., (1998).** *Physiological attributes associated with earlyseason drought resistance in spring durum wheat cultivars. Can. J. Plant Sci.*, 78, 227-237 p.
- **Kent NL., Evers A.D., (1994).** *Technology of Cereals. Oxford: Pergamon Press Ltd.*
- **Kirkham M.B., Smith E.L., Dhansobhan C. and Drake T.I., (1980).** Resistance to water loss of winter wheat flag leaves. In: Genotypic variability in physiological characters and its relation chip to drought tolerance in durum wheat (Gummurus). *Can. J. Plant sci* (1989), 69: 703-711.
- **Laemmlli U. K ., (1970).** *Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. Nature.*, 227: 680- 685p.
- **Lebon E., Pellegrino A., Tardieu F. et Lecoeur J., (2004).** *Shoot development in grapevine is affected by the modular branching pattern of the stem and intra and inter-shoot trophic competition. Annals of Botany.* 93 : 263 -274 p.
- **Mac Key J., (2005).** *Wheat: Its concept, evolution, and taxonomy. In: Conxita.*
- **Macfarlane. J., Burghardtk. M., Kellyj., Simelt., Simello., Altosaar I. et al. (2003).** *A type 1 diabetes-related protein from wheat (Triticum aestivum). cDNA clone of a wheatstorage globulin, Glb1, linked to islet damage. J Biol Chem.* 3;278 (1):P 54-63.
- **Megan P. L., John H. S., (2000).** *The glutenin macropolymer of wheat flour doughs: Structure-function perspectives. Trends in Food Science et Technology.* 10: 247-253 p.
- **Mekliche H.L., (1983).** *Etude agronomique, analyses diallèles et cytogénétique de quatre variétés de blé tender cultivées en Algérie. Thèse de Magister. I.N.A. El-Harrach, 150 p.*
- **Meynard J.M., Ribeyre C., Boudon O., Laurent E., (1988).** *Pour mieux connaître les variétés de blé. Semences Progrès* 55, 4-12
- **Meziani L., Bammoun A., Hamou M., Brinis L. et Monneveux P., (1993).** *Essai de définition des caractères d'adaptation du blé dur dans différentes zones agro climatiques de l'Algérie. In Tolérance à la sécheresse des céréales en zones méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétale. Montpellier (France) 15-17 Décembre 1992. Ed. INRA, Paris, 64: 191-203 p.*

Référence bibliographique

- **Mosiniak M., Prat R., et Roland J.C., (2006).** *Biologie et Multimédia. Université Pierre et Marie Curie :* <http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/blepain/1ble/11plant/plante.htm>
- **MOK C., (1997).** *Mixing properties of durum wheat semolina as influenced by protein quality and quantity. Food and Technology.* Vol. 6. NO. 11-4 p.
- **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. Eurotxt.L. Paris: 165 -186 p.
- **Moule C., (1971).** Céréales 2. phytotechnie spéciale. Ed. La maison rustique, Paris, 236 p.
- **Mrabet R., (2001).** Le semis direct : Une technologie avancée pour une Agriculture durable au Maroc. Bulletin de Transfert de Technologie en Agriculture MADREF-DERD. N° 76, 4p. <http://agriculture.ovh.org>.
- **Nouri L., Ykhlef N. et Djekoun A., (2002).** Ajustement osmotique et comportement hydrique chez certain variétés du blé dur ; relation avec la tolérance à la sécheresse. Actes de séminaire IIIèmes journées scientifiques sur le blé. Univ. Mentouri Constantine Algérie.
- **O'toole J.C. et Cruz R.C., (1980).** *response of leaf water potential ,stomatal resistance ,and leaf rolling to water stress . Plant physiology* 51,993- 997.
- **Paul M.H., Planchton C. et Ecochard R., (1979).** Etude des relations entre le développement foliaire, le cycle de développement et la productivité chez le soja. Amélio plants. 29 : 479 -492 p.
- **Scofield T., Evans J., Cook M. G. et Wardlow I. F., (1988).** *Factors influencing the rate and duration of grain filling in wheat. Australian Journal of Plant physiology.* 4: 785 - 797 p.
- **Semiani M., (1997).** Etude de l'effet du stress hydrique sur quelques processus physiologiques et de croissance de 2 variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Rech. Agr., 23-32 p, INRA.
- **Siakhène N., (1984).** Effet du stress hydrique Sur quelques espèces de luzerne Annuelle. Mémoire ing Agr. INA. El Harrach : 90 p.

- **Slafer G.A. et Andrade F.H., (1990).** Genetic improvement effect on pre- anthesis phonological attributes related to wheat grain yield. *Field Crop Research* 23, 255-263 p.
- **Soltner D., (1990).** Les grandes productions végétales : Céréales, plantes sarclées, prairies. Coll. Sciences et Techniques agricoles. 17ième Ed. 464 p
- **Sladana Ž., Miroljub B., Mirjana P., Dejan., Dragana I.M., (2011).** *Characterization of Proteins from Grain of Different Bread and Durum Wheat Genotypes. Int. J. Mol. Sci.* 12: 5878-5894 p.
- **Slatyer R.O., (1973).** *The effect of internal water status on plant growth development and yield. In UNESCO Plant responses to climatic factors. Proc. Uppsala Symp.,* 177-189 p.
- **Surget A., Barron C., (2005).** Histologie du grain de blé. *Industrie des céréales*, 3-7 p.
- **Ykhlef N., (2001).** Photosynthèse, Activité photochimique et tolérance au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum durum* ; Desf). Thèse de doctorat. Univ. Mentouri .Constantine.
- **Tao H., Jianjun M., Chunlin., Weiy., Mingkuiy., Bujun W., (2012).** *Distribution of protein components of wheat from different regions. AJB.* 11 (46): 10568-10574 p.
- **Temagoult M., (2009).** Analyse de la variabilité de la réponse au stress hydrique chez des lignées recombinantes de Tournesol (*Helianthus annuus* L.). Mémoire de magistère. Univ. Mentouri. Constantine.

Annexe.01

Solutions de l'extraction des protéines totales

Solution de précipitation (A)

TCA (100%)	10 ml (10g TCA/100ml acetone)	→ 10%
β-mercaptoéthanol	70 ml	→ 0.07%
Acetone qsp	100ml	

Solution de rinçage (B)

β -mercaptoéthanol	70 ml	→ 0.07%
Acétone qsp	100ml	

Laemmli (Tampon de dénaturation)

Tris-HCL 6,8	12.5 ml
SDS	2 g
Glycérol	10 ml
β -mércaptoéthanol	2 ml
Bleu de Bromophénol	0.0025 g
Eau qsp	100 ml

Solution de 20 ml de SDS à 10%:

Peser 2 g de SDS.

Ajouter 18 ml d'eau distillée et chauffer à 68° C.

Ajuster le pH à 7.2 avec du HCl.

Compléter le volume à 20 ml.

Stocker à température ambiante.

Annexe 02

Solutions et tampons utilisés pour SDS-PAGE

Solution mère d'acrylamide à 35% (à préparer avec gants et masque)

Acrylamide	35 g
Eau distillée qsp	100 ml

Solution mère de bis acrylamide à 2% (à préparer avec gants et masque)

Bis acrylamide	2 g
Eau distillée qsp	100 ml

Solution stock de SDS à 10%

Sodium Dodécyl Sulfate	10 g
Eau distillée qsp	100 ml

Solution d'APS (Ammonium Persulfate) à 1% : à préparer extemporanément

APS	0.1 g
Eau distillée qsp	10 ml

Tampon Tris-HCl pH 8.8 (à préparer sous la hotte, avec gants et masque)

Tris (hydroxyméthyl aminomethan)	60.57 g
Eau distillée	400 ml
Ajuster à pH 8.8 avec du HCl fumant	8 à 10 ml
Eau distillée qsp	500 ml

Tampon Tris HCl pH 6.8 (à préparer sous la hotte, avec gants et masque)

Tris (hydroxyméthyl aminomethan)	30.285 g
Eau distillée	200 ml
Ajuster à pH 6.8 avec du HCl fumant	19.5 ml
Eau distillée qsp	250 ml

Tampon d'électrophorèse

Glycine	70.55 g
Tris (hydroxyméthyl amino Ethan)	15 g
SDS	5 g
Eau distillée qsp	5000 ml

Solution de coloration (pour deux gels)

TCA 60%	100 ml (60gTCA/100ml Eau distillée)
Solution mère de Bleu de Coomassie R-250	25 ml
Eau distillée qsp	500 ml

Solution mère de bleu de Coomassie R250

Bleu de Coomassie R250	10 g
Ethanol 95° qsp	1000 ml

Les poids moléculaire des protéines du kit (Low Molecular Weight « LMW »)

Protéine	Poids moléculaire (KDa)
α -Lactalbumine	14,4
Inhibiteur de la trypsine	20,1
Carbonique anhydrase	30
Ovalbumine	45
Albumine sérique bovine	66
Phosphorylase b	97

Annexe 03

Préparation des gels

Gel de séparation (running gel) T= 12% et C = 2,75%

Acrylamide à 35%	2,25 ml
Eau distillée	2,15 ml
Tris – HCl pH 8.8	1,5ml
SDS à 10%	60 µl
APS à 1%	30 µl
TEMED	2 µl

Gel de concentration (stacking gel) T= 4%

Acrylamide à 35%	0,2 ml
Bis acrylamide à 2%	0.6 ml
Eau distillée	1,27 ml
Tris – HCl pH 6.8	0,5 ml
SDS à 10%	20 µl
APS à 1%	10 µl
TEMED	2 µl

Annexe 4

Diagramme de gel présence absence des bandes dans les grains des sept génotypes du deux variétés du blé dur *erythromelan* (G1, G3, G4) et *algériense* (G1, G2, G4, G6).

1 : présence de bande ; 0 : absence de bande.

PM(Kda)	G1	G2	G4	G6	G1	G3	G4
95.226	0	1	0	0	0	0	0
89.924	0	0	0	0	0	0	1
80.244	0	0	0	0	0	0	1
77.236	0	0	0	0	1	0	0
76.906	0	0	0	1	0	0	0
70.503	0	0	0	0	1	0	0
69.887	0	0	0	1	0	0	0
68.066	0	0	0	0	0	1	0
66.000	1	1	0	0	0	0	0
63.000	0	0	0	0	0	0	1
60.475	0	0	0	1	0	0	0
59.198	0	0	0	0	0	1	0
58.941	0	0	0	0	1	0	0
58.426	1	1	0	0	0	0	0
54.205	0	1	0	0	0	0	0
53.663	0	0	0	0	0	1	0
53.117	0	0	0	0	1	0	0
40.696	0	1	0	0	0	0	0
40.044	1	0	0	0	0	0	0
37.495	0	0	0	0	1	0	0
35.959	0	0	0	1	0	0	1
33.064	1	1	0	0	0	0	0
30.964	0	0	0	0	0	1	0
30.474	0	0	0	0	1	0	0
28.259	0	1	0	0	0	0	0
27.292	0	0	0	0	0	0	1
24.260	1	0	0	0	0	0	0
23.084	0	1	0	0	0	0	0
21.229	0	0	0	1	0	0	0
21.152	0	0	1	0	0	0	1
20.702	1	1	0	0	1	1	0
20.551	0	0	0	0	0	0	1
20.455	0	0	1	1	0	0	0
20.347	1	1	0	0	0	0	0

20.161	0	0	0	0	1	1	0
19.503	1	1	0	1	0	0	0
19.358	0	0	1	0	0	0	1
18.586	0	0	0	0	1	1	0
15.532	0	0	0	1	0	0	0
14.454	1	1	0	0	0	0	0
Nombre totale de bandes	8	11	3	8	9	7	8

Abstract

To assess the variability of seven genotypes belonging to two varieties: algériense erythromelan and durum wheat grown in Algeria, we used some parameters related to phenology, morphology, physiology that are important for the characterization of varieties.

To complement the varietal identification and better discriminate genotypes biochemical analysis through the study of the total seed protein was undertaken.

The results obtained from the morphological phenotype parameters showed no significant difference between genotypes, whereas the physiological characteristics are the relative water content and total chlorophyll, genotypes exhibit variability.

From the electrophoretic profiles of total protein is apparent rate of polymorphism within and between major varietal confirmed by a very low similarity index (0-10%).

It therefore appears that these very informative proteins offer real advantages in terms of genetic variation.

Keywords: durum morpho-physiology, biochemistry, total protein, polymorphism, SDS-PAGE.

Nom : ZEGRAIRI

Date de Soutenance : 22 juin 2014

Prénom : DOUNYA

Titre : *Caractérisation morpho-physiologique et biochimique de sept génotypes de deux variétés de blé dur cultivé en Algérie.*

Diplôme : Mastère en Biotechnologies végétales.

Résumé :

Pour apprécier la variabilité entre sept génotypes appartenant à deux variétés : algérienne et erythromelan de blé dur cultivé en Algérie, on a utilisé quelques paramètres liés à la phénologie, la morphologie, physiologie qui restent importants pour la caractérisation des variétés.

Afin de compléter l'identification variétale et de mieux discriminer les génotypes une analyse biochimique à travers l'étude des protéines totales des graines a été entreprise.

Les résultats obtenus sur les paramètres phéno-morphologiques n'ont pas montré de différence significative entre les génotypes, alors que pour les caractères physiologiques soient la teneur relative en eau et la chlorophylle totale, les génotypes présentent une variabilité.

A partir des profils électrophorétiques des protéines totales il ressort un taux de polymorphisme intra et inter-variétale important confirmé par un indice de similarité très faible (0 à 10 %). Il apparait donc que ces protéines très informatives offrent de réels avantages quant à la variation génétique.

Mots clés : blé dur, morpho-physiologie, biochimie, protéines totales, polymorphisme, électrophorèse SDS-PAGE.

Laboratoire de Génétique, Biochimie et Biotechnologies végétales. Département de Biologie Végétale et Écologie.

Président : **YKHLEF N.** Prof. Université **Mentouri** Constantine.

Rapporteur : **Mme. GHIOUA K.** cc. Université **Mentouri** Constantine.

Examineurs : **BOUSBA R.** Dr. Université **Mentouri** Constantine.

