

Etude de la variabilité agronomique et biochimique des quatre génotypes d'une variété de blé dur cultivé en Algérie (*Triticum durum* Desf.)

Chehili Fatima, Doctorante

Boudour Leila, Professeur

Bouchtab Karima, Maitre-assistante

Département de Biologie et Ecologie Végétale, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Frères Mentouri Constantine 1, Algérie

doi: 10.19044/esj.2017.v13n9p409

URL:<http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n9p409>

Abstract

The present study deals with four genotypes belonging to the Algerian durum wheat *melanopus* variety. In the experiment carried out in the greenhouse at Mentouri Constantine1Chaâbat Ersas University, it is measured the morpho-physiological parameters (stem height, cervical length, ear, barbs, leaf area, relative content Water yield and chlorophyll); the yield parameters (number of grains, number of spikelets per spike and weight of one thousand grains) and the biochemical parameters (total protein).

From the results of the morphological parameters, it appears that the genotypes differ essentially by the leaf area. For the physiological parameters: total chlorophyll content and relative water content, no variation between the four genotypes was observed. As for the biochemical study evaluated by the total proteins, this made it possible to better differentiate the 4 genotypes and showed a remarkable intra-varietal polymorphism.

Keywords: Durum Wheat, Genotypes, Morphology, Physiology, Proteins And Polymorphism.

Résumé

La présente étude porte sur 4 génotypes appartenant à la variété *melanopus* de blé dur algérien. Dans l'expérimentation menée en serre à Chaâbat Ersas Université des frères Mentouri Constantine1, sont mesurés des paramètres morpho-physiologiques (hauteur de la tige, longueurs du col, de l'épi, et des barbes, surface foliaire, teneur relative en eau et taux de chlorophylle), du rendement (nombre de grains, nombre d'épillets par épi et poids des mille grains) et biochimique (protéines totales).

A partir des résultats des paramètres morphologiques, il apparaît que les génotypes différencient essentiellement par la surface foliaire. Pour les paramètres physiologiques: teneur en chlorophylle totale et teneur relative en eau, aucune variation entre les quatre génotypes n'a été observée. Quant à l'étude biochimique évaluée par les protéines totales, celle-ci a permis de mieux différencier les 4 génotypes et a montré un polymorphisme intra-variétal remarquable.

Mots clés: Blé Dur, Génotypes, Morphologie, Physiologie, Protéines Et Polymorphisme.

Introduction

Le blé est actuellement l'une des céréales la plus cultivée au monde avec une production annuelle totale de près de 680 millions de tonnes (Mariana, 2011). En effet, la presque totalité de la nutrition de la population mondiale est fournie par les aliments en grains dont 95% sont produits par les cultures céréalières.

En Algérie, le blé dur (*Triticum durum Desf.*) est la première céréale cultivée dans le pays et occupe annuellement plus d'un million d'hectares. Cependant, sa production est encore faible, elle ne couvre que 20 à 25 % des besoins du pays, le reste étant importé (Anonyme1, 2008). La cause principale de la faiblesse de la production du blé dur soit 15,4 quintaux/hectare (ONFAA, 2015), est liée à des contraintes abiotiques (pluviométrie surtout), biotiques (adventices) et humaines (itinéraires techniques appliqués etc...) (Chellali, 2007).

Selon Roudart, (2006) le blé dur est l'une des principales ressources alimentaires de l'humanité et des animaux à raison de 75 % et 15 % de la production respectivement, et le reste à des usages non alimentaires (Feillet, 2004). La semoule issue des grains de blé dur est à l'origine de produits très divers: pâtes alimentaires, couscous et bien d'autres produits comme le pain, le frik et divers gâteaux (Troccoli et al., 2000). La paille est également utilisée comme litière et comme aliment pour les animaux. Le blé dur a une grande valeur nutritionnelle, suite à sa richesse en protéines et à la présence du gluten qui a la propriété unique de former après hydratation une masse cohérente (Amri, 2010). Il renferme en plus des acides aminés, des lipides, des glucides, quelques sels minéraux et des vitamines.

Chez le blé, plusieurs caractères adaptatifs d'ordre phénologique, morphologique et physiologique, participent à l'amélioration de la tolérance aux stress abiotiques (Boudour, 2006). L'étude de ces paramètres peut se réaliser par différents outils d'analyse, les uns reposent sur des critères morpho-physiologiques simples et fiables, les autres récents et plus performants font appel à des marqueurs biochimique et moléculaire.

Dans ce travail, une étude combinée entre le potentiel de production et d'adaptation aux conditions environnementales semi-arides de la région de Constantine est réalisée afin d'évaluer la variabilité morpho-physiologique, rendement et biochimique pouvant exister entre des géotypes d'une variété de blé dur cultivé en Algérie.

Matériel et méthodes

Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est constitué de quatre géotypes de la variété *melanopus* de blé dur (*Triticum durum Desf.*) algérien prélevés de la collection étudiée par Boudour, 2004- 2006 caractérisée par épi roux, glume glabre rouge, paille creuse à demi creuse, grain rouge et compact.

Conditions de culture

La germination des graines est réalisée dans des boîtes de pétri à raison de 10 graines/ boîte. Les plantules obtenues sont mises dans des pots de 5 Kg installés dans une serre à Chaâbat Ersas Université des frères Mentouri, Constantine1.

Paramètres mesurés

Paramètres morphologiques

Les paramètres morphologiques mesurés sont :

- **la hauteur de la plante (HP)** exprimée en cm,
- **la longueur du col (LC)** exprimée en cm mesurée à la maturité à partir du dernier nœud,
- **la longueur de l'épi (LE)** exprimée en cm,
- **la longueur des barbes (LB)** exprimée en cm mesurée au stade maturité à partir du 1/3 de l'épi jusqu'au sommet des barbes,
- **la surface foliaire (SF)** exprimée en cm² est mesurée à l'aide d'un appareil « Digital planimètre ».

Pour chaque paramètre 4 répétitions sont effectuées sur différentes plantes.

Paramètres physiologiques

- **la teneur relative en eau (TRE):** est mesurée selon la méthode décrite par Barrs, (1968) :

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

PF: poids fr; ; sec des échantillons foliaires exprimés en mg.

- la chlorophylle totale

Le taux de chlorophylle au niveau des feuilles est mesuré à l'aide d'une chlorophylle - mètre SPAD 502 de Minolta.

Technique d'analyse

La technique utilisée est l'électrophorèse mono (SDS- PAGE) proposée par Laemmli, (1970) et modifiée par Payne et *al.*, (1979). La séparation est faite sur gel vertical discontinu, en présence d'un détergent ionisé (Sodium Dodocyl Sulfate SDS). Cette méthode facile, reproductible et rapide permet de mesurer, comparer et caractériser les protéines. Elle comprend les étapes suivantes :

Extraction des protéines totales

Quatre graines de blé sont broyées en présence d'azote liquide à -198 °C, 0.4 g de farine sont homogénéisés dans 350 µl (2x sample tampon). Le mélange recueilli est conservé dans des Eppendorfs à - 4 °c pendant une nuit. Le tout est homogénéisé à l'aide d'un vortex pendant 5 secondes. Après centrifugation (15 mn à 4°C à 12.000 tr/min), le surnageant riche en protéines totales est récupéré et conservé à -20 °c jusqu'à utilisation.

- **Préparation d'échantillon**

L'analyse électrophorétique est faite avec un volume de 35 µl de l'extrait de protéine, auquel on ajoute le même volume de SDS (2x solution tampon pH=6,8), plus 7µl Mercaptoethanol et 7 µl bromophenol bleu. Le mélange est porté à ébullition dans un bain-marie à 100°C durant 5 min, puis homogénéisé pendant 5-10 secondes et centrifugé durant 1minute.

- **Préparation des gels**

Le support d'électrophorèse est formé d'un mélange de gels : gel de séparation à 15% et pH = 8,8 et un gel de concentration à 5% et un pH = 6,8.

- **Coloration et décoloration**

Les gels sont retirés des plaques et les protéines sont fixées dans une solution colorée au bleu de coomassie (0.1 bleu de coomassie R-250, 45ml Méthanol, 10 ml Acide Acétique, 45 ml H₂O) pendant une nuit. Les gels sont décolorés pendant 24 heures par une solution de 20 ml méthanol : 80 ml H₂O avec une agitation vigoureuse, ensuite lavés plusieurs fois avec l'eau distillée. Les gels sont photographiés par le système de détection d'image Gel Doc-print II.

Analyse statistique

Les résultats obtenus des différents paramètres pour les quatre génotypes de la variété *mélanopus* sont interprétés grâce aux analyses statistiques multi variées telle que l'analyse de la variance (ANOVA) et l'analyse en composantes principales (ACP) en utilisant le logiciel statistica,

(2008). De plus nous avons fait appel à la matrice de similarité et le dendrogramme à l'aide du logiciel statistica version 6.

Résultats et discussion

Paramètres morphologiques

- **hauteur de la tige, longueur du col, longueur de l'épi, longueur des barbes**

Ces quatre paramètres morphologiques représentés dans la figure 1 montrent que :

- **la hauteur de la tige (HT)** varie entre 42,16 et 46,5 cm. Chez les génotypes G3 et G4 sont observées les valeurs les plus élevées de 46,5 et 45cm respectivement, alors que les valeurs les plus faibles sont enregistrées chez les génotypes G1 et G2 respectivement de 43,5 et 42,16cm.

- **la longueur du col (LC)** des quatre génotypes étudiés se situe entre 11,33 et 15,5 cm. Les valeurs les plus élevées sont attribués aux génotypes G2 et G3 de 13,83 et 15,5cm respectivement, d'autre part les génotypes G1, G4 se caractérisent par une petite taille de 9,16 et 11,33 cm respectivement.

- **la longueur de l'épi (LE)** des quatre génotypes varie entre 3 et 4 cm, comme pour le paramètre précédent.

- **la longueur des barbes (LB)** est comprise entre 8,33 cm chez le génotype G2 et 10,33 cm chez le génotype G4.

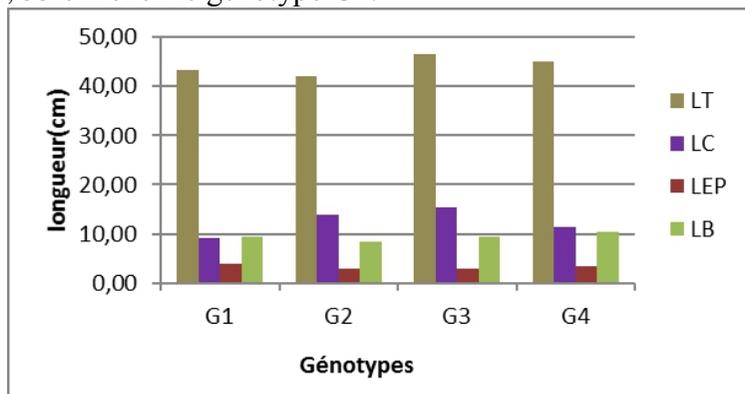


Fig. 1. Paramètres morphologiques (hauteur de la tige, longueur du col, longueur de l'épi, longueur des barbes) de la variété *melanopus* de blé dur algérien.

La hauteur de la tige est un caractère important car le taux d'accumulation de la matière sèche en pré anthèse, et la capacité de translocation des assimilats stockés dans la tige jouent un rôle dans l'adaptation de la variété aux contraintes climatiques (Belkharchouche *et al.*, 1989).

La longueur du col de l'épi est un caractère variétal souvent proposé comme critère de sélection de génotypes tolérants au déficit hydrique (Fisher et Maurer, 1978). En effet son rôle s'expliquerait par les quantités

d'assimilats stockées dans cette partie de la plante qui sont susceptibles d'être transportées vers le grain en conditions de déficit hydrique terminal (Gate et al. ,1992). D'après Annich Chiarico, (1993) cité par Ben Mimoun, (1994) la longueur du col de l'épi est proportionnelle à la quantité d'eau absorbée durant le cycle de développement.

Concernant la longueur de l'épi qui est une caractéristique variétale peu influencée par les variations du milieu, elle est fonction de la quantité d'eau réservée durant le cycle végétatif (Anonyme2, 2008).

La longueur de la barbe chez le blé peut faire augmenter la possibilité d'utilisation de l'eau et l'élaboration de la matière sèche lors de la phase de maturation. Selon Blottière, (2003) et Nemmar, (1980) la longueur de la barbe contribue également à une limitation des pertes en eau. Ce paramètre morphologique semble étroitement lié à la tolérance au déficit hydrique terminal tout au moins chez le blé dur (Slama, 2005).

- **la surface foliaire (SF)**

La surface foliaire des quatre génotypes varie de 10,04 cm² à 15,96 cm². Les deux génotypes G1 et G3 possèdent les valeurs les plus élevées de 15,95 et 15,96 cm² respectivement, alors que les surfaces des deux génotypes G2 et G4 sont faibles respectivement de 12,27 et 10,04 cm² (Fig.2).

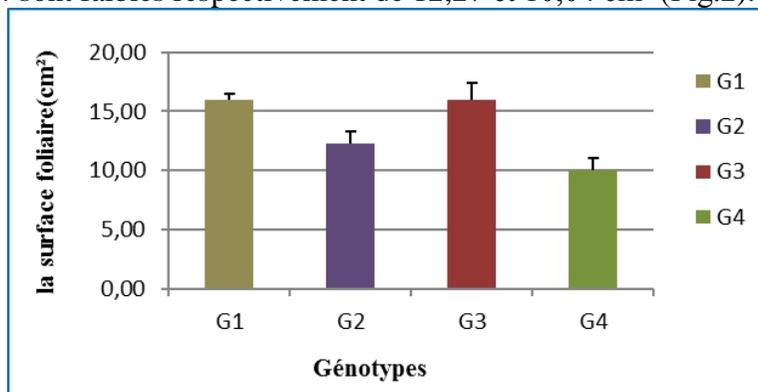


Fig. 2. Surface foliaire des quatre génotypes de la variété *melanopus* de blé dur algérien.

L'analyse de la variance au seuil 5% montre une différence hautement significative entre les variétés étudiées. Le test SNK à 5% confirme ces résultats et répartit les variétés en trois groupes distincts:

- le premier groupe formé des génotypes G1 et G3,
- le deuxième du génotype G2,
- le troisième du génotype G4.

La surface foliaire est un déterminisme important de la transpiration, en effet, l'une des premières réactions des plantes au déficit hydrique est de réduire la surface foliaire (Lebon *et al.*, 2004).

Paramètres physiologiques

- la chlorophylle totale (Chl)

Les valeurs moyennes obtenues se situent entre 25,47 et 28,80 unités SPAD pour les quatre génotypes de la variété *melanopus*. Chez les deux génotypes G3 et G4 sont observées les moyennes maximales de 27 et 28,80 unités SPAD respectivement. La valeur minimale de 25,47 unités SPAD est enregistrée chez le génotype G1 suivi par le génotype G2 dont la teneur est de 25,68 unités SPAD (fig. 3A).

- la teneur relative en eau (TRE)

Les variations de la teneur relative en eau des quatre génotypes G1, G2, G3 et G4 sont faibles. Elles varient de 76,09% chez le génotype G4 à 84,3% chez le génotype G2 (Fig. 3B).

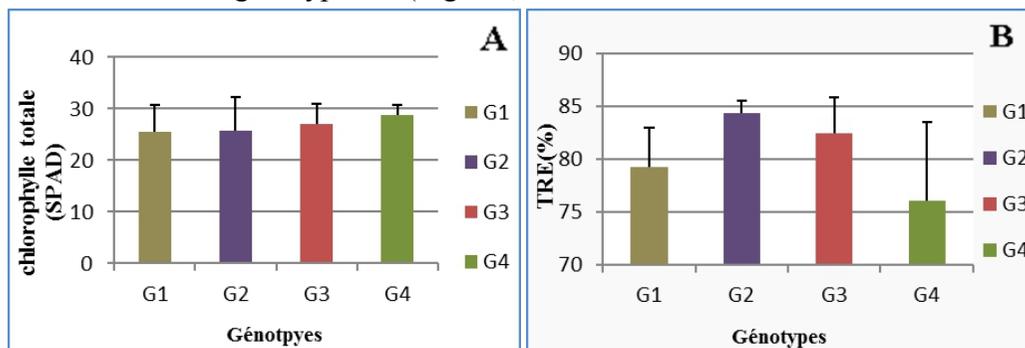


Fig. 3. Paramètres physiologiques des quatre génotypes de la variété *melanopus* de blé dur algérien, A: Chlorophylle totale, B: Teneur relative en eau.

L'analyse de la variance (ANOVA) des paramètres physiologiques (Chlorophylle totale et teneur relative en eau) n'indique aucune différence significative au seuil de 5% entre les quatre génotypes. Par ailleurs le test de comparaisons multiples SNK au seuil de 5% les classe en un seul groupe homogène.

Ces génotypes montrent une faible teneur en chlorophylle comparativement à celle obtenue dans les mêmes génotypes cultivés en plein champ. Ceci peut- être dû aux contraintes abiotiques qui existent dans la serre. En effet, les paramètres environnementaux tels que la lumière, la température et la disponibilité en eau influencent la teneur en chlorophylle des feuilles, en plus d'autres facteurs comme l'âge et la position des feuilles (Hikosaka *et al.*, 2006).

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.

Le manque d'eau est un élément déterminant pour la croissance des plantes, particulièrement en région aride et semi aride (Albouchi *et al.*, 2000).

Composantes du rendement

- le nombre d'épillets par épi (NE/E)

Le nombre d'épillets par épi des quatre génotypes étudiés est compris entre 12,33 et 15,33 épillets par épi. Les génotypes G3 et G4 enregistrent le nombre le plus élevé de l'ordre de 15,33 et 15 épillets respectivement. Les G1 et G2 ont un faible nombre d'épillets par épi avec des valeurs de 14 et 12,33 épillets par épi respectivement (Fig.4 A).

- le poids de mille grains (PMG)

Le poids de mille grains des quatre génotypes étudiés varie de 56 à 42g. , les génotypes G1 et G3 enregistrent le poids le plus élevé de l'ordre de 56 g. alors que les génotypes G2 et G4 ont un poids de mille grains réduit de 45 et 42g respectivement (Fig. 4B).

- le nombre de grains par épi (NG/E)

Les génotypes G1 et G4 montrent les valeurs les plus élevées de 11,33 et 10 grains par épi respectivement. Tandis que, les génotypes G2 et G3 présentent les plus faibles valeurs de 7,33 et 9,66 grains par épi respectivement (Fig. 4C).

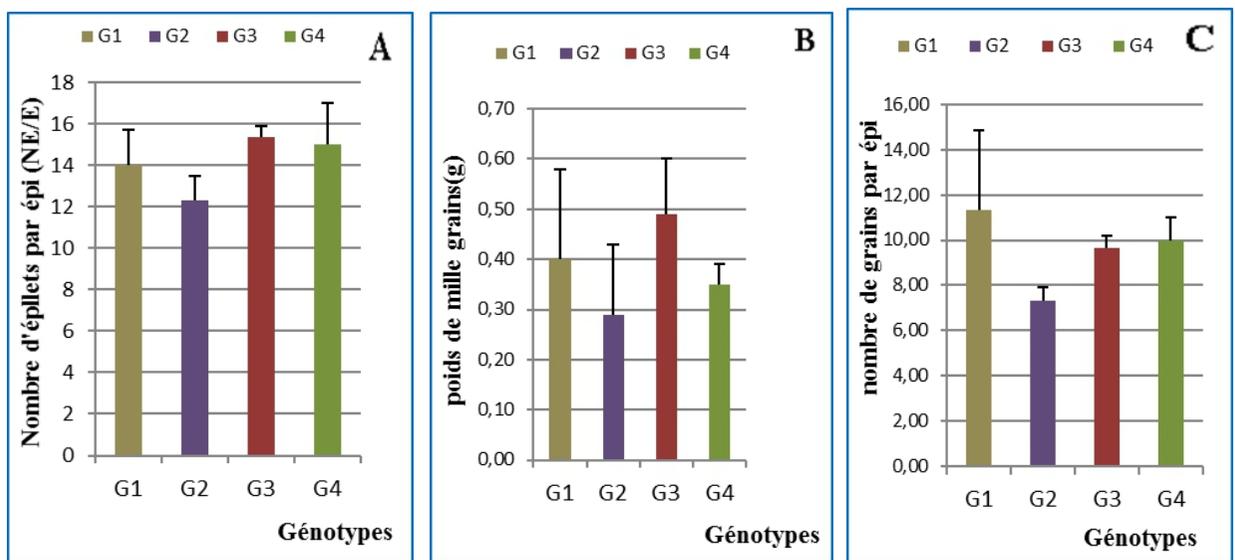


Fig.4. Composantes du rendement des quatre génotypes de la variété *melanopus* de blé dur algérien.

A: Nombre d'épillets par épi, B : Poids de mille grains, C : Nombre des grains par épi des 4 génotypes

D'après l'ANOVA, les génotypes étudiés ne présentent aucune différence significative, pour les deux composantes du rendement (nombre d'épillets par épi et poids de mille grains). Aussi le test SNK à 5% confirme

ces résultats et les classe en un seul groupe homogène. Alors que l'analyse de la variance montre une différence significative entre les quatre génotypes de la variété pour le paramètre nombre des grains par épi. Le test SNK le confirme et sépare le génotype G1, le plus performant du reste des génotypes qui forment un seul groupe.

Le poids de l'épi au stade épiaison est un bon indicateur du rendement potentiel à espérer lorsque le remplissage du grain se fait dans des conditions de croissance assez favorables (Belkherchouche *et al.*, 2009).

Le rendement en grains du blé est plus lié à la fertilité de l'épi qu'au poids moyen du grain, ceci ne veut nullement dire que le nombre d'épis et le poids de 1000 grains ne jouent aucun rôle sous climat variable (Erchidi *et al.*, 2000).

Analyse de variabilité morpho-physiologique et du rendement

Une analyse en composantes principales (ACP) effectuée sur les quatre génotypes de la variété *melanopus* en considérant l'ensemble des paramètres morpho-physiologiques et du rendement a montré que l'information fournie par les axes 1, 2 et 3 sont de 40,53%, 35,16% et 24,31% respectivement. Pour cela, l'étude est réalisée dans les deux plans 1/2 et 1/3.

Matrice des corrélations entre les variables

L'analyse des corrélations entre les paramètres mesurés montre qu'il y a des liaisons positives et négatives entre ces paramètres variant d'un faible à une forte corrélation (Tab n° 1). Les liens les plus importants sont :

- la longueur de la tige (HP) fortement et positivement corrélée au nombre d'épillets par épi (NE /E) avec $r=0,94$, moyennement et positivement aux variables : longueur des barbes (LB) avec $r=0,65$ et taux de chlorophylle(Chlo) avec $r=0,63$.

- la longueur de col (LC) d'une part positivement et moyennement corrélée à la variable teneur relative en eau (TRE) ($r=0,66$) et d'autre part négativement très liée à la longueur de l'épi (LE) $r= 0,96$ et moyennement au nombre de grains par épi (NE /E) $r= 0,65$.

- la longueur de l'épi (LE) fortement et positivement corrélée au nombre des grains par épi (NG / E) ($r=0,82$).

- la longueur des barbes (LB) fortement et positivement liée aux longueurs des barbes (LB) ($r=0,85$), au taux de chlorophylle totale (Chlo) ($r=0,77$) et au nombre des grains par épi (NG /E) ($r=0,72$). Aussi elle est négativement très corrélée à la variable teneur relative en eau (TRE) $r=0,90$.

Tableau n° 1 : Matrice des coefficients de corrélation des différentes variables analysées.

	LT	LC	LEP	LB	SF	Chlo	TRE	NE	NGE	PMG
HT	1									
LC	0,388	1								
LEP	-0,198	-0,964	1							
LB	0,654	-0,370	0,459	1						
SF	0,199	0,065	0,154	-0,192	1					
Chlo	0,633	0,099	0,112	0,778	-0,614	1				
TRE	-0,281	0,667	0,670	-0,909	0,384	-0,661	1			
NE	0,941	0,056	0,130	0,854	0,159	0,675	-0,563	1		
NGE	0,378	-0,653	0,820	0,726	0,402	0,135	-0,690	0,637	1	
PMG	0,298	0,010	0,226	-0,048	0,990	-0,511	0,256	0,287	0,516	0,793

Etude des variables

Dans le plan 1/2 (fig.5A), l’axe 1 est formé du coté positif principalement par le nombre d’épillets par épi (NE/E), la longueur des barbes (LB), le nombre des grains par épi (NG / E), la hauteur de la tige (HT) et du coté négatif par la teneur relative en eau (TRE), donc l’axe 1 pourrait être défini comme un axe morpho- physiologique et de rendement.

Les variables : surface foliaire (SF), longueur de col (LC), poids de mille grains (PMG) déterminent l’axe 2 du coté négatif. Cet axe peut être qualifié d’axe morphologique et de rendement.

Dans le plan 1/3 (fig.5B), on peut voir que le taux de chlorophylle totale (Chlo) définit l’axe 3 du coté positif et la longueur de l’épi(LEP) du coté négatif.

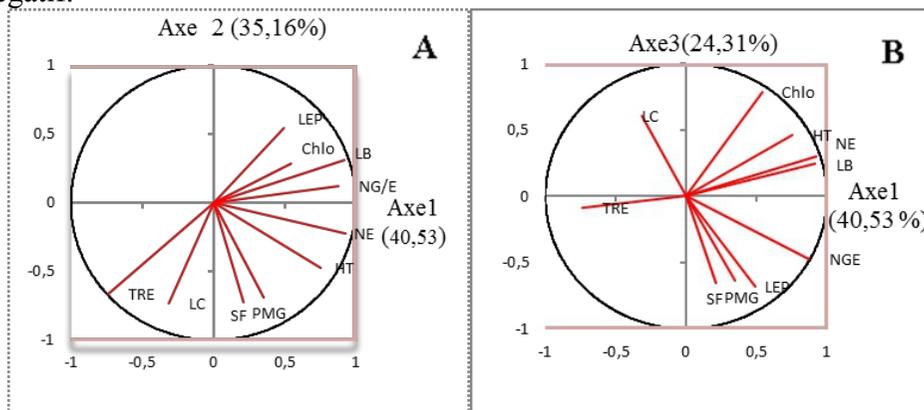


Fig. 5. Cercle de corrélation des variables de l'ACP dans : A le plan 1/2, B le plan 1 /3.

Etude des individus

La représentation graphique des individus dans le plan 1/2 (Fig. 7A) laisse apparaître clairement que :

Les génotypes G1 et G4 sont très proches et se caractérisent par les mêmes variables à savoir nombre d'épillets par épi (NE/E), longueur des barbes (LB), nombre des grains par épi (NG / E), hauteur de la tige (HT). Ces derniers s'opposent d'une part au génotype G2 qui se distingue plutôt par une teneur relative en eau (TRE) élevée et d'autre part au génotype G3 du côté négatif de l'axe 2 comprenant une surface foliaire (SF), une longueur de col (LC) et un poids de mille grains (PMG) importants.

La dispersion des génotypes dans le plan 1/3 (Fig. 7B) montre que le G4 se distingue par un fort taux de chlorophylle totale (Chlo) du côté positif alors que le génotype G1 situé du côté négatif de l'axe 3 par une longueur de l'épi(LEP) élevée.

En conclusion, l'analyse en composantes principales révèle 3 groupes distincts qui se différencient par les paramètres morpho-physiologiques et du rendement :

- Le premier groupe constitué par les génotypes (G1et G4) qui se caractérisent par les mêmes paramètres mais se différencient par deux variables : longueur de l'épi(LEP) importante chez le G1et taux de chlorophylle totale (Chlo) élevé chez le génotype G4.
- Le deuxième groupe formé par le génotype (G3) s'oppose aux génotypes G1, G4.
- Le dernier groupe comprend le génotype (G2) tout à fait excentré vers le côté négatif de l'axe1.

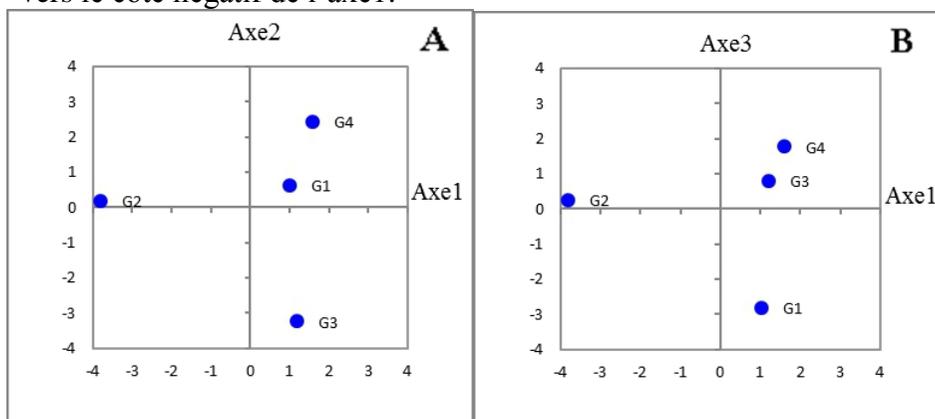


Fig. 6. Représentation graphique des quatre génotypes sur le plan 1/2 et 1/3 de l'ACP

Paramètre biochimique : Les protéines totales

L'analyse des protéines totales des grains des quatre génotypes de blé dur par la technique d'électrophorèse (SDS-PAGE) a révélé un certain polymorphisme (fig. 7).

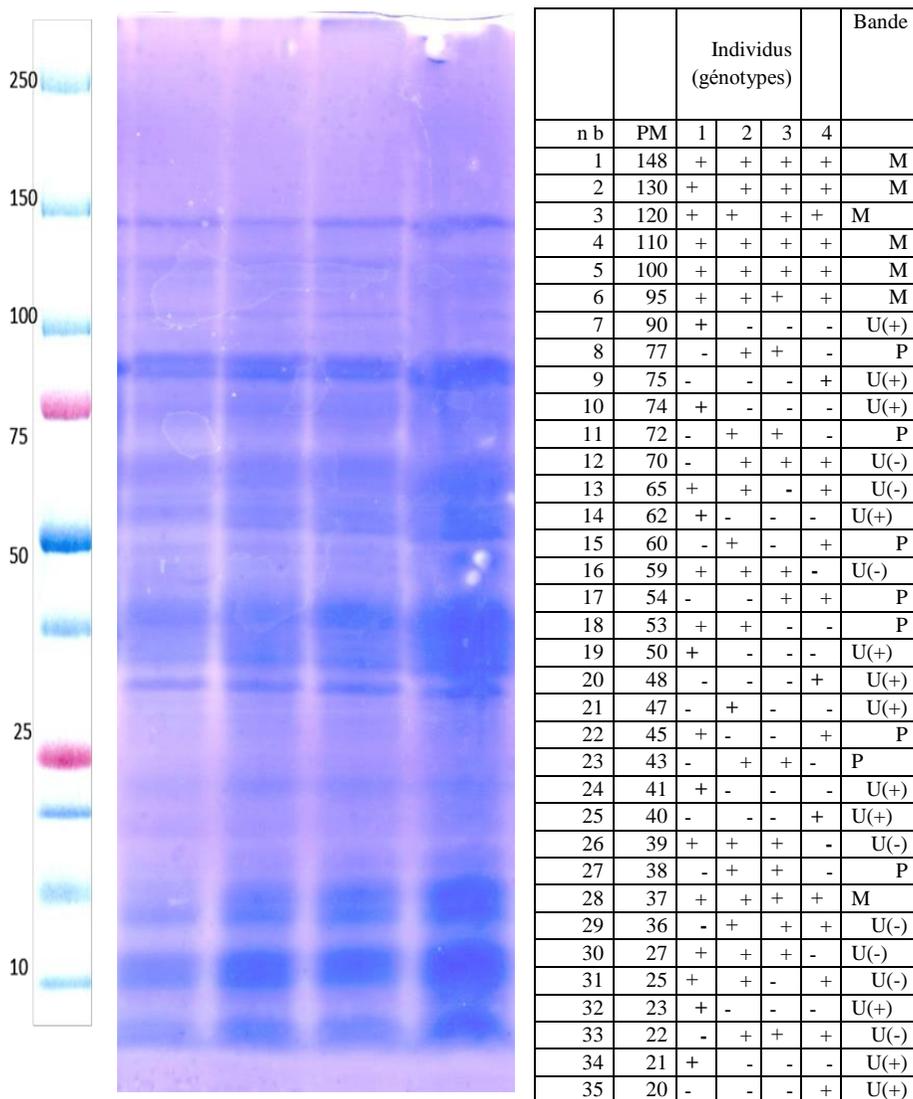
Cette analyse est basée sur le nombre, l'intensité et le poids moléculaire des bandes observées sur le gel (fig. 7).

Le nombre total des bandes est de 112 de poids moléculaire variant de 10 à 148 K Da (Tab n° 3), les génotypes G1et G4 présentent 28 bandes avec un taux de polymorphisme de 57,14 %.

Les génotypes G2 et G3 possèdent respectivement 30 et 26 bandes et se caractérisent par un taux de polymorphisme égal de 60 et 53.84 % respectivement (Tab n°3).

D'après Jasso, 2002 l'augmentation de l'intensité des bandes est le résultat de l'augmentation des protéines, ce qui constitue un marqueur moléculaire important.

Fig. 7. Profil électrophorétique SDS-PAGE des protéines totales



36	19	+	+	+	+	M
37	18	-	-	+	+	P
38	17	+	+	-	+	U(-)
39	16	+	+	+	+	M
40	15	+	+	-	+	U(+)
41	14	+	+	+	+	M
42	13	+	+	+	+	M
43	12	-	-	+	-	U(+)
44	11	-	+	+	+	U(-)
45	10	+	+	+	+	M
	Total	28	30	26	28	T=112

Tab.2 Nombre de bandes présentes chez les génotypes étudiés à partir du polymorphisme protéique des graines.
 +: Présence, -:Absence, M: monomorphique, P:Polymorphique,
 U: bande unique.

Génotypes	Bande monomorphe	polymorphe		total	Polymorphisme(%)
		Bande unique	Bande non-unique		
1	12	11	5	28	57.14
2	12	1	17	30	60.00
3	12	5	9	26	53.84
4	12	7	9	28	57.14

Tableau n°3: Taux de polymorphisme protéique des grains de quatre génotypes de la variété *melanopus* de blé dur cultivée en Algérie.

Le Dendrogramme de l'analyse phylogénétique a fait ressortir 3 groupes (Fig.8) :

- le premier groupe comprend le génotype G1
- le deuxième groupe situé entre le G1 et G4, est représenté par les génotypes G2, G3 qui semblent indiquer une origine génétique très proche traduisant une mono phylétique.
- le troisième groupe est constitué du génotype G4.

Les G1et G4 appartiennent au même grand groupe mais s'éloignent l'un de l'autre par rapport aux paramètres longueur de l'épi et la chlorophylle totale- traduisant une para phylétique.

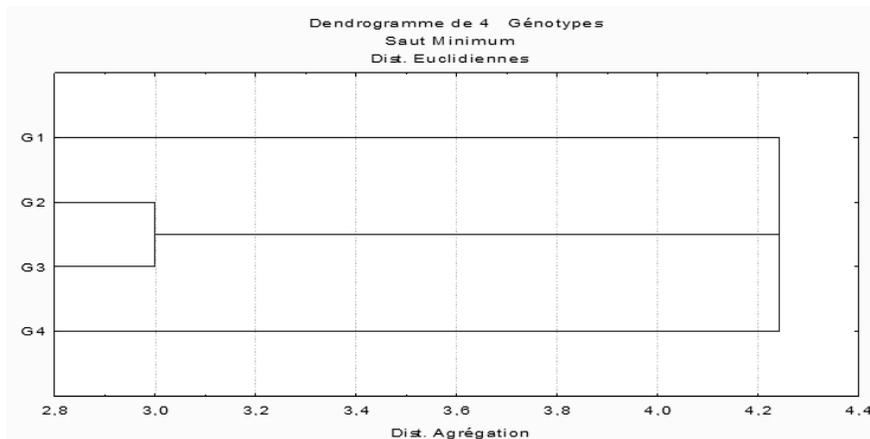


Fig.8. Dendrogramme d'après les profils électrophorétiques des graines des quatre génotypes de blé dur

Pour le blé dur, la teneur en protéines est une caractéristique essentielle considéré comme un critère important d'appréciation de la qualité. Les protéines représentent un intérêt technologique et nutritionnel pour l'utilisation du blé (Gate, 1995).

GERBA, 2013 a affirmé que la qualité du blé dur dépend de sa composition en protéines et que ce taux de protéines est conditionné par le génotype et influencé par l'environnement.

Conclusion

Les résultats des paramètres morpho-physiologiques et du rendement n'ont pas été concluants car ils n'ont pas tous montré de différence significative entre les quatre génotypes sauf pour les paramètres: surface foliaire(SF) et nombre d'épilletts par épi (NE/E) qui ont permis de différencier les quatre génotypes.

En comparant les résultats des paramètres morpho-physiologiques et ceux des composantes du rendement, il ressort que les génotypes qui possèdent les valeurs les plus élevées pour les différents paramètres morpho-physiologiques sont ceux qui présentent les plus hauts rendements.

L'étude biochimique basée sur les protéines totales s'est révélée plus informative. Ces protéines ont permis de détecter un polymorphisme plus net entre les 4 génotypes, ainsi les génotypes G2 et G3 apparaissent très proches suggérant une monophylie alors que les génotypes G1 et G4 sont génétiquement éloignés.

References:

1. Albouchi, A., Sebei, H., Mezni, Y., & 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), p : 138- 61.
2. Amri, (2010). Diversité des gluténines HPM, sécalsines HPM et 75 y-sécalsines d'une collection du CIMMYT de triticales hexaploides. Mémoire de magister, université Mentouri, Constantine. ; 69 p.
 3. Anonyme 1 (2008). Centre régional de recherche et d'expérimentation en agriculture biologique Midi-Pyrénées résultats.
 4. Anonyme 2 (2008). <http://www.liberte-algerie.com>
 5. Auriou P., (1978). Sélection pour le rendement en fonction du climat chez le blé dur. Ann Argon d'El-Harrach. Vol 8 N°2, p : 1- 14.
 6. Belkharouchel, H., S., Fellah, H., Bouzerzour, A., Benmahammed et N.Chellal. (2009). vigueur de croissance, translocation et rendement en grains du blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous condition semi-aride, p: 1-22.
 7. Ben Mimoune, (1994). Caractérisation physiologique et organique de huit variétés de blé tendre en vue d'une sélection dans la zone sub humide .Thèse ING Blida, 54p.
 8. Blottière, M.J., (2003). Cahier du centre de l'Algérie IX. Les productions algériennes. Chapitre Premier. Les productions agricoles.1. Les céréales. Publications du comité national métropolitain du centenaire de l'Algérie, Algérie, 95 p.
 9. Boudour, L., (2006). Étude des ressources phyto-génétiques du blé dur (*Triticum durum* Desf.) algérien : analyse de la diversité génétique et des critères d'adaptation au milieu. Thèse Doctorat d'Etat. Université Mentouri Constantine, 142p.
 10. Chellali, B., (2007) Marché mondial des céréales : L'Algérie assure sa sécurité alimentaire.
 11. <http://www.lemaghreb.dz.com/admin/folder01/une.pdf>. 2007; (31.05.2008).
 12. Erchidi, A.E., Benbella, M., et Talouizte, A., (2000). Relation entre certains paramètres contrôlant les pertes en eau et le rendement en grains chez neuf variétés de blé dur soumises au stress hydrique. Options méditerranéennes, série A (Séminaires Méditerranéens) (40), p : 279-82.
 13. Feillet, P., (2004). Valeur d'utilisation des blés durs .C.R. Sem. D'études Céréalicultures. Gembloux N° (-85), p : 25-98.
 14. Fischer R.A. ET Maurer R., (1978). Drought resistance in spring resistance wheat cultivar. I. Grain yield responses. Aust, J, Agri, Res, 29: 105-912.
 15. Gate, P., 1995. Ecophysiologie du blé, de la plante à la culture. *Lavoisier Tec and Doc.* , Paris, 430 p.

16. Gate P., Bouthier A., Casablanca H., et Deleens E., (1992). Caractères physiologiques décrivant la tolérance à la sécheresse des blés cultivés en France. Interprétation des corrélations entre le rendement et la composition isotopique du carbone des grains. In : Tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétale. Montpellier (France) INRA. (Les colloques n°64), p : 61-74.
17. Gerba, L., Getache, W., Bela, Y., Walelign W., (2013). Nitrogen Fertilization Effects on Grain Quality of Durum Wheat (*Triticum turgidum* L.Var.Durum) Varieties in Central Ethiopia. Journal of Agricultural Sciences Vol, 1(1), p: 1-7.
18. Hikosaka, K., Ishikawa, K., Borjigidai, A., Muller O. & Onoda, Y., (2006). Temperature acclimation of photosynthesis: mechanisms involved in the changes in temperature Dependence of photosynthetic rate. J. Exp. Bot, p: 291 - 302.
19. Jasso, D., De Rodriguez., Romero-Garcia, J., Rodriguez-Garcia R. & Sanchez J. L. (2002) Characterisation of proteins from sunflower leaves and seeds: Relationship of biomass and seed yield. Trends in new crops and new uses. ASHS Press. Alexandria. VA, p: 143-149.
20. Lebon, E., Pellegrino, A., Tardieu, F., & Lecoecur, J., (2004). Shoot development in grapevine is
21. affected by the modular branching pattern of the stem and intra and inter-shoot trophic
22. competition. Annals of Botany, (93), p: 263 - 274.
23. Troccoli, A., Borrelli, G.G., De-Vita, P., Fares, C. et Di-Fonzoet, N., (2000). Mini review: *durum* wheat quality: a multidisciplinary concept. Jour. Of Cereal Science N° 32, p: 99 – 113.
24. Mariana, (2011). Dynamique d'assemblage de protéines de réserve et du remplissage du grain de blé dur (*Triticum durum* Desf.). Docteur du center international D'études Supérieures en sciences Agronomique de Montpellier, p: 3 – 4.
25. Nemmar, M., (1980). Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) : Étude de l'accumulation de la proline sous l'effet du stress hydrique .Thèse D.A.A. ENSA. Montpellier, 65 p.
26. ONFAA, 2015. République Algérienne Démocratique et Populaire Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et de la Pêche Observatoire National des filières Agricoles et Agroalimentaires, 11p.
27. Roudart, L. (2006). Terres cultivées et terres cultivables dans le monde. Paleohistoria N°48, p : 150 –156.

28. Slama, A., Ben Salem M., Ben Naceur, M., & Zid E.D., (2005). Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. Institut national de la recherche agronomique de Tunisie (Inrat). Univ. Elmanar. Tunisie. (http://www.john-libbeyeuotext.fr/fr/revues/agro_biotech/sec/e-docs /00/04/11/2E/ telecharger.md), p : 225-229.