

DÉTERMINISME GÉNÉTIQUE DES CARACTÈRES MORPHO-PHYSIOLOGIQUES LIÉS AU RENDEMENT CHEZ LE BLÉ DUR EN ZONE SEMI-ARIDE DES HAUTS PLATEAUX SÉTIFIENS, ALGÉRIE

Hamli Sofia

Faculté des sciences de la nature et de la vie,
Université ABBES LAGHROUR Khenchela, ALGERIE
Département de Biologie et d'Ecologie végétales,
Faculté des Sciences Université Sétif-1, ALGERIE

Bouzerzour Hamenna

Benmahammed Amar

Oulmi Abdelmalek

Département de Biologie et d'Ecologie végétales,
Faculté des Sciences Université Sétif-1, ALGERIE

Kadi Kenza

Addad Dalila

Faculté des sciences de la nature et de la vie,
Université ABBES LAGHROUR Khenchela, ALGERIE

Abstract

The present investigation was undertaken to study the inheritance pattern of morpho-physiological traits: relative water content, excised leaf water loss, flag leaf area and membrane stability, in an F3 population of durum wheat (*Triticum durum* Desf.). The results reflected a satisfactory range of variability in the evaluated traits. Range magnitude of the four traits represented the equivalent of 5.0 to 11.4 times the least significant difference at 5% level. Transgressors with variable frequency were observed for all the measured traits. In fact 25% of the F3 lines showed a relative water content greater than 85%, 3% has a flag leaf area superior to 26 cm², 8% had a low leaf water loss rate and 11% expressed a low electrolyte leakage rate, suggesting a high membrane stability. Medium to high broad sense heritability estimates were noted for the measured traits. Medium to high genetic gain expressed as percent of the base population mean was observed, taking the following values: 11.0%, 24.0%, 68% and 88%, for relative water

content, flag leaf area, excised leaf water loss rate, and percent of cell injury, respectively. Altogether, the obtained results indicated that the studied cross population would be of interest in the breeding program and an effective progress can be made through selection of these morpho-physiological characters to enhance stress tolerance and grain yield potential.

Keywords: Triticum durum, leakage, RWC, LWL, genetic gain, heritability

Introduction

La sélection devrait être plus efficace si des caractéristiques aussi bien morphologique que physiologiques étroitement associées au rendement sous conditions de stress sont identifiées et utilisées comme critères de criblage dans le processus classique d'amélioration des plantes. Plusieurs caractères sont rapportés dans la littérature comme ayant une liaison plus ou moins étroite avec la tolérance ou la performance sous conditions de stress. Parmi ces caractères figurent la stabilité de la membrane plasmique, la teneur relative en eau, la surface de la feuille étendard et les pertes d'eau des feuilles excisées. De nombreuses études arrivent à cette conclusion (Matin *et al.*, 1989 ; Saadalla *et al.*, 1990 ; Clarke *et al.*, 1992 ; Peltonen *et al.*, 1995 ; Ommen *et al.*, 1999 ; Bajjii *et al.*, 2001 ; Nageswara *et al.*, 2001 ; Fellah *et al.*, 2002 ; Paknejad *et al.*, 2007 ; Fotovat *et al.*, 2007 ; Mohammadi *et al.*, 2009 ; Sanchez-Rodriguez *et al.*, 2010 ; Ghobadi *et al.*, 2011 ; Datta *et al.*, 2011).

Le statut hydrique, la surface de la feuille étendard et la stabilité de la membrane plasmique sont des caractéristiques facilement mesurables, ne serait-ce que sur un nombre réduit de lignées pour choisir celles qui méritent d'être utilisées comme géniteurs. Nageswara *et al.*, (2001) rapportent que ces caractères sont corrélés avec l'efficacité de l'activité photosynthétique. De plus la valeur élevée de l'héritabilité de ces traits suggère que la sélection précoce serait effective (Lambrides *et al.*, 2004).

Le test de la stabilité de la membrane plasmique est une technique qui promet en termes de progrès en sélection pour la tolérance des stress hydriques et thermiques. Ce test peut remplacer partiellement, au moins pour l'identification des géniteurs, les tests réalisés généralement en plein champ pour sélectionner vis-à-vis des stress (Nageswara *et al.*, 2001 ; Fotovat *et al.*, 2007). Les tests de plein champs ne sont pas généralement efficaces parce que le stress ciblé ne se manifeste pas seul mais en combinaison avec d'autres stress.

L'évaluation de la variabilité génétique disponible est un prérequis pour démarrer un programme de sélection et particulièrement pour choisir les parents à croiser. L'héritabilité du caractère au même titre que les coefficients de variation phénotypiques et génétiques, les corrélations

phénotypiques et génotypiques inter caractères déterminent la réponse à la sélection (Shukla *et al.*, 2006 ; Atta *et al.*, 2008). C'est dans ce contexte que la présente recherche se fixe pour objectif d'évaluer la variabilité générée à l'intérieure d'une population F3 de blé dur de la teneur relative en eau, la surface de la feuille étendard, les pertes d'eau des feuilles excisées et l'intégrité de la membrane plasmique.

Matériel et méthodes

Site expérimental, matériel végétal et dispositif expérimental

L'expérimentation a été conduite sur le site expérimental de l'Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC) de Sétif au cours de la campagne agricole 2008/09. Le site expérimental est situé aux coordonnées géographiques 36° 15' N et 5° 87' E, à une altitude de 981m. Le matériel végétal est constitué de la génération F3 issue des croisements Ofanto/Waha, Ofanto/ Mrb₅ et Ofanto/Mohammed Ben Bachir réalisés lors de la campagne 2005/06.

Le matériel végétal produit a été utilisé pour les travaux de recherche mentionnés entre autres dans projet CNEPRU-MESRS-N°F02 2008 0018 intitulé "Analyse de la variabilité phénotypique et sélections directe et indirecte pour le rendement et la tolérance aux stress abiotiques dans des populations dérivées -F₂ de blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous conditions semi -arides". Les lignées F3 sont mises en place dans un dispositif en blocs incomplets où seules les lignées témoins sont répétées tous les 40 lignées. La parcelle élémentaire fait 2 rangs de 5 m de long, espacés de 20 cm, soit une surface parcellaire de 2 m². L'espace entre plantes est de 10 cm.

La campagne d'étude se caractérise par un volume pluviométrique, enregistré entre septembre et juin, de 369.8 mm. Du point de vue répartition, la campagne 2008/09 se caractérise par une répartition relativement homogène des pluies de septembre à avril, avec des maximas en janvier (70.0 mm) et avril (78.5 mm), suivie de l'absence totale de pluie au cours des mois mai et juin 2009. L'analyse du régime thermique indique que les mois de novembre à mars enregistrent des températures moyennes inférieures à 10°C. Ces conditions thermiques ne permettent pas aux eaux des pluies automnales et hivernales d'être valorisées par la culture, à cause du froid. Les mois d'avril, mai et juin connaissent, par contre, une élévation importante de la température de l'air, passant du dessous de 10°C à près de 25°C. Ce phénomène pousse la végétation à terminer un cycle qui vient juste de démarrer, et dont le raccourcissement se fait au détriment de la phase de remplissage du grain.

Notations

La teneur relative en eau a été mesurée sur la dernière feuille entièrement développée pour déterminer l'état hydrique des plantes selon la méthode décrite par Pask *et al.*, (2012). L'intégrité cellulaire est déterminée sur la feuille étendard selon la méthode de Saadallah *et al.*, (1990), modifiée selon Pask *et al.*, (2012). La surface foliaire est déduite par le produit de la longueur par la largeur par le coefficient 0.607 (Spagnoletti-Zeuli et Qualset, 1990). La déperdition de l'eau des feuilles excisées (LWL = leaf water loss) a été déterminée sur un échantillon de 5 feuilles étendards, au mois de mai 2009 (Clarke *et al.*, 1989). Les 5 feuilles échantillonnées sont mises dans une glacière contenant de la glace dans des sachets hermétiquement fermés et transportées au laboratoire où le poids frais est déterminé.

Les feuilles échantillonnées sont étalées sur un paillason sous la lumière ambiante du laboratoire pour favoriser la perte d'eau par transpiration. Au terme de 30 minutes, les échantillons sont de nouveau pesés. La différence, entre le poids frais pris au temps zéro et celui pris au temps 30 minutes, donne le poids d'eau perdu. Le poids d'eau perdue est divisé par la surface des feuilles échantillonnées pour obtenir la quantité d'eau perdue par unité de surface foliaire. Les mesures sont répétées au moins deux fois par lignée F3, pour les besoins de l'analyse de la variance.

Analyse des données

Les variables mesurées sur des plantes individuelles sont traitées par l'analyse des statistiques descriptives pour obtenir les moyennes, les valeurs minimales et maximales et les fréquences en utilisant la plus petite différence significative comme mesure de l'amplitude intra classe. L'analyse de la variance est réalisée sur les variables prises sur deux répétitions. Les composantes de la variance sont déduites des carrés moyens des écarts en égalant les espérances moyennes théoriques aux carrés moyens des écarts (CME) donnés par l'analyse de la variance (Tableau 1 ; Acquaah, 2007) :

Tableau 1. Composantes de la variance (Acquaah, 2007).

Source variation	Carrés Moyens des Ecarts (CME)	CME théorique
Rep	M1	-----
Lignées	M2	$\sigma^2e + r \sigma^2g$
Erreur	M3	σ^2e

La variance génotypique (σ^2g) = (M2 – M3)/r

La variance phénotypique de la F3 (σ^2p) = $\sigma^2g + \sigma^2e$

L'héritabilité au sens large (h^2_{bs}) est déduite, selon Falconer et McKay (1996) par le rapport $h^2_{bs} = \sigma^2_g / \sigma^2_p$.

Les coefficients de variation phénotypique (CVp) et génotypique (CVg) sont calculés selon Acquaah (2007) :

$$CVp (\%) = 100 \times (\sigma_p / Y_{bar})$$

$$CVg (\%) = 100 \times (\sigma_G / Y_{\text{bar}})$$

Le gain génétique (GG), attendu en théorie au niveau de la descendance de la fraction sélectionnée, est déduit par la formule attribuée à Allard (1964) par Acquaah (2007) : $GG = k \cdot \sigma_p \cdot h^2_{bs}$, où $k = 2.06$ au seuil de 5% d'intensité de sélection, σ_p est l'écart type de la variance phénotypique de la génération F_3 et h^2_{bs} comme défini plus haut. Le GG est exprimé en pourcentage de la moyenne de la population considérée (GGM) pour faciliter les comparaisons entre populations étudiées pour le caractère d'intérêt.

L'étude des relations entre les variables mesurées a été faite sur la base du calcul des coefficients de corrélations phénotypes de Pearson (r_p). Ces corrélations donnent une idée sur les caractères susceptibles d'être utilisés comme critères de sélection. La signification des coefficients de corrélations phénotypiques et génotypiques est testée par rapport aux valeurs de la table du r , avec $n-2$ ddl et au seuil de 5% de probabilité.

Résultats et discussion

Variabilité phénotypique

Des différences hautement significatives existent entre les lignées F_3 évaluées pour les variables mesurées (Tableaux 2 et 3). Ces différences sont dues à des effets génétiques et environnementaux. Le sélectionneur est intéressé par la variation d'origine génotypique qui est héritable, et donc transmissible des parents à la descendance (Acquaah, 2007). Les moyennes des variables mesurées sont de 81.5%, 19.8 cm², 5.7 mg/cm² et 19.8%, respectivement pour la teneur relative en eau, la surface foliaire, la perte d'eau foliaire et les dommages causés à la membrane plasmique (Tableau 3). L'amplitude, indiquée par la différence entre les moyennes maximales et minimales, représente l'équivalent de 7.4, 5.0, 8.3 et 11.4 fois la plus petite différence significative au seuil de 5%, respectivement pour la teneur relative en eau, la surface foliaire, la perte d'eau foliaire et les dommages causés à la membrane plasmique (Tableau 3). Ces différences assez larges méritent d'être exploitées à des fins de sélection pour améliorer le niveau des caractères analysés et dans le sens qui favorise l'expression d'un rendement grain et d'une stabilité de rendement élevés.

Tableau 2. Carrés moyens des écarts de l'analyse de la variance des variables mesurées de la population F_3 .

Source de variation	ddl	TRE	SF	LWL	%Dom
Rep	1	1.36	8.61	0.10	27.17
Lignées	359	48.7**	17.4**	8.4**	155.9**
Erreur	359	4.34	2.8	0.47	4.4
CV%		12.6	8.3	12.2	10.6

TRE= teneur relative en eau; % SF= surface de la feuille, cm² ; LWL= perte d'eau foliaire ; Dom= Dommages cellulaires, %.

La distribution relative des valeurs prises par les lignées F3 et pour les variables mesurées est indiquée par les figures 1 et 2. Le sens désiré de la sélection est vers l'augmentation de la teneur relative en eau, de la surface de la feuille étandard et vers la réduction des pertes d'eau des feuilles excisées et du pourcentage des dommages causés à la membrane plasmique. L'analyse de la distribution des fréquences de la teneur relative en eau des lignées F3 indique la présence d'une proportion très appréciable de lignées qui maintiennent une teneur relative en eau supérieure 85% (Figure 1). Cette fraction transgressive, qui est de 25%, mérite de faire l'objet de sélection et de suivis futurs pour étudier l'effet de la teneur relative en eau sur la tolérance et les performances de rendement aussi bien sous stress qu'en absence de stress.

Tableau 3. Moyenne, valeur maximale, minimale, variances génotypique, environnementale et phénotypique et coefficient de la variabilité phénotypique et génotypique caractéristiques des variables mesurées de la population F3.

	TRE	SF	LWL	%Dom
Moyenne	81.5	19.8	5.7	19.8
Maximale	95.1	27.0	11.0	52.2
Minimale	64.7	10.8	0.2	3.5
Ppds5%	4.1	3.2	1.3	4.1
σ^2g	22.2	7.3	4.0	75.8
σ^2e	4.34	2.8	0.47	4.4
σ^2p	26.5	10.1	4.4	80.2
Etg	4.7	2.7	2.0	8.7
Etp	5.1	3.2	2.1	9.0
CVg (%)	5.8	13.6	35.1	44.0
CVp (%)	6.3	16.1	37.1	45.2

TRE= teneur relative en eau; % SF= surface de la feuille, cm² ; LWL= perte d'eau foliaire ; Dom= Dommages cellulaires, %.

La surface de la feuille étandard montre aussi une variabilité appréciable, avec une grande proportion, plus de 90%, située dans la tranche des 16 à 25 cm² de surface (Figure 1). La fraction transgressive, extrême, quoique faible en valeur relative mérite d'être sélectionnée pour l'étude de du rôle de la surface foliaire dans la tolérance et la performance de rendement. La perte d'eau des feuilles excisées et le % de dommages cellulaires montrent aussi les possibilités de sélection des lignées les plus résistantes et qui représentent 8 et 11% respectivement (Figure 2).

La variabilité mesurée par les coefficients de variation phénotypique et génotypique est jugée faible pour la teneur relative en eau ($Cv < 10\%$), moyenne pour la surface foliaire ($10\% < Cv < 20\%$) et élevée pour la perte d'eau des feuilles excisées et les dommages cellulaires dont les Cv sont supérieurs à 20% (Tableau 3) Deshmukh *et al.*, (1999) considèrent que les coefficient de la variabilité phénotypique (CVp) et génotypique (CVg) dont

la valeur est supérieure à 20% sont élevés, ceux dont la valeur est située entre 10 et 20%, sont moyens et ceux dans la valeur est inférieure à 10% sont faibles.

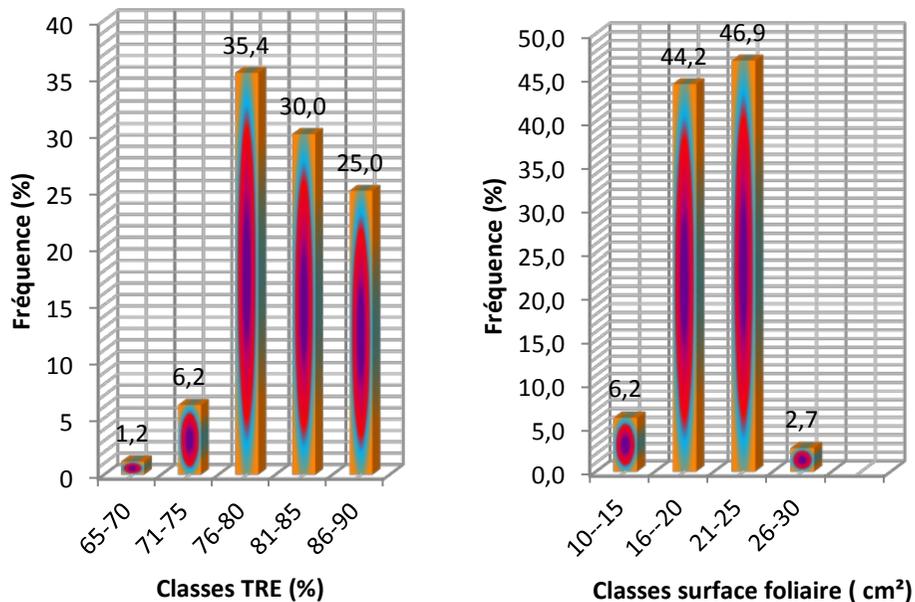


Figure 1. Fréquences de distribution des valeurs prises par la teneur relative en eau et la surface foliaire des lignées de la population F3.

Des valeurs élevées pour les CVp et CVg suggèrent la présence de la variabilité assez élevée, ce qui donne la possibilité d'expression des individus transgresseurs qui rendent la sélection sur la base des caractères concernés efficace (Singh *et al.*, 1994). La différence entre le CVp et CVg n'est pas assez importante, et de l'ordre de 3%, suggérant que l'effet de l'environnement est relativement moindre sur l'expression du génotype.

Les CVp rapportés par Fellahi *et al.*, (2013) pour la surface de la feuille étendard sont moyens à élevés, variant de 13.2 % à 29.20 %, selon les populations F2. Sur la seule base des CVp, les résultats de cette étude indiquent que la sélection sur la base de la surface foliaire et la teneur relative en eau serait moins aisée et peu efficace, suite à la faible variabilité présente. Par contre, elle serait plus efficace sur la base du taux de pertes d'eau des feuilles excisées et la stabilité de la membrane plasmique. Ces caractères présentent des coefficients de variation phénotypiques élevés en valeurs. Les résultats concernant les CVg sont en accord avec ceux rapportés par Amin *et al.*, (1992), Panwar et Singh (2000), Bergale *et al.*, (2001), Dwivedi *et al.*, (2004) et Sharma *et al.* (2006).

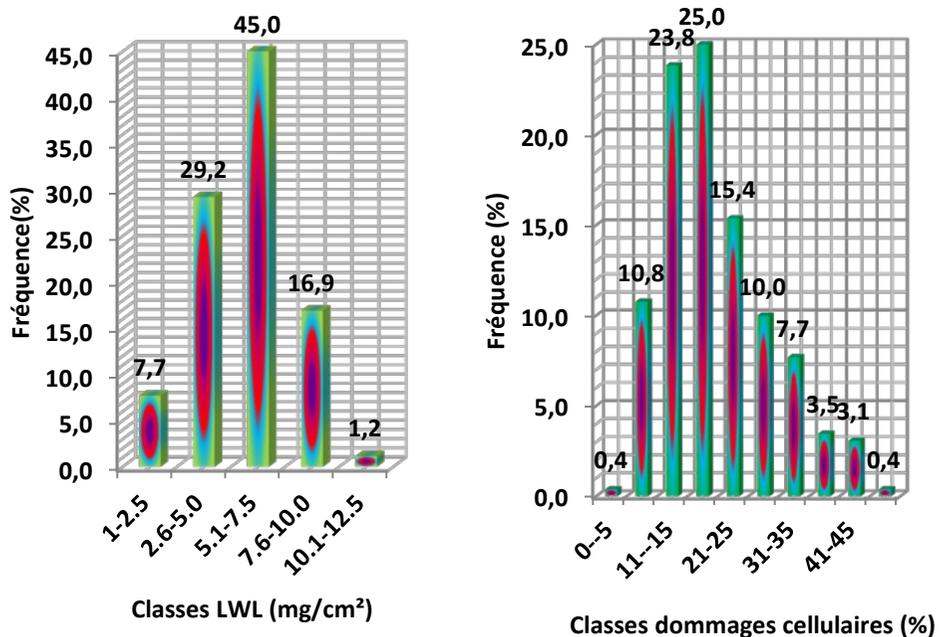


Figure 2. Fréquences de distribution des valeurs prises par les différentes lignées de la population F3 par la perte d'eau foliaire et les dommages cellulaires.

Corrélations entre variables

L'analyse des liaisons entre les variables mesurées indique que la teneur relative en eau est liée positivement au taux de perte d'eau des feuilles excisées (Tableau 4). Cette liaison suggère que les feuilles, qui maintiennent une teneur en eau élevée, perdent plus d'eau par unité de surface, par transpiration. En effet ce type de feuilles (ou de génotypes) présentent plus d'eau à perdre par transpiration que les génotypes qui, dès le départ, partent avec un contenu relatif en eau faible.

Tableau 4. Coefficients de corrélations phénotypiques (Sperman's rank correlation) entre les différentes variables mesurées de la population F3 (Au-dessous de la diagonale, coefficient de corrélation, au-dessus probabilité de signification).

	TRE	SF	LWL	% Dom
TRE		0.1030	0.0000	0.0536
SF	-0.101		0.0095	0.3742
LWL	0.4472	-0.1632		0.0061
% Dom	-0.1176	0.0550	-0.171	

TRE= teneur relative en eau; % SF= surface de la feuille, cm² ; LWL= perte d'eau foliaire ; Dom= Dommages cellulaires, %.

La surface de la feuille étandard montre une liaison négative avec le taux de perte de l'eau des feuilles excisées. Cette liaison suggère que les feuilles aux larges dimensions perdent, par transpiration, moins d'eau par

unité de surface foliaire. La sélection de génotypes aux larges feuilles serait dans ce cas désirable. La feuille étendard est un des derniers organes photosynthétiques qui restent en activité avant la maturité physiologique. Cet organe joue un rôle important au cours du remplissage du grain. Une surface de la feuille étendard foliaire plus large, capte plus de lumière et fixe plus d'hydrates de carbone qui sont favorables à un haut rendement. Ces résultats ne corroborent pas ceux rapportés par Bouzerzour et Benmahammed, (2009) qui mentionnent que sous conditions semi-arides, la sélection, sous stress, des feuilles de tailles relativement réduites est désirable.

Le taux de déperdition de l'eau des feuilles excisées est négativement corrélé avec le pourcentage de dommages causés à la membrane plasmique. Cette liaison indique qu'à l'intérieur de la variation présente parmi les lignées F3, les lignées qui se distinguent par une stabilité membranaire élevée (donc ont un faible pourcentage de dommages) perdent, par transpiration, plus d'eau par cm² (Tableau 4). Le taux de pertes d'eau par transpiration, des feuilles excisées, semble être coregulé génétiquement et à des degrés variables avec la teneur relative en eau, la surface de la feuille étendard et le pourcentage de dommages cellulaires. Par contre la surface de la feuille étendard, la teneur relative en eau et le % de dommages cellulaires semblent sous contrôles génétiques indépendants.

De ce fait, et si ces corrélations se maintiennent sous divers environnements, la sélection sur la base d'un faible taux de déperdition d'eau par les feuilles excisées, comme le préconisent Clarke *et al.*, (1989), engendre implicitement des variations des trois autres variables mesurées : réduction de la teneur relative en eau, augmentation de la surface de la feuille étendard et diminution de la stabilité membranaire. La comparaison des sélections L et H pour cette caractéristique et le rendement obtenu, devrait orienter sur le sens désiré de la sélection à préconiser.

Héritabilité et gain génétique attendu de la sélection

L'héritabilité est indicatrice du degré d'expression du génotype au travers du phénotype (Acquaah, 2007). Elle représente la proportion de la variabilité phénotypique d'origine génétique, qui est héritable et fixable en totalité ou en partie, selon l'importance de la variance de dominance. L'héritabilité est utile pour faire le choix de la méthode de sélection à employer pour améliorer le caractère ciblé. Pramoda et Gangaprasad (2007) mentionnent que les valeurs de l'héritabilité inférieures à 40 % sont considérées comme faibles, elles sont moyennes entre 40 à 60 %, élevées entre 60 et 80 % et très élevées, au-delà de 80 %.

Dans la présente étude, les valeurs prises par le degré de détermination génétique sont de 0.72 (soit 72.0%) pour la surface de la feuille étendard, 0.84 pour la teneur relative en eau, 0.89 pour le taux de

perte d'eau des feuilles excisées et de 0.95 pour le pourcentage de dommages causés à la membrane plasmique (Tableau 5). Les valeurs observées dans la présente étude sont élevées à très élevées et sont proches de ce qui est rapporté dans la littérature.

Tableau 5. Héritabilité au sens large, gain génétique attendue en sélection, exprimé en valeur réelle et relativement à la moyenne de la population de base pour les différentes variables mesurées de la population F3.

	TRE	SF	LWL	%Dom
h ² sl	0.84	0.72	0.89	0.95
GG	8.9	4.7	3.9	17.4
GGM (%)	11	24	68	88

TRE= teneur relative en eau; % SF= surface de la feuille, cm² ; LWL= perte d'eau foliaire ; Dom= Dommages cellulaires, %.

Saadalla *et al.*, (1990) ainsi que Fokar *et al.*, (1998) rapportent une héritabilité très élevée pour le pourcentage de dommages cellulaires. Hussain *et al.*, (2013) rapportent une héritabilité moyenne pour la surface de la feuille étendard. Khan *et al.* (2003) rapportent des valeurs de l'héritabilité au sens large pour la surface de la feuille étendard variant de 66.3 à 85.0%, dans des populations F2 issues de 6 croisements de blé tendre. Des valeurs élevées de l'héritabilité sont rapportées pour la surface de la feuille étendard, chez le blé tendre. Mandal *et al.*, (2008) font remarquer qu'une héritabilité élevée est due à des effets additifs qui assurent que la sélection de la descendance serait efficace.

La valeur de l'héritabilité, seule, ne fournit aucune indication sur le degré d'amélioration attendue de la sélection d'un caractère donné, chez la descendance. De ce fait, il est utile de calculer, en parallèle du degré de détermination génétique, le gain génétique attendu en sélection (Acquaah, 2007). En effet et selon Fellahi *et al.*, (2013), des valeurs de l'héritabilité couplées avec un gain génétique élevés, suggèrent la possibilité de sélectionner au sein des populations afin de développer de nouveaux génotypes présentant des caractéristiques souhaitables, parce que les effets génétiques de tels caractères sont de nature additive et donc sont fixables chez la descendance. Les valeurs observées du gain génétique attendu de la sélection (GG) observées dans la présente étude sont de 8.9%, 4.7 cm², 3.9 mg/cm² et 17.4%, respectivement pour la teneur relative en eau, la surface de la feuille étendard, le taux de déperdition de l'eau des feuilles excisées et le pourcentage de dommages cellulaires (Tableau 5). Exprimées en pourcentage de la moyenne de la population, ces valeurs sont de 11.0%, 24.0%, 68% et 88%, respectivement pour les différentes variables, dans l'ordre cité ci-dessus. Ces chiffres confirment les gains attendus théoriquement de la sélection sur la base des pertes d'eau des feuilles excisées et du pourcentage de dommages cellulaires. Ces résultats suggèrent

que les possibilités d'améliorer la LWL et le % Dom existent, suite à la variabilité d'origine génétique fixable, donc de nature additive. Cependant cette possibilité est faible, à l'intérieur du matériel génétique produit par croisement, pour la TRE et la SF (Tableau 5).

Dans ce contexte Johnson et Hernandez (1980) mentionnent que des coefficients de variation élevés, associés à des héritabilités élevées et à des gains génétiques conséquents, fournissent de meilleures informations prédictives que chacun de ces paramètres pris séparément. Ainsi Mandal *et al.*, (2008) rapportent une faible héritabilité ainsi qu'une faible valeur du gain génétique (GG) pour la surface de la feuille étendard, ce qui corroborent les résultats de la présente étude, pour ce caractère. Ces auteurs mentionnent que, dans de tels cas, il y a prédominance de la variation de nature non additive dans l'expression du caractère analysé. La sélection précoce de tels caractères serait relativement peu efficace. Dans de tels cas, il serait plus judicieux de faire avancer le matériel végétal vers un degré de fixité plus avancé avant de débiter la sélection

Conclusion:

Les résultats indiquent la présence de la variabilité entre les différentes lignées pour les variables analysées. L'amplitude représente l'équivalent de 7.4, 5.0, 8.3 et 11.4 fois la plus petite différence significative respectivement pour la teneur relative en eau, la surface foliaire, la perte d'eau foliaire et les dommages causés à la membrane plasmique. L'analyse de la distribution des fréquences des variables analysées indique la présence de transgresseurs dans le sens désiré de la sélection. Ainsi 25% des lignées F3 ont une teneur relative en eau supérieur à 85%, 3% ont une surface de la feuille étendard plus de 26 cm², 8% des lignées ont un faible taux de déperdition de l'eau des feuilles excisées et 11% ont un faible taux de dommages cellulaires.

La variabilité mesurée par les coefficients de variation phénotypique est faible pour la teneur relative en eau, moyenne pour la surface foliaire et élevée pour la perte d'eau des feuilles excisées et les dommages cellulaires. Les valeurs prises par l'héritabilité au sens large sont élevées à très élevées. Le gain génétique attendu de la sélection est de 8.9%, 4.7 cm², 3.9 mg/cm² et 17.4%, respectivement pour la teneur relative en eau, la surface de la feuille étendard, le taux de déperdition de l'eau des feuilles excisées et le pourcentage de dommages cellulaires, soit 11.0%, 24.0%, 68% et 88% de la moyenne de la population de base. Ces résultats suggèrent que les possibilités d'améliorer les traits LWL et % Dom existent, suite à la variabilité d'origine génétique fixable, donc de nature additive. Cependant cette possibilité est faible, à l'intérieur du matériel génétique produit par croisement, pour la TRE et la SF.

Le taux de pertes d'eau par transpiration, des feuilles excisées, semble être coregulé génétiquement et à des degrés variables avec la teneur relative en eau, la surface de la feuille étandard et le pourcentage de dommages cellulaires. Par contre la surface de la feuille étandard, la teneur relative en eau et le % de dommages cellulaires semblent sous contrôles génétiques indépendants. La sélection sur la base d'un faible taux de déperdition d'eau par les feuilles excisées engendre implicitement des variations des trois autres variables mesurées : réduction de la teneur relative en eau, augmentation de la surface de la feuille étandard et diminution de la stabilité membranaire. La comparaison des sélections L et H pour cette caractéristique et le rendement obtenu, devrait orienter sur le sens désiré de la sélection à préconiser.

References:

- Acquaah, G. Principles of plant genetics and breeding. Blackwell Publishing, Oxford, UK. 250 pp. 2007.
- Allard, R.W. Principles of Plant Breeding, 3rd Edition. John Willey and Son Eds, 247 pp. 1964.
- Amin, M.R., Barma, N.C.D. and Razzague, M.A. Variability, heritability, genetic advance and correlation study in some quantitative characters in durum wheat. *Rachis*.1992
- Atta BM, Haq MA, Shah TM. Variation and inter relationships of quantitative traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Pak J Bot* 40: 637–647. *News Letter*. 11: 30 – 32. 2008
- Bergale S, Billore M, Holkar AS, Ruwali KN and Prasad SVS. Genetic variability, diversity and association of quantitative traits with grain yield in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Madras Journal of Agriculture* 88: 457-461.2001.
- Bouzerzour H., A. Benmahammed. Variation in early growth, canopy temperature, translocation and yield of four durum wheat (*Triticum durum* Desf.) genotypes under semi-arid conditions. *Dirassat Journal of Agricultural Sciences, Jordan Univ.* 5: 142-154.2009
- Bajjii, M., J.M. Kinet, S. Lutts. The use of the electrolyte leakage method for assessing cell membrane stability as a water stress tolerance test in durum wheat. *Plant Growth Reg.* :1-10. 2001.
- Clarke, J.M.I. Romagosa, S.Jana, J.P.Srivastava, and T.T.N. Mc Caig. Relationship of excised leaf water loss rate and yield of durum wheat in diverse environment. *Can. J. Plant Sci.* 69: 1075-1081.1989.
- Clarke, J.M., R.M. DePauw, and T.F. Townley-Smith. Evaluation of methods for quantification of drought tolerance in wheat. *Crop Sci.* 32: 723-728. 1992

- Datta, J.K., Mondal, T., Banerjee, A., and Mondal, N.K. Assessment of drought tolerance of selected wheat cultivars under laboratory condition. *J. Agri.Technol.* 7: 383-393. 2011.
- Deshmukh V.V., V.K. Mohod, M.K. Pande, and S.R. Golhar. Variability, heritability and genetic advance in upland cotton (*G. hirsutum* L.). *PKV Research Journal*, 23 : 21-23. 1999.
- Dwivedi AN, Pawar IS, and Madan S. Studies on variability parameters and characters association among yield and quality attributing traits in wheat. *Journal of Crop Research*, 32: 77-80.2004.
- Falconer, D.S. and Mackey, F.C. Introduction to quantitative genetics.4th ed., Longman, New York,pp: 464.1996
- Fellah A., H. Bouzerzour, A. Benmahammed, A. Djekoun. Sélection pour améliorer la tolérance aux stress abiotiques chez le blé dur (*T. durum* Desf.). *Actes de l'IAVHII*, 64: 35-42.2002
- Fellahi Z. Aptitude à la combinaison et héritabilité de quelques caractères agronomiques du blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Mémoire de Magistère, Université Saad Dahlab- Blida, 136 p. 2013
- Fokar, M., H.T. Nguyen, and A. Blum. Heat tolerance in spring wheat. I. Estimating cellular thermotolerance and its heritability. *Euphytica* 104:1–8.1998 a.
- Fotovat, R., M. Valizadeh and M. Toorchi. Association between water-use efficiency components and total chlorophyll content (SPAD) in wheat (*T. aest.* L.) under well-watered and drought stress conditions. *J .Food. Agri. Environ.*, 5: 225-227. 2007
- Ghobadi, M., Khosravi, S., Kahrizi, D., and Shirvani, F. Study of Water Relations, Chlorophyll and their Correlations with Grain Yield in Wheat (*Triticum aestivum* L.) Genotypes. *World Academy of Science, Engineering and Technology*. 78: 582-585.2011.
- Hussain, F., Rafiq, M.,Iqbal, Z.,Iqbal, J. and Chowdhry M. A. Estimates of heritability and genetic advance for grain yield and yield components in different segregating population of wheat. *J. Agric. Res*, 51: 17- 23.2013.
- Johnson, C.E. and Hernandez, T.P. Heritability studies of early and total yield in tomatoes. *Horti.sci.*, 15:280-285.1980.
- Khan, A.S., Saleem, I. and Ali, Z. Heritability of various morphological traits in wheat. *Int. J. Agric. Biol*, 5: 138-140.2003.
- Lambrides C.J., Chapman S.C., Shorter R. Genetic Variation for Carbon Isotope Discrimination in Sunflower: Association with Transpiration Efficiency and Evidence for Cytoplasmic Inheritance, *Crop Sci.* 44, 1642–1653.2004.
- Mandal, S.M., D. Chakraborty and K. Gupta. Seed Size variation: Influence on germination and subsequent seedling performance in *Hyptis suaveolens* (Lamiaceae). *Res. J. Seed Sci.*, 1: 26-33.2008

- Matin, M.A., Brown, J.H., and Ferguson, H. Leaf water potential, relative water content, and diffusive resistance as screening techniques for drought resistance in barley. *Agron. J.* 81: 100-105. 1989.
- Mohammadi M, Karimizadeh RA, Naghavi MR Selection of bread wheat genotypes against heat and drought tolerance based on chlorophyll content and stem reserves. *J Agric Soc Sci.* 5:119-122. 2009.
- Nageswara Rao, R.C., H.S. Talwar and G.C. Wright, Rapid assessment of specific leaf area and leaf nitrogen in peanut (*Arachis hypogaea* L.) using a chlorophyll meter. *J. Agron. Crop. Sci.*, 186: 175-182. 2001.
- Ommen OE, Donnelly A, Vanhoutvin S, Oijen M van, Manderscheid R. Chlorophyll content of spring wheat flag leaves grown under elevated CO₂ concentrations and other environmental stresses within the 'ESPACEwheat' project. *Eur J Agron.* 10:197-203.1999.
- Paknejad F, Nasri M, Moghadam HRT, Zahedi H, Alahrnadi MJ.Effects of drought stress on chlorophyll fluorescence parameters, chlorophyll content and grain yield of wheat cultivars. *J Biol Sci.* 7:841-847. 2007.
- Panwar, D. and I. Singh. Genetic variability and character association of some yield components in winter x spring nursery of wheat. *Adv. Plant Sci.* 8(1) :95-99 . 2000.
- Pask, A.J.D., J. Pietragalla, D.M.Mullan, M.P.Reynolds. *Physiological Breeding II: A Field Guide to Wheat Phenotyping.* Mexico, D.F.: CIMMYT.Eds. 2012.
- Peltonen, J., A. Virtanen and E. Haggren. Using a chlorophyll method to optimize nitrogen fertilizer application for intensively managed small-grain cereals. *J. Agron. Crop Sci.*, 174: 309-318.1995.
- Pramoda, H.P. and Gangaprasad, S. Biometrical basis of handling segregation population for improving productivity in onion (*Allium cepa* L.). *J. Asian Hort.*, 3: 278-280.2007.
- Saadalla, M.M., Shanahan, J.F., Quick, J.S. Heat tolerance in winter wheat. I. Hardening and genetic effects on membrane thermostability. *Crop Sci.* 30, 1243–1247.1990.
- Sanchez-Rodriguez, E., M. Rubio-Wilhelmi, L.M. Cervilla, B. Blasco, J.J. Rios, M.A. Rosales, L. Romero and J.M. Ruiz. Genotypic differences in some physiological parameters symptomatic for oxidative stress under moderate drought in tomato plants. *Plant Sci.*, 178: 30-40.2010.
- Sharma-Natu, P, K.V. Sumesh, V.D. Lohot, and M.C. Ghildiyal. High temperature effect on grain growth in wheat cultivars: An evaluation of responses. *Indian Journal of Plant Physiology* 11:239-245. 2006
- Shukla, R.S., Mishra, Y. And Rawat, G.S., 2006, Genetic analysis for screening of high temperature and moisture stress tolerance attributes in wheat (*Triticum aestivum*). *Crop Res*, 25: 63-67.2006.

Singh K.B. et al. Current status and further strategy in breeding chickpea for resistance to biotic and abiotic stresses. *Euphytica*, 73, 137-149. 1994.
Spagnoletti-Zeuli, T.L. and Qualset, P.O. Flag leaf variation and the analysis of diversity in durum wheat. *Plant Breeding*, 105: 189 - 202.1990.