

ANALYSE MULTIVARIÉE DES TRAITS ASSOCIÉS À LA VIGUEUR DES SEMENCES DE BLÉ DUR SOUS CONDITIONS SALINES

Azzedine Fercha*, Ayache Laabassi, Tarek Aissani, Chouki Sahraoui, Mahmoud
Ghaoui

Faculté des S.N.V, Université Abbes Laghrou, Khenchela, Algérie.

*Correspondant Auteur: ferchazzed@yahoo.fr

RÉSUMÉ

Azzedine Fercha, Ayache Laabassi, Tarek Aissani, Chouki Sahraoui, Mahmoud Ghaoui. 2018. Analyse multivariée des traits associés à la vigueur des semences de blé dur sous conditions salines. Journal Scientifique Libanais, 19(2): 123-134.

*La variabilité génétique de la tolérance à la salinité au stade germination/levée de huit génotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf.) a été évaluée à l'aide d'une analyse multivariée. L'ANOVA a indiqué des effets significatifs des facteurs « stress salin » et « génotype » sur tous les attributs de germination et d'établissement des semis. L'analyse en composantes principales a indiqué que les deux premières composantes représentent environ 64.5 % de la variation totale. La deuxième composante comprend la longueur des coléoptiles, la longueur des plantules et l'indice de vigueur des semences avec ~60 % de contribution. Cette composante représente la capacité d'émergence des plantules sous stress salin. L'analyse hiérarchique a permis de classer les huit variétés en deux groupes. Ces résultats suggèrent que la sélection pour des valeurs élevées des traits comme 'longueur des coléoptiles', 'longueur des plantules' et 'vigueur des semences' va améliorer la tolérance à la salinité chez le blé dur. Ceci indique que les croisements entre les génotypes des deux groupes peuvent augmenter la diversité génétique de cette espèce et permettre une sélection efficace dans la progéniture obtenue à partir de ces croisements.*

Mots clés: *Triticum durum*, stress salin, analyse en composantes principales, analyse hiérarchique.

ABSTRACT

Azzedine Fercha, Ayache Laabassi, Tarek Aissani, Chouki Sahraoui, Mahmoud Ghaoui. 2018. Multivariate analysis of traits associated with durum wheat seed vigor under saline conditions. Lebanese Science Journal, 19(2): 123-134.

*In this study, the ability of germination, seedlings emergence and salt stress tolerance in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) were evaluated by multivariate analysis using eight cultivars collected from different regions of Algeria. Two-way ANOVA indicated significant effects of "salt stress" and "genotype" on all the attributes of germination and seedlings growth. The principal component analysis indicated that the first and second components accounted for about 64.5 % of the variation among the traits analyzed. The second component included the coleoptiles length, seedlings length and vigor index, and accounted for nearly 60 % of the variation. This component represented the ability of wheat seedlings to grow under salt stress conditions. The hierarchical cluster analysis classified the eight genotypes into two groups. Results obtained suggested that selection for high values of the traits such as "coleoptiles length", 'seedlings length' and "seeds vigor" did improve salt tolerance of durum wheat. In addition, the cross between the genotypes classified in groups I and II may increase the genetic diversity in this species, and enable efficient selection among the progeny obtained from these crosses.*

Keywords: *Triticum durum*, salt stress, principal component analysis, cluster analysis.

INTRODUCTION

La salinité est l'un des principaux facteurs de l'environnement susceptibles de limiter la croissance et la production des plantes en raison de ses effets sur l'alimentation hydrique, l'absorption et l'assimilation des nutriments (Munns et Tester, 2008). En réponse à la salinité, les plantes mettent en œuvre de multiples mécanismes physiologiques, biochimiques et moléculaires qu'elles combinent pour pouvoir s'adapter (Muchate *et al.* 2016).

Les mesures de prévention et de réhabilitation des sols salins pour les rendre plus aptes à la production agricole sont habituellement coûteuses et généralement considérées comme des solutions temporaires (Golparvar, 2011). Alternativement, la sélection et la production de cultivars tolérants à la salinité est une approche faisable et économique pour l'utilisation des sols salins (Munns *et al.* 2006). Le succès de cette approche dépend manifestement de l'existence d'une variabilité génétique au sein d'une espèce donnée. En effet, la variabilité génétique de la tolérance à la salinité chez le blé dur a déjà été prouvée dans de nombreuses études (Fercha et Gherroucha, 2014; Tahir, 2010; Sayar *et al.* 2010).

Le blé est une denrée alimentaire essentielle pour l'humanité vu ses caractéristiques qualitatives uniques et le fait que de grandes quantités de graines peuvent être élaborées, récoltées, stockées et transportées de manière efficace (O'Brien et DePauw, 2004). L'établissement adéquat des semis est nécessaire pour obtenir un rendement en grains élevé (Paulsen, 1987). Les cultivars qui se caractérisent par une émergence rapide sont précieux car les précipitations qui suivent le semis peuvent entraîner la formation d'une croûte de terre superficielle, dure, compacte qui empêche l'émergence de la première feuille ou de la coléoptile (Tahir, 2010). En outre, l'émergence précoce et la croissance rapide permettent aux plantules de profiter pleinement de l'humidité du sol conduisant ainsi à une meilleure mise en place des plantules et, par conséquent, une meilleure récolte dans les céréales (Mahdi *et al.*, 1998).

Bien que la principale variation de la longueur de la coléoptile soit génétique, l'interaction génotype \times environnement affecte significativement ce trait (Hakizimana *et al.* 2000). Par conséquent, l'identification des traits associés à une meilleure vigueur des semences/plantules en conditions salines serait d'une grande importance.

Dans la présente étude, nous avons évalué à l'aide d'une analyse multivariée la variation génétique pour les attributs germination/émergence sous conditions de stress salin par la sélection de huit variétés de blé dur adaptées aux conditions semi-arides de l'Algérie.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Matériel végétal et traitements

Huit variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) locales et introduites certifiées (Tableau 1) ont été utilisées dans la présente étude. Les graines ont été stérilisées en surface par trempage dans une solution d'hypochlorite de sodium (5 %) pendant 10 minutes. Cette étape a été suivie par un rinçage (trois fois) dans l'eau pure pour éliminer l'eau de Javel. Les graines ainsi stérilisées ont été mises à germer sur deux couches de papier filtre préalablement humidifiées avec l'eau ou une solution saline (NaCl 50, 100 et 200 mmol/L) et placées dans des boîtes en plastique stérilisées à raison de 60 graines par boîte.

Tableau 1. Caractéristiques des huit variétés de blé dur utilisées dans cette étude.

Variété	Origine	Observation
CIRTA	ITGC	Semiprécoce, moyennement productive
VITRON	Espagne	Précoce de type hiver, productive
SIMETO	Italie	Semiprécoce, productive.
BIDI 17	Locale (1930)	Semiprécoce, moyennement productive

M ^{ED} BEN BACHIR (MBB)	Locale (1931)	Précoce de type hiver, productive
WAHA	ICARDA (Syrie)	Précoce de type printemps, productive
HEDBA 3 (HED)	Locale (1930)	Tardive, moyennement productive, tolérante à la sécheresse.
BOUSSELLAM (BOU)	ITGC	Semitardive, moyennement productive, bien adaptée à la sécheresse

Mesures effectuées

Test de germination- Le comptage des graines germées a été effectué chaque jour pendant sept jours (germination de toutes les graines dans les boîtes témoins). Le pourcentage final de germination (PFG) a été calculé selon l'équation suivante : $PFG = n \times 100/N$; où n est le nombre de graines germées et N le nombre total des graines testées. Le temps moyen de germination (TMG) a été calculé selon Ellis et Roberts (1981): $TMG = (\sum ni \times ti)/N$; où ni est le nombre de graines germées au temps ti (i allant de 1 à 7) et N le nombre de graines germées à la fin de l'essai.

Croissance des embryons/plantules- A la fin de l'expérience (soit sept jours après le semis) les mesures suivantes ont été prises.

Biomasse et indice de tolérance à la salinité- Les poids frais (PF) et secs (PS) des embryons/plantules, ont été déterminés à l'aide d'une balance analytique et une étuve. Les résultats obtenus ont été utilisés pour calculer l'indice de tolérance à la salinité (ITS) selon Cano *et al.* (1998): $ITS = (PF \text{ avec stress}/PF \text{ sans stress}) \times 100$.

Croissance en longueur et indice de vigueur- La longueur des racines (LR) et des coléoptiles (LC), ont été déterminés à l'aide d'un pied à coulisse digital (Digital caliper, 0-150 mm). Les données obtenues ont été utilisées pour calculer l'indice de vigueur (IV) selon Abdul-Baki et Anderson (1973): $IV = PFG \times LP$, où LP est longueur de la plantule (en cm).

Teneur en eau (TE)- Les embryons/plantules coupés à la base pour séparer les restes de graines, ont été immédiatement pesés pour déterminer leur poids frais (PF). Les poids secs (PS) ont été déterminés après passage des embryons/plantules dans une étuve à 80 °C jusqu'à la stabilité des poids (72 h). La TE a été calculée selon l'équation suivante: $TE = PF - PS$.

Analyses statistiques des résultats

Le dispositif expérimental utilisé était un dispositif complet randomisé avec n=3 répétitions. Les résultats ont été soumis à une analyse de variance à deux facteurs à l'aide du logiciel Statgraphics Centurion 16. Pour analyser le PFG, les données ont été converties en $\text{Arctan} \sqrt{X/100}$. Les comparaisons entre traitements ont été effectuées à

l'aide de tests d'homogénéité (LSD au seuil de 5 %). Pour mieux comprendre nos résultats, nous avons effectué une analyse en composantes principales (ACP) suivie d'une analyse de classification hiérarchique (Cluster analysis) à l'aide du logiciel STATISTICA version 8.0.

RESULTATS

Analyse de la variance des résultats obtenus

L'analyse de la variance pour l'évaluation de l'effet exercé par les deux facteurs « stress salin » et « génotype » sur les différents paramètres de germination/croissance et de vigueur des semences de blé dur sont groupés dans le Tableau 2. Les résultats ont indiqué qu'en dépit de la concentration du NaCl appliquée, le stress salin a exercé un effet hautement significatif ($P \leq 1\%$) sur tous les paramètres étudiés. Ils ont également indiqué que les génotypes de blé dur ne réagissent pas de la même façon au stress salin. D'autre part, et à l'exception du PFG et TMG, l'ANOVA a révélé des interactions significatives entre les facteurs « génotype » et « stress salin » sur toutes les variables analysées (Tableau 2).

Tableau 2. Analyse de la variance des paramètres étudiés.

	PFG	TMG	TE	NR	PF	PS	LC	LR	LP	R/C	IV	ITS
0 mM NaCl	†90.00 ±10.0	2.51 ±0.33	119.8 ±25.1	5.58 ±0.65	134.2 ±26.4	14.38 ±2.2	4.92 ±0.66	6.92 ±1.17	11.84 ±1.43	1.43 ±0.32	10.68 ±1.81	100 ±0.0
50 mM NaCl	84.44 ±14.8	2.57 ±0.58	82.85 ±14.8	5.42 ±0.78	93.2 ±15.2	10.35 ±1.74	3.47 ±1.27	6.31 ±1.37	9.78 ±2.28	2.06 ±0.32	12.03 ±3.20	71.46 ±15.1
100 mM NaCl	85.83 ±14.5	2.84 ±0.47	52.42 ±23.9	5.13 ±0.85	59.69 ±24.1	7.27 ±1.37	1.76 ±0.75	3.92 ±1.26	5.68 ±1.84	2.48 ±0.85	7.21 ±2.92	44.34 ±15.3
200 mM NaCl	74.44 ±16.64	3.83 ±0.40	30.4 ±12.1	4.46 ±0.88	36.3 ±14.13	5.9 ±2.43	0.70 ±0.28	2.23 ±0.72	2.93 ±0.88	3.46 ±1.32	3.09 ±0.87	27.53 ±9.87
F/(S)	16.86 ***	54.8 ***	388.6 ***	12.88 ***	385,4 ***	186.6 ***	364.3 ***	189 ***	382.9 ***	37.7 ***	235 ***	44.9 ***
F/(G)	43.02 ***	3.14 **	27.43 ***	3 **	24.31 **	6.19 ***	12.25 ***	9.62 ***	10.67 ***	7.01 ***	11.07 ***	2.83 **
F/(S × G)	0.89 ns	1.39 ns	6.22 ***	2 *	5.42 ***	4.31 ***	5.83 ***	3.54 ***	5.78 ***	3.09 **	4.04 ***	6.68 ***
LSD 5% (S)	5.56	0.26	22.02	0.46	23.39	1.37	1.06	0.61	2.06	0.41	3.64	7.4
LSD 5% (G)	11.11	0.375	8.75	0.58	9.125	1.18	0.63	0.69	0.99	0.64	1.71	10.8

† Chaque valeur correspond à la moyenne des huit variétés ± écart type; G : génotype; S : stress salin; ns différence non significative; * différence significative au seuil de 5%;

différence significative au seuil de 1%; *différence significative au seuil de 0.1% voir moins; PFG: pourcentage final de germination (%); TMG: temps moyen de germination (jour); TE: teneur en eau (mg); NR: nombre des radicules; PF: poids frais (mg); PS; poids sec (mg); LC; longueur des coléoptiles (cm); LR: longueur des radicules (cm); R/C: rapport radicule/coléoptile; IV: indice de vigueur (*100%); ITS: indice de tolérance à la salinité (%).

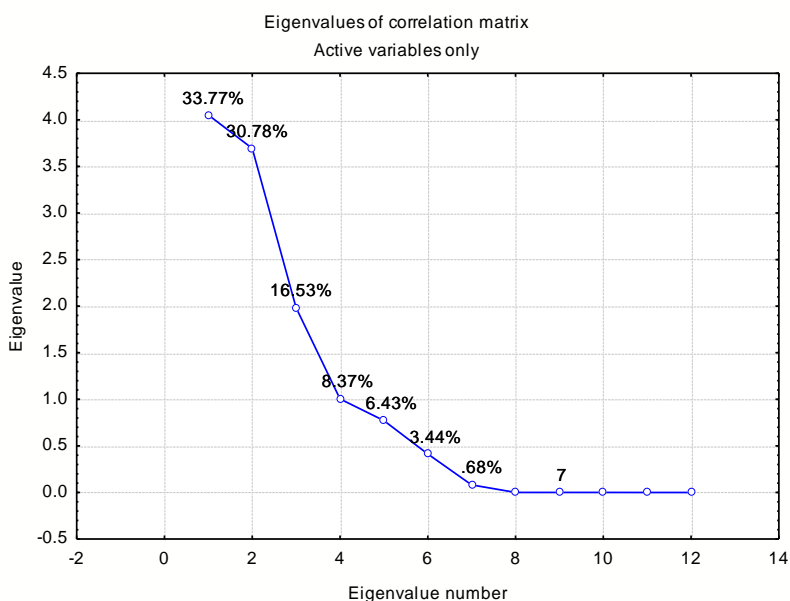


Figure 1. Illustration de l’accumulation de variance.

Tableau 3. Contribution des variables basée sur la corrélation.

	Facteur 1	Facteur 2
PFG	<u>0.149146</u>	0.067209
TMG	0.052327	<u>0.109854</u>
PF	<u>0.164387</u>	0.025371
PS	<u>0.180459</u>	0.000110
TRE	<u>0.153683</u>	0.027490
NR	0.003080	0.081817
LC	0.063106	<u>0.130815</u>
LR	0.089246	0.038822
LP	<u>0.120335</u>	<u>0.108044</u>
R/C	0.018071	0.084877
IV	0.000194	<u>0.226298</u>
ITS	0.005966	0.099293

Analyse en composantes principales

L'ACP a révélé que les deux composantes principales de variabilité associée à la germination/croissance (CP1) et la vigueur/tolérance à la salinité (CP2) expliquent respectivement 33.77% et 30.78% de la variation génétique existante entre les cultivars testés par rapport aux traits étudiés (Figure 1, Tableau 3). La CP1 comprend PFG, PF et PS des plantules (avec respectivement 14.91%, 16.44% et 18.04% de contribution). Tandis que la CP2 comprend l'IV (22.63%), LC (13.08%), LP (10.80%) et l'ITS (9.93%) (Figure 2, Tableau 3). Par conséquent, cette composante correspond à la performance de croissance ou à la vigueur/tolérance.

La représentation graphique en Biplot (Figure 3) a classé les huit variétés en deux groupes principaux qui reflètent une diversité génétique non négligeable pour la tolérance à la salinité et les traits de germination/croissance.

Selon la figure 3 et comme l'illustre le Tableau 4, nous pouvons constater que les variétés HEDBA 3 et BOUSSELLAM se caractérisent à la fois par un potentiel de germination/croissance important et une tolérance à la salinité assez importante. Au contraire, les cultivars BIDI17, SIMETO et VITRON se caractérisent par une résistance à la salinité assez importante ; cependant leurs capacités de germination/croissance restent les plus faibles en situation de stress comparativement aux autres variétés.

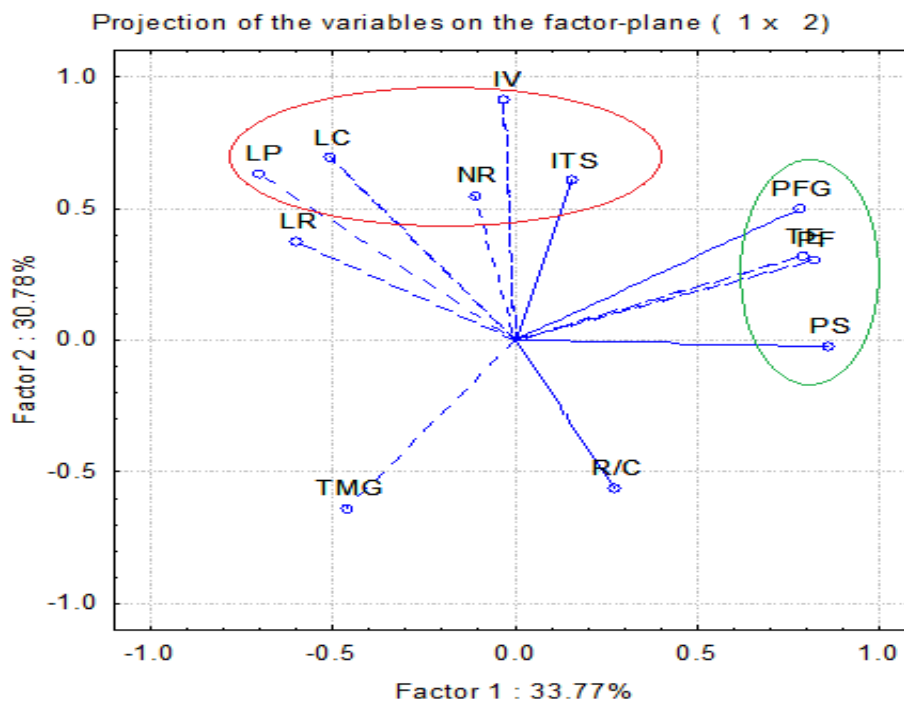


Figure 2. Comparaison multifactorielle des paramètres analysés à l'aide d'ACP (n=288). Pour les abréviations voir Tableau 2.

Tableau 4. Contribution des variétés basée sur la corrélation.

	Facteur 1	Facteur 2
CIRTA	<u>9.08655</u>	<u>23.63893</u>
VITRON	<u>9.04146</u>	2.09236
SIMETO	<u>10.42117</u>	5.50032
BIDI17	<u>22.31623</u>	7.60983
MBB	3.58279	<u>19.88419</u>
WAHA	0.11607	<u>17.17415</u>
HED	<u>18.79805</u>	<u>14.19201</u>
BOU	<u>26.63767</u>	<u>9.90820</u>

Analyse hiérarchique

L'analyse hiérarchique élaborée selon la méthode UPGMA (unweighted pair-group method analysis) (Figure 4) a classé les huit variétés en deux clusters de manière similaire à celle établie par ACP (Figure 3). Le cluster 1 comprend les cultivars CIRTA, WAHA, MBB, HED et BOU, tandis que le cluster 2 comprend les cultivars SIMETO, BIDI17 et VITRON. Par voie de comparaison, les génotypes BIDI17/VITRON et BOU/HED ont la distance génétique la plus élevée (Figure 4).

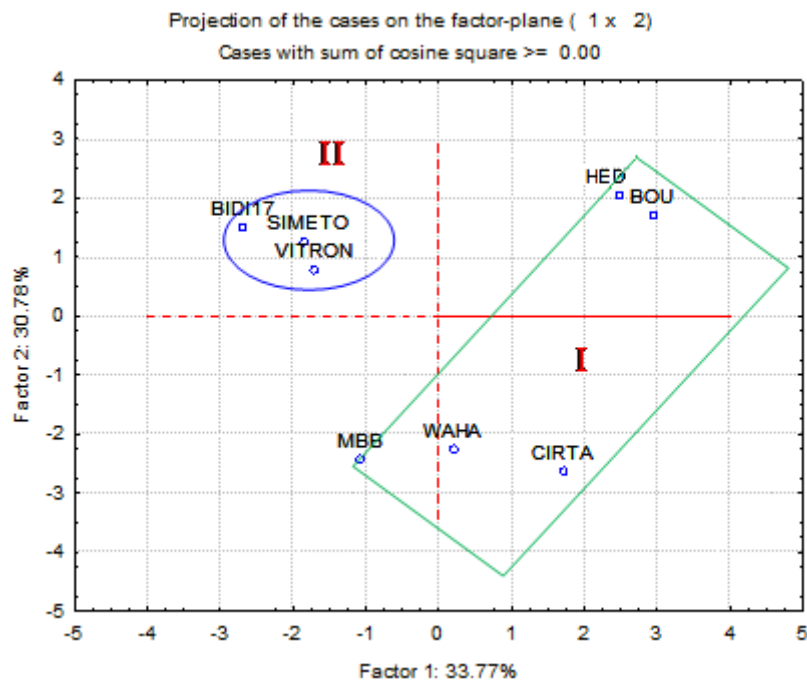


Figure 3. Représentation en Biplot des huit variétés étudiées.

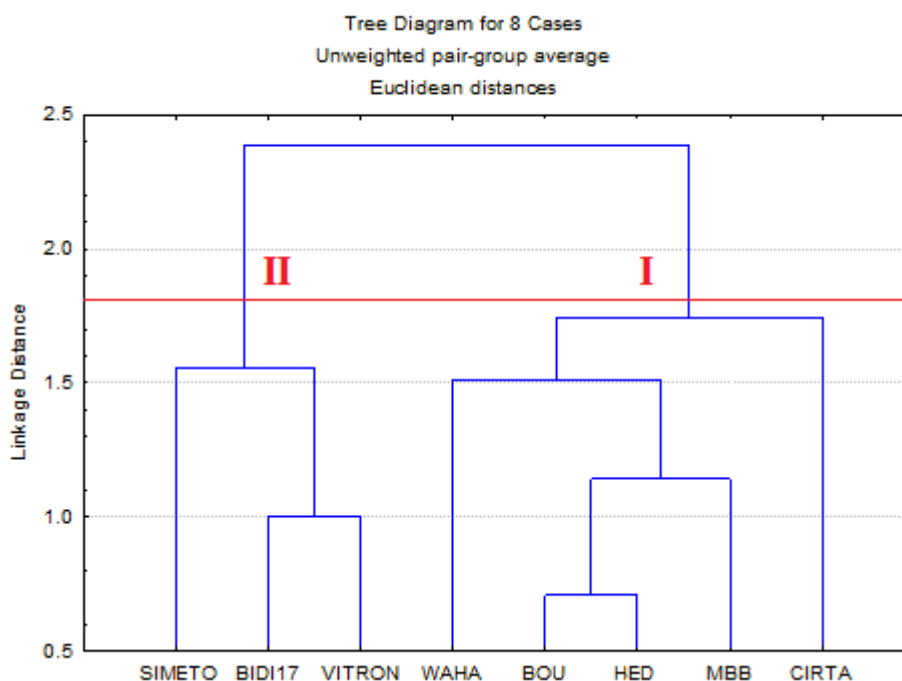


Figure 4. Dendrogramme de l'analyse de classification hiérarchique pour l'ensemble des variables étudiées (n=288).

DISCUSSION

Peu d'études se sont intéressées à l'impact de la salinité sur la germination et l'établissement des semis de blé dur Algérien. Ainsi, l'objectif de cette étude est d'évaluer la variabilité génétique dans la réponse au stress salin (0, 50, 100 et 200 mM NaCl) de huit variétés de blé dur largement cultivées en Algérie.

Le blé dur est de loin la céréale la plus cultivée dans le bassin méditerranéen où environ 75% de la production mondiale est couverte (Habash *et al.*, 2009). Néanmoins, cette production reste tributaire de la mauvaise germination des graines et du faible établissement des semis à cause de la sécheresse et de la salinité des sols qui caractérisent la majeure partie de cette région (Sayar *et al.*, 2010). Nos résultats sont en accord avec cette constatation, car en dépit de la concentration du NaCl appliquée le stress salin a réduit significativement la capacité de germination et d'établissement des semis pour toutes les variétés testées.

La sélection de génotypes de blé capables de se développer et de produire de manière satisfaisante dans les conditions de sécheresse et de salinité s'impose de plus en plus (Zhu *et al.*, 2016). Ceci est d'une importance évidente pour le blé tétraploïde, dépourvu du génome D, car il est le moins tolérant au stress salin de tous les blés connus (Munns *et al.*, 2012 ; Zhu *et al.*, 2016). En dépit du nombre de génotypes testés, nos résultats confirment l'existence d'une variabilité génétique non négligeable pour les

caractères 'capacité de germination' et 'établissement des semis' chez le blé dur en réponse au stress salin.

L'identification des attributs associés à un établissement des semis vigoureux et rapide, en conditions de stress salin s'avère d'une importance capitale (Saboora *et al.*, 2006; Sarabi *et al.*, 2016). C'est ainsi qu'au cours des deux dernières décennies, de nombreuses études ont focalisé leur attention sur la variabilité génétique de la réponse au stress salin chez le blé dur (Fercha et Gherroucha, 2014; Munns *et al.*, 2012; Rashid *et al.*, 1999; Sayar *et al.*, 2010).

Dans la présente étude, l'analyse de la variance a révélé une interaction significative entre les facteurs « génotype » et « stress salin » sur l'ensemble des attributs d'établissement des semis, ce qui suggère l'existence d'une variabilité génétique importante pour la plupart des paramètres analysés. Nos résultats sont en accord avec ceux rapportés par Fercha et Gherroucha (2014) pour le blé dur, Saboora *et al.* (2006) pour le blé tendre et Sarabi *et al.* (2016) pour le melon.

Bien que l'application d'un test de classement (LSD 5%) permet de classer les huit variétés en différents groupes pour chacun des paramètres mesurés, il s'avère cependant difficile, voire impossible, de déceler dans ces résultats lequel des paramètres étudiés a contribué le plus à cette différence de comportement.

L'ACP a regroupé la plupart des variables analysées dans deux composantes principales représentant 64.5% de la variabilité totale observée. Parmi ces variables, la longueur des coléoptiles, la longueur des plantules et l'indice de vigueur appartiennent à la PC2 qui correspond à la performance de croissance/tolérance avec 60% de contribution. Ces résultats sont généralement en accord avec ceux d'études antérieures, soulignant l'existence de différences dans la capacité de germination et d'émergence des semis entre les génotypes de blé dur testés en réponse au stress salin (Fercha et Gherroucha, 2014; Munns *et al.*, 2006; Saboora *et al.*, 2006; Zhu *et al.*, 2016).

La classification hiérarchique a révélé que les génotypes BIDI17/VITRON et BOU/HED ont la distance génétique la plus élevée, ce qui permet de suggérer que les croisements entre les génotypes de ces deux groupes peuvent avoir une valeur génétique importante pour améliorer la vigueur et la tolérance à la salinité chez le blé dur.

Le but de cette étude est d'évaluer la variabilité génétique de la tolérance à la salinité chez huit variétés de blé dur. Le stress salin affecte significativement la capacité de germination et la croissance des plantules de blé dur. Néanmoins, son effet varie quantitativement d'un génotype à l'autre. L'analyse multivariée des résultats suggèrent cependant l'existence d'une variabilité génétique pour certains des paramètres étudiés. Ainsi, la sélection pour des valeurs plus élevées des traits comme la 'longueur des coléoptiles', la 'longueur des plantules' et la 'vigueur des semences', va sans aucun doute augmenter la tolérance à la salinité chez le blé dur. Les croisements entre les

variétés classées dans l'un et l'autre groupe notamment BIDI17/VITRON d'une part et BOUSSELLAM/HEDBA 3 d'autre part doivent conduire à l'élargissement de la variabilité génétique, la ségrégation transgressive et la possibilité d'effectuer une sélection efficace dans leur progéniture. Par ailleurs, l'application d'analyses similaires à une large collection de blé dur est envisagée dans nos futurs travaux.

REFERENCES

- Abdul-Baki, A.A. and Anderson, J.D. 1973. Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. *Crop science*, 13(6): 630-633.
- Cano, E.A., Pérez-Alfocea, F., Moreno, V., Caro, M. and Bolarín, M.C. 1998. Evaluation of salt tolerance in cultivated and wild tomato species through in vitro shoot apex culture. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 53(1): 19-26.
- Ellis, R.H. and Roberts, E.H. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Science Technology*, 9: 373-409.
- Fercha, A. and Gherroucha, H. 2014. The role of osmoprotectants and antioxidant enzymes in the differential response of durum wheat genotypes to salinity. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 87: 74-79.
- Golparvar, A.R. 2011. Multivariate analysis of germination ability and tolerance to salinity in *Agropyron desertorum* genotypes in greenhouse conditions. *African Journal of Biotechnology*, 10(73): 16577-16580.
- Habash, D.Z., Kehel, Z. and Nachit, M. 2009. Genomic approaches for designing durum wheat ready for climate change with a focus on drought. *Journal of Experimental Botany*, 60(10): 2805-2815.
- Hakizimana, F., Haley, S.D. and Turnipseed, E.B. 2000. Repeatability and genotype×environment interaction of coleoptile length measurements in winter wheat. *Crop Science*, 40(5): 1233-1237.
- Mahdi, L., Bell, C.J. and Ryan, J. 1998. Establishment and yield of wheat (*Triticum turgidum* L.) after early sowing at various depths in a semi-arid Mediterranean environment. *Field Crops Research*, 58(3): 187-196.
- Muchate, N.S., Nikalje, G.C., Rajurkar, N.S., Suprasanna, P. and Nikam, T.D. 2016. Plant salt stress: adaptive responses, tolerance mechanism and bioengineering for salt tolerance. *The Botanical Review*, 82(4): 371-406.
- Munns, R., James, R.A. and Läuchli, A. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany*, 57(5): 1025-1043.
- Munns, R. and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59: 651-681.
- Munns, R., James, R.A., Xu, B., Athman, A., Conn, S.J., Jordans, C., Byrt, C.S, Hare, R.A, Tyerman, S.D, Tester, M. Plett, D. and Gilliam, M. 2012. Wheat grain yield on saline soils is improved by an ancestral Na⁺ transporter gene. *Natural Biotechnology*, 30(4): 360-364.
- O'Brien, L. and DePauw, R. 2004. WHEAT/Breeding. *Encyclopedia of Grain Science*, 3: 330-336.

- Paulsen, G.M. 1987. Wheat Stand Establishment. *In: Wheat and wheat improvement*, E.G. Heyne, (eds.). ASA, CSSA and SSSA, Madison. p 384-389.
- Rashid, A., Qureshi, R.H., Hollington, P.A., and Wyn Jones, R.G. 1999. Comparative responses of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars to salinity at the seedling stage. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 182(3): 199-208.
- Saboora, A., Kiarostami, K., Behroozbayati, F. and Hajjhashemi, S. 2006. Salinity (NaCl) tolerance of wheat genotypes at germination and early seedling growth. *Pakistan Journal of Biological Science*, 9(11): 2009-2021.
- Sarabi, B., Bolandnazar, S., Ghaderi, N. and Tabatabaei, S.J. 2016. Multivariate Analysis as a Tool for Studying the Effects of Salinity in Different Melon Landraces at Germination Stage. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 44(1): 264-271.
- Sayar, R., Bchini, H., Mosbahi, M. and Khemira, H. 2010. Response of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) growth to salt and drought stresses. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, 46(2): 54-63.
- Tahir, N.A.R. 2010. Germination characteristics and molecular characterizations of some wheat varieties in Sulaimanyah by SSR marker. *Turkish Journal of Biology*, 34(2): 109-117.
- Zhu, M., Shabala, S., Shabala, L., Fan, Y., and Zhou, M.X. 2016. Evaluating predictive values of various physiological indices for salinity stress tolerance in wheat. *Journal of agronomy and crop science*, 202(2): 115-124.