



Revue semestrielle – Université Ferhat Abbas Sétif 1

REVUE AGRICULTURE



Variabilité phénotypique et sélection pour la performance et l'adaptation du blé tendre (*Triticum aestivum* L.) aux conditions des zones semi-arides

Rabti Aboubakr¹, Fellahi Zine El Abidine^{1,2,*}, Hannachi Abderrahmane^{1,3}, Bouzerzour Hamenna⁴, Benmahammed Amar⁴

¹Département d'Agronomie, Fac. Sci. Nat. Vie, UFA Sétif 1, Algérie.

²Département d'Agronomie, Fac. Sci. Nat. Vie Sci. Terre Univers, UMBI Bordj Bou Arréridj, Algérie.

³Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie (INRAA), Unité de Sétif, Algérie.

⁴Département de Biologie et d'Ecologie Végétale, Fac. Sci. Nat. Vie, Laboratoire VRBN, UFA Sétif 1, Algérie.

*Auteur correspondant: zinou.agro@gmail.com

ARTICLE INFO

Reçu : 18/05/2016

Accepté : 15/07/2106

Mots Clés :

Triticum aestivum L., F₂, rendement, tolérance, ACP, sélection

Key words:

Triticum aestivum L., F₂, yield, tolerance, PCA, selection.

RÉSUMÉ

Cette recherche a été conduite sur le site expérimental de l'unité de Recherche de l'INRAA de Sétif, au cours de la campagne 2012/2013. Elle porte sur le suivi et l'analyse de la variabilité présente chez des populations F₂ générées par un croisement lignées x testeurs. Les résultats indiquent la présence de la variabilité intra et inter populations F₂ pour les variables mesurées, qui représentent la phénologie, la tolérance des stress abiotiques notamment le déficit hydrique et les hautes températures et le rendement en grain. L'analyse en composantes principales répartie les différentes populations F₂ en 10 groupes qui diffèrent pour plusieurs caractères, suggérant différentes stratégies de sélection pour améliorer plus d'un caractère à la fois. Ainsi des populations qui portent des gènes favorables à l'expression du rendement en grain, et qui sont résilientes et aptes à éviter les stress abiotiques de fin de cycle ont été identifiées. Les résultats montrent qu'aucune population n'est désirable pour l'ensemble des caractères mesurés.

Abstract

The present research was conducted at the experimental field of the Algerian National Agronomic Research Institute (INRAA), Unit of Setif during the 2012/2013 cropping season. It focused on screening and analyzing the variability within F₂ populations generated by line x tester mating design. The results indicated the presence of sufficient variability within and between F₂ populations for the measured variables: the phenology, tolerance of abiotic stresses including water deficit and high temperatures and the grain yield. The principal component analysis divided the different F₂ populations into 10 groups which differed for more than one character, suggesting that different selection strategies are available to improve more than one character at the same time. Thus populations that had favorable genes for grain yield and resilient against abiotic stress have been identified. The results showed that no population was desirable for all the characters measured.

1. Introduction

En Algérie, les céréales constituent l'essentielle de la ration alimentaire quotidienne de la population et occupent une superficie de 2.7 millions d'hectares (Benbelkacem, 2013). Les milieux de production s'étalent du littoral au semi-aride et parfois empiètent sur l'étage bioclimatique aride (Annichiarico *et al.*, 2006 ; Nouar *et al.*, 2012). La sélection des céréales dans ces régions a pour objectif l'identification de nouvelles lignées qui portent un ensemble de caractéristiques désirables leur permettant d'être adoptées comme variétés agricoles, sans de grands risques pour les producteurs. Elles doivent produire plus pour réduire les coûts de production au niveau de l'exploitation et surtout doivent se distinguer par une meilleure régularité des rendements et une nette amélioration de la qualité du produit récolté (Lecomte, 2005). La diminution des coûts de production, en zones sèches, passe par l'adoption de variétés relativement plus plastiques et plus adaptées qui valorisent des itinéraires techniques moins intensifs et tolèrent un climat de nature variable (Benmahammed *et al.*, 2010). La sélection du rendement en grain n'est efficace que si les conditions de milieu qui ont permis la réalisation d'un rendement en grain donné, se répètent de façon régulière (Lopes *et al.*, 2012). En milieux relativement plus stables, les progrès de la sélection directe sont, donc plus évidents, qu'ils ne le sont en milieux variables où les interactions génotype x environnement amenuisent le gain génétique réalisé (Bouzerzour *et al.*, 1996 ; Cattivelli *et al.*, 2002 ; Bendjama *et al.*, 2014 ; Safi *et al.*, 2015). L'inefficacité de la sélection directe est expliquée par la présence des interactions génotype x environnement qui réduisent la variance génotypique et le coefficient de détermination de l'héritabilité (Annichiarico *et al.*, 2006 ; Kamoshita *et al.*, 2008). Dans les milieux caractérisés par des contraintes abiotiques sévères, l'évolution des rendements s'est faite en dents de scie, et la production se caractérise par une variation spatiotemporelle très importante (Ceccarelli *et al.*, 2010 ; Kadi *et al.*, 2010 ; Nouar *et al.*, 2012). La variabilité pédoclimatique des milieux de production suggère donc que la sélection doit cibler aussi bien la performance de rendement que la tolérance des stress abiotiques pour identifier des génotypes résilients et plus réguliers du point de vue production (Hannachi *et al.*, 2013 ; Oulmi *et al.*, 2014 ; Fellahi *et al.*, 2016 ; Salmi *et al.*, 2016). Le rendement est déterminée par ses composantes telles que le poids de 1000 grains, le nombre de grains par épi, la biomasse ; alors que la tolérance l'est par les caractéristiques phéno-morpho-physiologiques telles que la précocité à l'épiaison, la hauteur de la végétation, le contenu des feuilles en chlorophylle, la stabilité membranaire et la teneur relative en eau (Garcia del Moral *et al.*, 2005 ; Richards, 2006 ; Lopes *et al.*, 2012). Pour que la sélection, pour de tels caractères, soit efficace, il est nécessaire d'évaluer la variabilité présente dans les populations en ségrégations et identifier les meilleurs lignées qui semblent apporter un gain génétique appréciable (Fellahi *et al.*, 2015). L'objectif de la présente recherche est d'évaluer la variabilité phénotypique chez des populations F₂ de blé tendre (*Triticum aestivum* L.), issues d'un croisement lignées x testeurs, et d'identifier les meilleurs populations sur la base des caractères liés à la performance de rendement et à la tolérance aux stress abiotiques notamment le déficit hydrique et les hautes températures.

2. Matériel et méthodes

La présente étude a été menée à l'Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie (INRAA), unité de Sétif (36° 15' N et 5° 87' E, 981m), au cours de la campagne agricole 2012/2013. Le matériel végétal est constitué de la génération F₂ de 20 croisements et des 9 parents croisés. Ce matériel provient d'un dispositif de croisements lignées x testeurs réalisé en 2009/2010 par Fellahi (2013). Les lignées Acsad₉₀₁, Acsad₈₉₉, Acsad₁₁₃₅ et Acsad₁₀₆₉ sont des génotypes provenant du programme de sélection du centre arabe pour l'étude des zones arides et des terres sèches (ACSAD). Ain Abid et les testeurs, Mahon Démias, Rmada, HD₁₂₂₀, et El Wifak, sont des sélections de l'Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC). L'essai est mis en place sur une parcelle dont les techniques culturales adoptées sont celles préconisées pour la bonne conduite de la céréale. Le matériel végétal est conduit dans un dispositif en blocs complètement randomisés avec trois répétitions. La parcelle élémentaire a 2 rangs espacés de 20 cm et long de 10 m, soit une surface parcellaire de 4 m². Les mesures et notations ont portés sur la précocité à l'épiaison (PREC, jours), le contenu en chlorophylle (CCI), la teneur relative en eau (TRE, %), l'intégrité de la membrane cellulaire (CMI, %), la surface de la feuille étendard (SF, cm²), la hauteur de la végétation (PHT, cm), le nombre (NE) et le poids des épis (PNE, g), le nombre de grains par épi (NGE), le poids de 1000 grains (PMG, g), la biomasse aérienne (BIO, g) et le rendement en grain par plante (RDT, g). Les variables mesurées sur des plantes individuelles, par croisement, sont traitées par l'analyse des statistiques descriptives pour obtenir les moyennes, les valeurs minimales, les valeurs maximales et l'amplitude des parents et des populations F₂. Les données des F₂ des différents croisements sont soumises à une analyse de la variance, prenant la plante comme répétition (moyenne de 10 plantes par répétition). Cette analyse permet de tester l'effet croisement. Les analyses statistiques des données sont faites par le logiciel CropStat 7.2.3 (2007).

3. Résultats et discussion

3.1. Analyse de la variabilité phénotypique

L'analyse de la variance indique des effets génotype, parent, population F_2 et contraste 'Parents vs F_2 ' significatifs pour la majorité des caractères mesurés et soumis à l'analyse (Tableau 1). Ces résultats indiquent l'existence de la variabilité pour ces caractères aussi bien chez les parents croisés que chez la descendance représentée par les populations F_2 produites. Cependant la moyenne de l'ensemble des populations F_2 n'est pas significativement différente de la moyenne de l'ensemble des parents croisés pour le contenu en chlorophylle, la teneur relative en eau, l'intégrité cellulaire, la surface de la feuille étendard et le nombre de grains par épi pour lesquels le contraste 'Parents vs F_2 ' n'est pas significatif (Tableau 1).

Tableau 1. Carrés moyens des écarts de l'analyse de la variance des caractères mesurés chez les populations F_2 de blé tendre.

Source	Ddl	CHL	TRE	CMI	PREC	SF	PHT	NE	PNE	NGE	PMG	BIO	RDT
Rep	2	11.79	5.99	6.1	19.25	3.24	210.1	2.38	11.65	19.79	3.05	8.3	0.27
Gen	28	39.8*	38.5*	14.7*	21.94*	13.9*	316.4*	4.14*	33.59*	204.36*	19.08*	49.5*	12.57*
Par	8	68.2*	17.3*	24.3*	30.39*	18.6*	537.7*	5.17*	56.37*	339.25*	30.24*	48.7*	16.08*
F_2	19	29.7*	49.4*	11.3*	17.82*	12.6*	227.7*	3.64*	24.04*	146.00*	15.03*	42.6*	10.81*
P vs F_2	1	3.5 ^{ns}	1.97 ^{ns}	4.0 ^{ns}	30.00*	0.14 ^{ns}	231.3*	5.25*	24.46*	222.66 ^{ns}	6.78*	186.8*	17.90*
Erreur	56	9.13	3.5	6.0	3.30	3.7	12.5	0.43	3.31	6.94	5.19	3.94	0.69

CHL = Teneur en chlorophylle (unité arbitraire CCI), TRE = Teneur relative foliaire (%), CMI = Intégrité de la membrane cellulaire (%), PREC = Précocité à l'épiaison (jours), SF = Surface de la feuille étendard (cm²), PHT = Hauteur de la plante (cm), NE = Nombre d'épis par plante, PNE = Poids des épis par plante (g), NGE = Nombre de grains par épi, PMG = Poids de 1000 grains (g), BIO = Biomasse aérienne par plante (g), RDT = Rendement en grain par plante (g).

La durée de la phase végétative est intéressante, du point de vue sélection, pour adapter le cycle de la variété au milieu de production, qui se caractérise, le plus souvent, par des stress abiotiques, en début et en fin de cycle (Benmahammed *et al.*, 2010). Des différences sont observées aussi bien entre les géniteurs croisés qu'entre les populations F_2 produites, comme l'indique les effets parents et croisements qui sont significatifs (Tableau 1). Chez les parents, la durée de la phase végétative varie de 132.0 jours, moyenne de la variété El Wifak, à 142.0 jours, valeur observée chez Mahon Démiás, avec une moyenne de l'ensemble des parents de 136.3 jours. Chez les populations F_2 , la durée moyenne de cette phase est de 135.0 jours.

La population qui est la plus précoce est Acsad₈₉₉/El Wifak, avec une moyenne de 130.0 jours et celle qui est la plus tardive est Acsad₈₉₉/HD₁₂₂₀, avec une moyenne de 139.33 jours. Chez ces deux populations qui sont issues de croisements dont un parent est constant, en l'occurrence Acsad₈₉₉, présentent l'effet génique du parent variable, suggérant que la dominance agit dans le sens de la réduction de la durée à l'épiaison chez la population Acsad₈₉₉/El Wifak et dans le sens de la tardiveté chez la population Acsad₈₉₉/HD₁₂₂₀.

La comparaison de la moyenne générale de l'ensemble des populations F_2 à celle de l'ensemble des parents indique une réduction de la durée de la phase végétative chez les populations F_2 produites de 1.35 jours. Cet écart est statistiquement significatif comme l'indique le contraste 'Parents vs F_2 ' (Tableau 1). Comparativement à la variété HD₁₂₂₀, les différentes populations F_2 produites apportent un gain en précocité qui varie de -1 à -10 jours (Figure 1). Les croisements ayant comme parents communs El Wifak et Rmada présentent une plus grande réduction de la durée de la phase végétative (Figure 1).

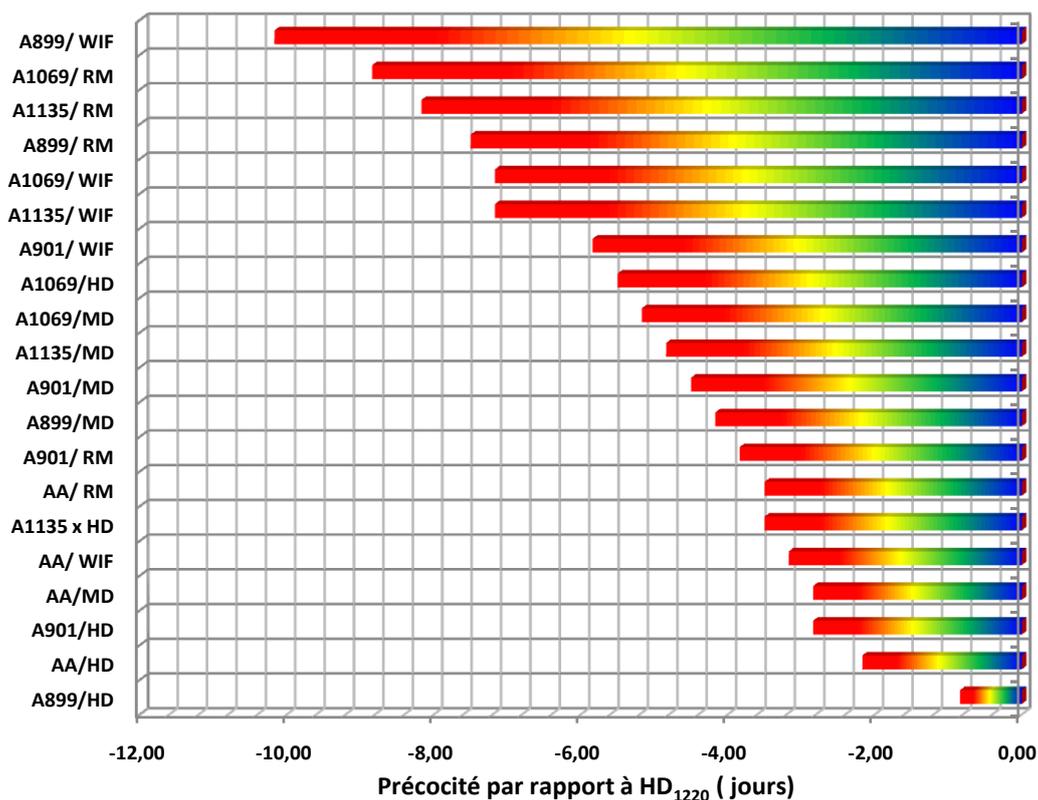


Figure 1. Réduction de la durée de la phase végétative chez les différentes populations F₂ produites relativement au parent HD₁₂₂₀.

La hauteur moyenne de l'ensemble des populations F₂ est significativement plus grande que la moyenne des parents croisés de 3.53 cm, comme le suggère la signification statistique du contraste (Tableau 1). Chez les parents, le cultivar Mahon Démiás présente la hauteur la plus élevée avec une moyenne de 104.8 cm, alors que la lignée Acsad₉₀₁ est la plus courte de paille avec une moyenne de 59.6 cm. La moyenne générale des parents est de 71.7 cm. Chez les F₂, la population la plus haute est représentée par le croisement Acsad₈₉₉/Mahon Démiás avec une moyenne de 90.9 cm ; alors que la population la plus courte est représentée par le croisement Acsad₈₉₉/HD₁₂₂₀. On note, chez les populations créées, une réduction de la hauteur de la végétation variable de 13.2 à 37.8 % relativement au cultivar Mahon Démiás, qui est le témoin standard. Par contre, on note une augmentation de la hauteur de la végétation relativement à la variété adoptée HD₁₂₂₀. Cette augmentation varie de 2.8% à 43.4%, respectivement chez Acsad₈₉₉/HD₁₂₂₀ et Acsad₈₉₉/Mahon Démiás, qui représentent les extrêmes (Figure 2).

Pour le rendement en grain et ses composantes, les valeurs moyennes des parents sont de 6.56 épis, pour le nombre d'épis par plante, 16.95g pour le poids des épis produit par plante, 51.21 grains pour le nombre de grains par épi, 36.06g pour le poids de 1000 grains, 23.38g pour la biomasse et 11.36g pour le rendement en grain. Les moyennes des populations F₂, pour les mêmes caractères sont de 7.09 épis, pour le nombre d'épis par plante, 18.10g pour le poids des épis produit par plante, 47.75 grains pour le nombre de grains par épi, 36.67 g pour le poids de 1000 grains, 26.55g pour la biomasse et 12.34g pour le rendement en grain. Les moyennes des populations F₂, pour ces variables, sont significativement différentes des moyennes des parents, à l'exception du nombre de grain par épi pour lequel la différence n'est pas significative (Tableau 1). Ces résultats suggèrent un progrès réalisable pour le rendement et ses composantes sauf pour le nombre de grains par épi. La performance de rendement des populations F₂ et des lignées parentales, exprimée en % de la moyenne des parents est donnée en figure 3. Neuf populations F₂ et trois lignées parentales, Mahon Démiás, Ain Abid et Acsad₁₁₃₅, présente un avantage de rendement en grain supérieur à 10% (Figure 3).

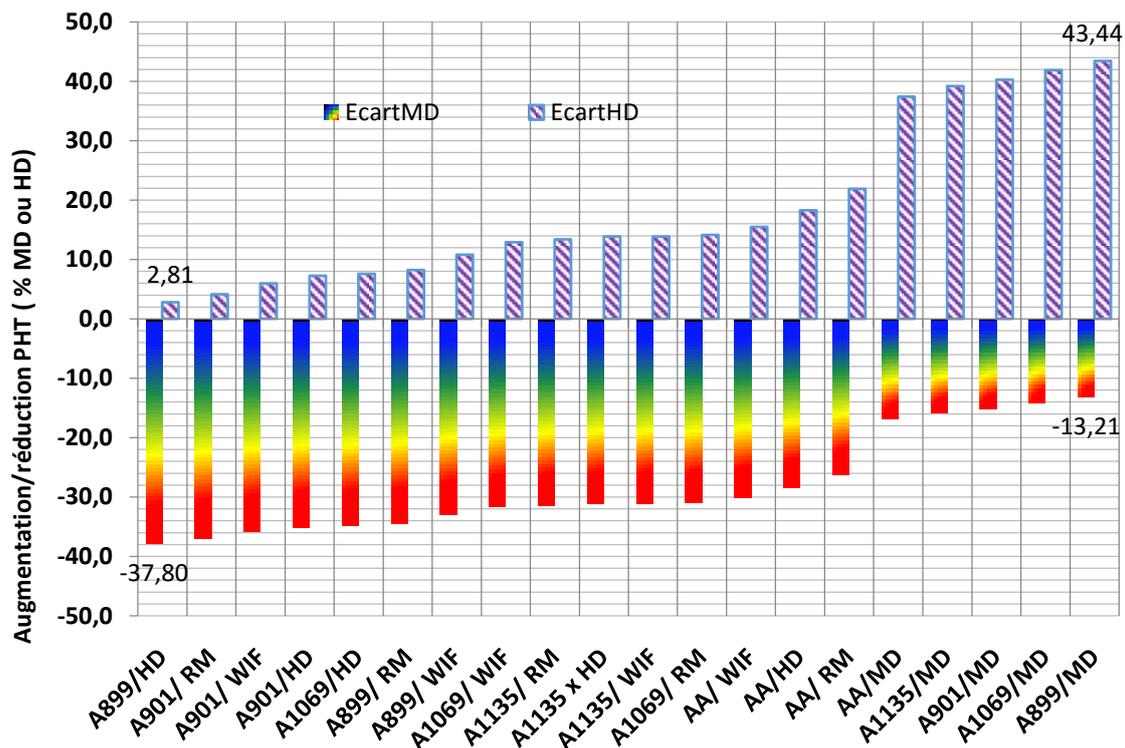


Figure 2. Réduction de la hauteur des populations F₂ relativement à Mahon Démias et augmentation relativement à HD₁₂₂₀.

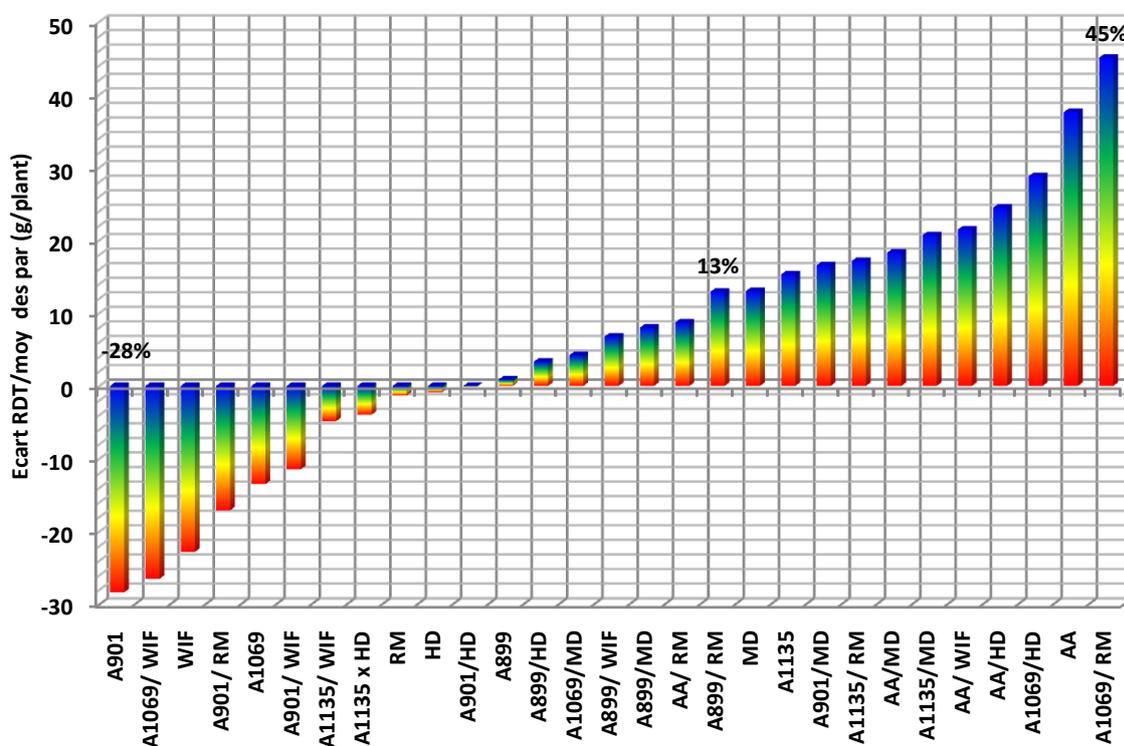


Figure 3. Ecart de rendement des populations F₂ et lignées parentales relativement à la moyenne des rendements des parents.

3.2. Sélection conjointe pour la tolérance et la performance de rendement en grain

Les trois premiers axes de l'analyse en composantes principales (ACP) expliquent 61.45% du total de la variation disponible dans les données soumises à l'analyse. Ainsi l'axe 1 explique 25.11%, l'axe 2 explique 20.99% et l'axe 3 explique 15.36%. A l'axe 1 sont corrélés la hauteur de la végétation (0.851), la biomasse (0.829), le nombre d'épis par plante (0.746), le poids de 1000 grains (0.519) et la teneur relative en eau (-0.386). Cet axe représente la biomasse et le statut hydrique dont les valeurs s'opposent chez les populations F_2 liées à cet axe (Figures 4 et 5). A l'axe 2 sont corrélés le contenu en chlorophylle (0.635), l'intégrité cellulaire (0.530), la précocité au stade épisaison (-0.769), et la surface de la feuille étendard (-0.793). Cet axe représente donc trois phénomènes qui sont la durée de la phase végétative, la capacité photosynthétique et la tolérance des stress.

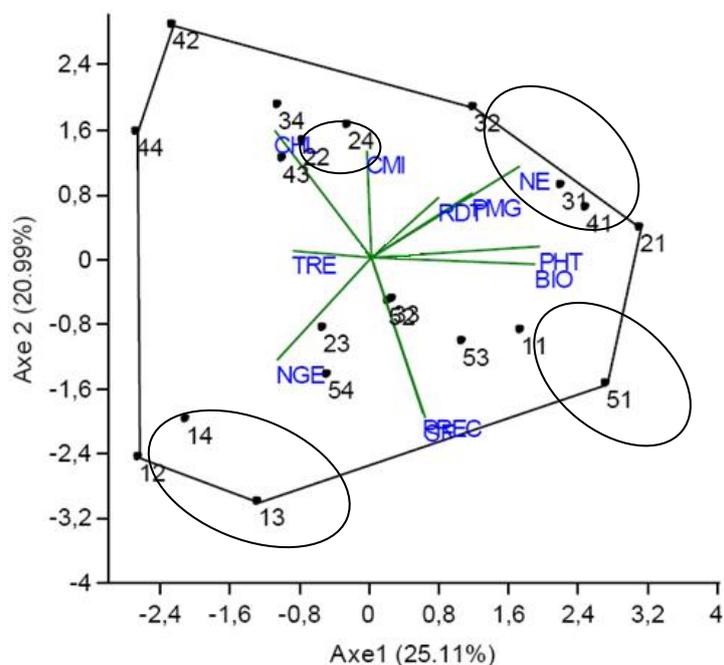


Figure 4. Représentation des populations F_2 de blé tendre et de leurs caractéristiques sur le plan formé par les axes 1 et 2 de l'ACP.

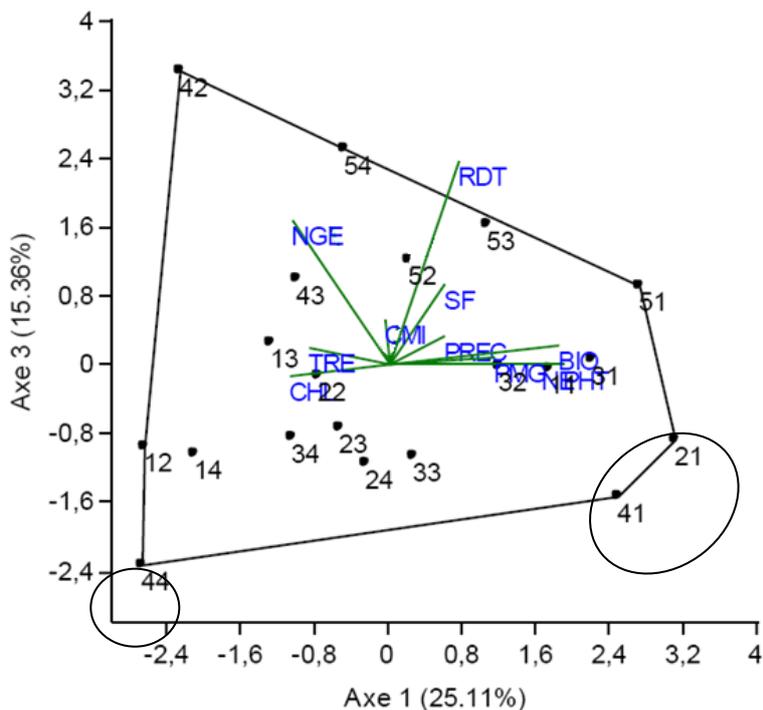


Figure 5. Représentation des populations F_2 de blé tendre et de leurs caractéristiques sur le plan formé par les axes 1 et 3 de l'ACP.

La durée de la phase végétative et la surface de la feuille étendard s'opposent au contenu en chlorophylle et à l'intégrité cellulaire chez les populations F_2 bien représentées par cet axe 2 (Figures 4 et 5). À l'axe 3 sont positivement corrélés au nombre de grain par épi (0.591) et le rendement en grain (0.831). Cet axe représente donc l'efficacité de conversion de la biomasse en grain et le rendement en grain. Les valeurs de ces deux caractères sont positivement corrélées à l'axe 3 (Figures 5 et 6).

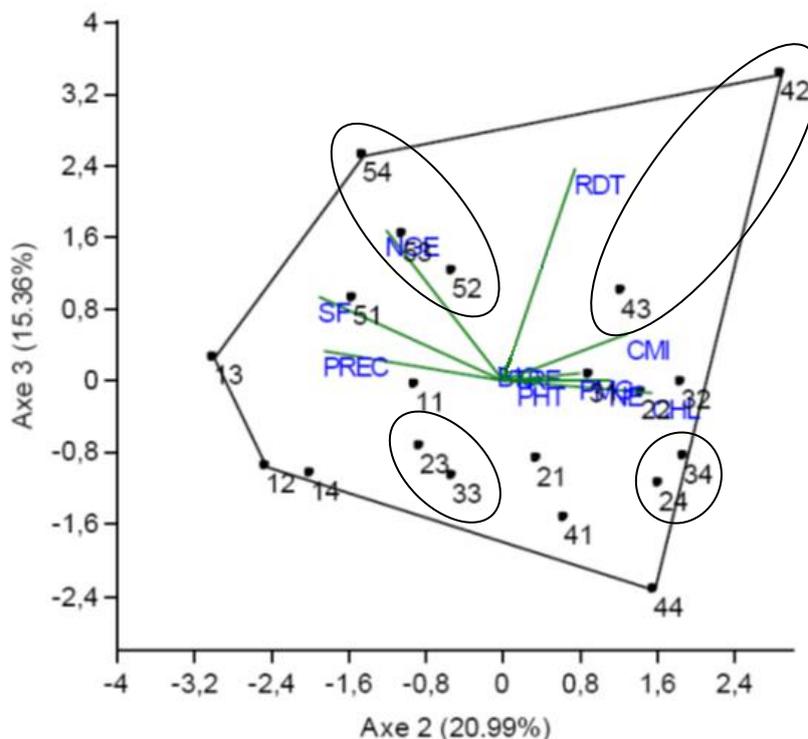


Figure 6. Représentation des populations F_2 de blé tendre et de leurs caractéristiques sur le plan formé par les axes 2 et 3 de l'ACP.

Du point répartition et représentation des différentes populations F_2 , on note que Acsad₉₀₁/Mahon Démias (11), Acsad₉₀₁/Rmada (12), Acsad₉₀₁/HD₁₂₂₀ (13), Acsad₉₀₁/El Wifak (14), Acsad₈₈₉/Rmada (22), Acsad₁₁₃₅/Mahon Démias (31), Acsad₁₁₃₅/Rmada (32) et Ain Abid/Mahon Démias (51) sont bien représentées sur le plan formé par les axes 1 et 2 (Figure 4). Les populations Acsad₉₀₁/Rmada (12), Acsad₉₀₁/HD₁₂₂₀ (13) et Acsad₉₀₁/El Wifak (14) ont des coordonnées négatives avec les deux axes. Ces trois populations se caractérisent, relativement à l'axe 1, par de faibles valeurs pour la hauteur, la biomasse, le nombre d'épis et le poids de 1000 grains et des valeurs élevées pour la teneur relative en eau (Figure 4). Relativement à l'axe 2, ces populations se caractérisent par la tardiveté au stade épiaison, des feuilles étendards aux larges dimensions, un faible contenu en chlorophylle et une faible stabilité membranaire (Figure 4). La sélection à l'intérieur de ces populations n'a de mérite que pour améliorer la teneur relative en eau et la surface de la feuille étendard et constituer ainsi des géniteurs désirables pour ces deux caractéristiques. Les populations Acsad₁₁₃₅/Mahon Démias (31) et Acsad₁₁₃₅/Rmada (32) ont des coordonnées positives sur les deux axes 1 et 2. Ces populations se distinguent, relativement à l'axe 1, par des valeurs élevées de la hauteur, de la biomasse, du nombre d'épis, du poids de 1000 grains et de faibles valeurs de la teneur relative en eau, associées, relativement à l'axe 2, à des valeurs élevées de la chlorophylle et la stabilité de la membrane cellulaire. Elles sont précoces au stade épiaison et ont une feuille étendard de faibles dimensions (Figure 4). Ces populations portent des gènes favorables à l'expression des variables qui déterminent le rendement en grain. De plus, elles sont résilientes et aptes à éviter les stress abiotique de fin de cycle suite à la précocité au stade épiaison. Ces deux populations méritent des suivis futurs, le criblage devant se faire sur la base de la surface foliaire, la hauteur, le poids des épis et le nombre d'épis. La population Acsad₈₈₉/Rmada (22) est négativement liée à l'axe 1 et positivement liée à l'axe 2. Elle est courte, produit peu de biomasse et d'épis par plant, a un faible poids de 1000 grains et une teneur relative en eau élevée, associées, sur l'axe 2, à un contenu en chlorophylle et une stabilité membranaire élevés. Cette population est précoce au stade épiaison et présente une feuille étendard aux dimensions réduites (Figure 4). La sélection à l'intérieur de cette population n'a de mérite que pour améliorer la hauteur, l'efficacité de reconversion de la biomasse sous forme de grains dans un fond génétique précoce à l'épiaison.

Les populations Ain Abid/Mahon Démias (51) et Acsad₉₀₁/Mahon Démias (11) sont positivement liées à l'axe 1 et négativement à l'axe 2 (Figure 4). Elles présentent des valeurs élevées pour la hauteur, la biomasse, le nombre d'épis et le poids de 1000 grains, de faibles valeurs de la teneur relative en eau. Elles sont tardives à l'épiaison, ont des feuilles étendards aux larges dimensions, un faible contenu en chlorophylle et une faible stabilité membranaire (Figure 4). La sélection à l'intérieur de ces deux populations contribue, certes, à l'amélioration des déterminants du rendement en grain, dans un fond génétique qui est tardif au stade épiaison et sensible au stress abiotique.

Sur le plan formé par les axes 1 et 3, les populations Acsad₁₀₆₉/El Wifak (44), Acsad₁₀₆₉/Mahon Démias (41) et Acsad₈₈₉/Mahon Démias (21) sont bien représentées (Figure 5). La population Acsad₁₀₆₉/El Wifak (44) est négativement liée aux deux axes. Elle se caractérise, sur l'axe 1, par de faibles valeurs pour les déterminants du rendement en grain (la hauteur de la végétation, la biomasse aérienne, le poids de 1000 grains, le nombre d'épis par plante) et une teneur relative en eau élevée. L'information apportée par l'axe 2 indique que cette population présente de faibles valeurs pour le rendement et le nombre de grains par épi (Figure 5). Aucune sélection n'est à faire à l'intérieur de cette population qui porte beaucoup de caractéristiques indésirables. Les populations Acsad₁₀₆₉/Mahon Démias (41) et Acsad₈₈₉/Mahon Démias (21) sont positivement corrélées à l'axe 1 et négativement à l'axe 3. Elles se distinguent, donc, par des valeurs élevées pour les déterminants du rendement, une faible valeur de la teneur relative en eau et des valeurs élevées pour le nombre de grains par épi et le rendement en grain (Figure 5). Hormis la faible teneur relative en eau, ces deux populations se distinguent par des valeurs moyennes élevées pour toutes les variables désirables en sélection pour améliorer le rendement en grain. La sélection de ces deux populations, pour des suivis futurs, est fortement recommandable. Le criblage devant se faire sur la base de la biomasse, le nombre d'épis et le poids des épis.

Sur le plan formé par les axes 2 et 3, les populations Acsad₈₈₉/HD₁₂₂₀ (23), Acsad₈₈₉/El Wifak (24), Acsad₁₁₃₅/HD₁₂₂₀ (33), Acsad₁₁₃₅/El Wifak (34), Acsad₁₀₆₉/Rmada (42), Acsad₁₀₆₉/HD₁₂₂₀ (43), Ain Abid/Rmada (52), Ain Abid/HD₁₂₂₀ (53) et Ain Abid/El Wifak (54) sont bien représentées (Figure 6). Les populations Acsad₁₀₆₉/Rmada (42), Acsad₁₀₆₉/HD₁₂₂₀ (43) sont positivement corrélées aux deux axes. Elles se caractérisent par des valeurs élevées pour le contenu en chlorophylle, la stabilité membranaire, le nombre de grain par épi et le rendement en grain. Elles sont précoces au stade épiaison et présentent une feuille étendard aux faibles dimensions (Figure 6). La sélection de ces deux populations est souhaitable, suite à leur potentiel de rendement en gain, cependant il leur manque les caractères qui, dans la présente étude, conditionnent le rendement en grain, comme la hauteur de la végétation, la biomasse aérienne, le nombre d'épis et le poids de 1000 grains. Les populations Acsad₈₈₉/HD₁₂₂₀ (23) et Acsad₁₁₃₅/HD₁₂₂₀ (33) sont négativement corrélées aux axes 2 et 3 (Figure 6). Elles s'opposent aux deux populations précédentes : Acsad₁₀₆₉/Rmada (42), Acsad₁₀₆₉/HD₁₂₂₀ (43). De ce fait, elles ne sont pas intéressantes pour la sélection vu qu'elles se distinguent par des faibles valeurs pour les caractères d'intérêts. Les populations Acsad₁₁₃₅/El Wifak (34) et Acsad₈₈₉/El Wifak (24) sont positivement liées à l'axe 2 et négativement à l'axe 3 (Figure 6). Elles présentent des valeurs élevées du contenu en chlorophylle, de la stabilité de la membrane cellulaire ; de plus, elles sont précoces au stade épiaison et ont une feuille étendard de taille réduite. Elles ont aussi de faibles valeurs pour les caractères bien représentés par l'axe 3 : le nombre de grains par épi, et le rendement en grain (Figure 6). Ces populations ne sont intéressantes, en sélection, que pour le contenu en chlorophylle et la stabilité de la membrane cellulaire.

Les populations Ain Abid/Rmada (52), Ain Abid/HD₁₂₂₀ (53) et Ain Abid/El Wifak (54) sont négativement corrélées à l'axe 2 et positivement corrélées à l'axe 3 (Figure 6). Elles se distinguent par des valeurs élevées du nombre de grains par épi et du rendement en grain, associées à de faibles valeurs de la chlorophylle, de la stabilité de la membrane cellulaire, à la tardiveté au stade épiaison et présentent des feuilles étendard aux larges dimensions (Figure 6). Ces populations sont intéressantes, en sélection, pour améliorer le rendement en grain, dans un fond génétique qui est sensible aux stress hydrique et thermique.

Les résultats de l'analyse en composantes principales indiquent l'identification de 10 groupes de populations F₂, dont les valeurs moyennes prises par les différents caractères mesurés sont schématisées par les figures 7 et 8. Ces figures montrent que certains caractères ne sont pas discriminants entre groupes de populations, tel est le cas du poids de 1000 grains, de la teneur relative en eau, de la stabilité de la membrane cellulaire et du nombre d'épis. De plus, ces figures indiquent qu'il est difficile d'identifier un groupe de populations F₂ qui est satisfaisant pour l'ensemble des caractères mesurés.

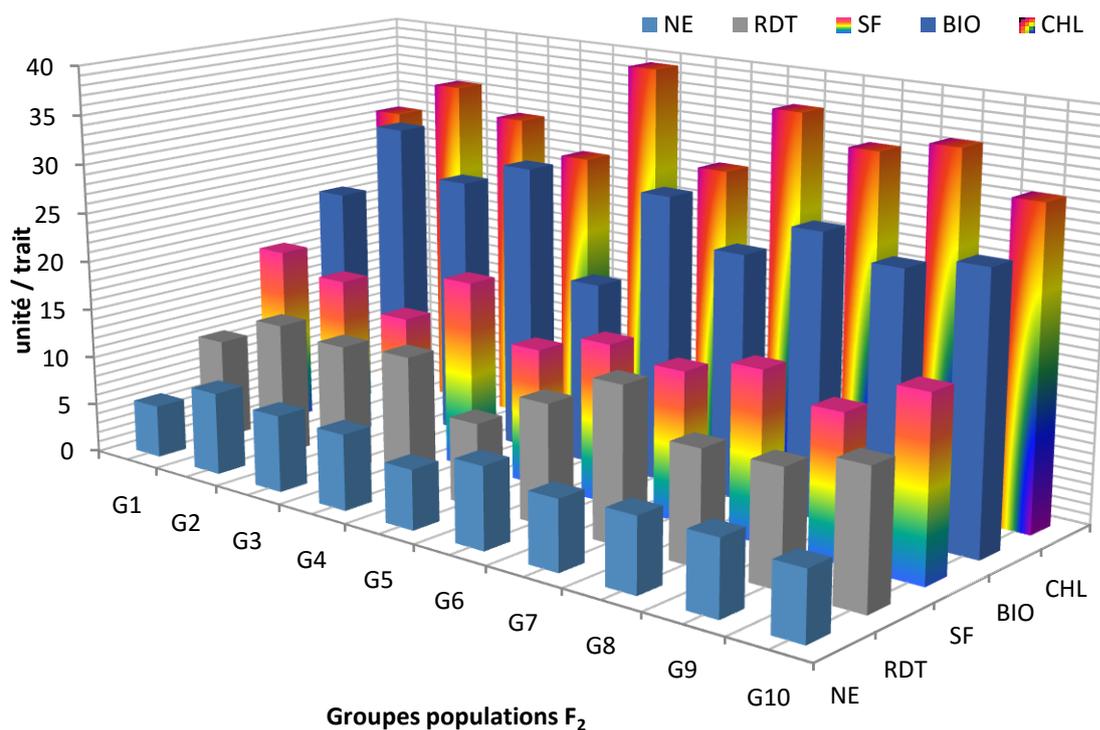


Figure 7. Valeurs moyennes des caractères des différents groupes de populations F₂ identifiés par l'ACP.

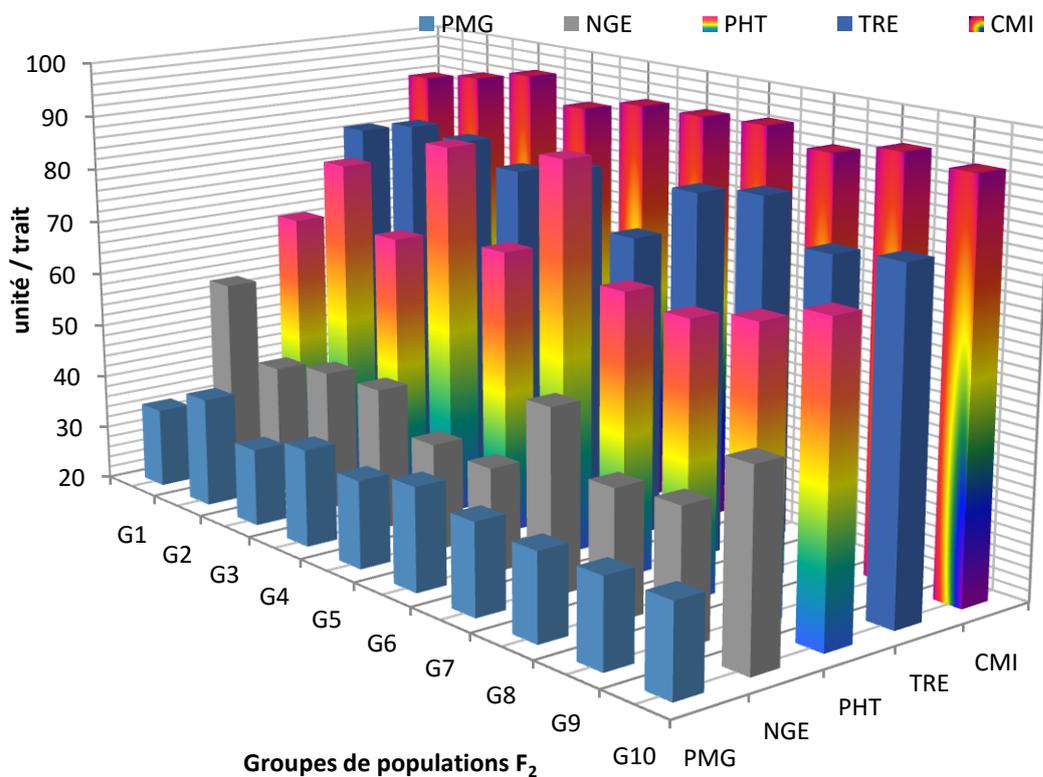


Figure 8. Valeurs moyennes des caractères des différents groupes de populations F₂ identifiés par l'ACP.

4. Conclusion

Les conclusions auxquelles débouche cette étude concernent la présence de la variabilité intra et inter populations F_2 pour l'ensemble des variables mesurées. Les populations F_2 sont plus précoces de 1 à 10 jours que le cultivar HD₁₂₂₀. La hauteur des populations analysées est réduite de 13.2 à 37.8 % relativement à celle du cultivar Mahon Démiás. Les moyennes du rendement et ses composantes, des populations F_2 , sont significativement plus élevées que les moyennes des parents. Neuf populations F_2 présentent un avantage de rendement en grain supérieur à 10%. Ainsi Acsad₁₁₃₅/Mahon Démiás et Acsad₁₁₃₅/Rmada se distinguent par des valeurs élevées de la hauteur, la biomasse, le nombre d'épis, le poids de 1000 grains, la teneur en chlorophylle, la stabilité de la membrane cellulaire et de faibles valeurs de la teneur relative en eau. Elles sont précoces au stade épiaison et ont une feuille étandard de faibles dimensions. Ces populations portent des gènes favorables à l'expression des variables qui déterminent le rendement en grain, elles sont résilientes et aptes à éviter les stress abiotiques de fin de cycle suite à leur précocité au stade épiaison. Les résultats de la présente étude montrent les difficultés à identifier une ou plusieurs populations qui sont désirables pour l'ensemble des caractères mesurés.

5. Références bibliographiques

1. Annichiarico, P., Bellah, F. and Chiari, T. 2006. Repeatable genotype x location interaction and its exploitation by conventional GIS-based cultivar recommendation for durum wheat in Algeria. *Europ. J. Agronomy*, 24: 70 - 81.
2. Benbelkacem, A. 2013. Rapport national des activités du projet Inraa-Icarda 2012-2013. Pp: 45.
3. Bendjama, A. Bouzerzour, H. and Benbelkacem, A. 2014. Adaptability of durum wheat genotypes (*Triticum turgidum* L. Var *durum*) to contrasted locations. *Aust. J. Basic & Appl. Sci.*, 8: 390-396.
4. Benmahammed, A., Nouar, H., Haddad, L., Laala, Z., Oulmi, A. et Bouzerzour, H. 2010. Analyse de la stabilité des performances de rendement du blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous conditions semi-arides. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 14: 177 - 186.
5. Bouzerzour, H. et Djekoun, A. 1996. Etude de l'interaction génotype x lieu du rendement de l'orge en zone semi-aride. *Science et Technologie*, 7: 16 - 28.
6. Cattivelli, L., Baldi, P., Crosatti, N., Di Fonzo, N. and Stanca, M. 2002. Chromosome regions and stress related sequences involved in resistance to abiotic stress in *Triticeae*. *Plant Molecular Biology*, 48: 649 - 665.
7. Ceccarelli, S., Grando, S., Maatougui, M., Michael, M., Slash, M., Haghparast, R., Rahmanian, M., Taheri, A., Al-Yassin, A., Benbelkacem, A., Labdi, M., Mimoun, H. and Nachit, M. 2010. Plant breeding and climate changes. *J. Agric. Sci.*, 148: 627 - 637.
8. Cropstat 7.2. 3. 2007. Free Software package for windows, International Rice Research Institute, IRRI, Manila.
9. Fellahi, Z. 2013. Aptitude à la combinaison et héritabilité de quelques caractères agronomiques du blé tendre (*Triticum aestivum* L.). *Mémoire de Magister, Université Saad Dahlab- Blida*, 136 p.
10. Fellahi, Z., Hannachi, A., Bouzerzour, H. and Benbelkacem, A. 2015. Inheritance Pattern of Metric Characters Affecting Grain Yield in Two Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Crosses Under Rainfed Conditions. *Jordan J. Biol. Sci.*, 8: 175 - 181.
11. Fellahi, Z., Hannachi, A., Bouzerzour, H. and Benbelkacem, A. 2016. Genetic control of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) traits. *Songklanakarín J. Sci. Technol.*, 38(1): 91 - 97.
12. Garcia del Moral, L. F., Rharrabti, Y., Elhani, S., Martos, V. and Royo, C. 2005. Yield formation in Mediterranean durum wheat under two contrasting water regimes based on path-coefficient analysis. *Euphytica*, 143: 213 - 222.
13. Hannachi, A. Fellahi, Z., Bouzerzour, H. and Boutekrabi, A. 2013. Diallel-cross analysis of grain yield and stress tolerance-related traits under semi-arid v conditions in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Elect. J. Plant Breed.*, 4 (1): 1027 - 1033.
14. Kadi, Z., Adjel, F. and Bouzerzour, H. 2010. Analysis of the genotype x environment interaction of barley grain yield (*Hordeum vulgare* L.) under semi arid conditions, *Adv. Environ. Biology*, 4: 30 - 40.
15. Kamoshita, A., Babu, R.C., Boopathi, N.M. and Fukai, S. 2008. Phenotypic and genotypic analysis of drought-resistance traits for development of rice cultivars adapted to rainfed environments. *Field Crops Res.*, 109: 1 - 23.
16. Lecomte, C. 2005. L'évaluation expérimentale des innovations variétales. Proposition d'outils d'analyse de l'interaction génotype - milieu adaptés à la diversité des besoins et des contraintes des acteurs de la filière semences. *Thèse de Doctorat, INA P-G, Paris, France*, 173 p.

17. Lopes, M. S., Reynolds, M. P., Jalal-Kamali, M. R., Moussa, K. S., Feltaous, M. Y., Tahir, I. S. A., Barma, N., Vargas, Mannes, M. Y. and Baum, M. 2012. The yield correlations of selectable physiological traits in a population of advanced spring wheat lines grown in warm and drought environments. *Field Crops Res.*, 128: 129 - 136.
18. Nouar, H., Bouzerzour, H., Haddad, L., Menad, M., Hazmoune, H. and Zerargui, H. 2012. Genotype x Environment Interaction Assessment in Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.) using AMMI and GGE Models. *Adv. Environ. Biology*, 6: 3007 - 3015.
19. Oulmi, A., Benmahammed, A., Laala, Z., Adjabi, A. and Bouzerzour, H. Phenotypic Variability and Relations between the Morpho-Physiological Traits of three F5 Populations of Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.) Evaluated Under Semi-Arid Conditions. *Adv. Environ. Biology*, 8: 436 - 443.
20. Richards, R. A. 2006. Physiological traits used in the breeding of new cultivars for water-scarce environments. *Agric. Water Manag.*, 80: 197 - 211.
21. Safi, R., Benbelkacem, A. and Bouzerzour, H. 2015. Analysis of the genotype x location interaction and grain yield stability of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) Genotypes tested across diverse algerian locations. *Int. J. Latest Res. Sci. Technol.*, 4(4): 18 - 26.
22. Salmi M., Benmahammed, A., Bouzerzour, H., Haddad, L. 2016. Analyse de la variabilité phénotypique de quelques caractères d'adaptation du blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous conditions semi-arides. *Revue Agriculture*, Numéro spécial 1: 156 - 161.