



Revue semestrielle – Université Ferhat Abbas Sétif 1

REVUE AGRICULTURE

Revue home page: <http://revue-agro.univ-setif.dz/>



Etude comparative des variétés élités de blé dur [*Triticum turgidum* (L.) Thell.ssp. *turgidumconv. durum* (Desf.) MacKey] sous conditions semi-arides des hautes plaines orientales.

Amina Bouzidi³, Meriem Mahdadi³, Abdenour Belagrouz^{2*}, Adel Bachir¹, Wahiba Mehdaoui, Rabie Razem⁴, Hamenna Bouzerzour³

¹ Institut Technique des Grandes Culture de Sétif, BP 0.3, Sétif, 19000, Algérie.

² Ecole supérieure d'agronomie de Mostaganem, 27000.

³ Laboratoire de Valorisation des Ressources Biologiques Naturelles, Université Ferhat Abbas, Sétif-1.

⁴ Centre national de contrôle et de certification des semences et plants, Sétif, 19000

E-mail : [*abdenour_19@yahoo.fr](mailto:abdenour_19@yahoo.fr)

ARTICLE INFO

Article :

Reçu le : 24/02/2020

Accepté le : 03/07/2020

Mots clés : *Triticum durum*, Tolérance au stress Abiotique, Productivité, régions semi-arides

Keywords: *Triticum durum*, Abiotic Stress Tolerance, Productivity, semi-arid regions

RESUME

L'étude a été entreprise au cours de la campagne 2012/13 au niveau du laboratoire du Centre National de Contrôle et de Certification des semences et plants de Sétif, avec l'objectif de comparer les performances des variétés élités de blé dur à la variété locale Mohamed Ben Bachir (MBB). Les résultats indiquent la présence de la diversité et des différences significatives entre variétés étudiées pour les caractères mesurés. L'ACP structure les 19 caractères mesurés en quatre composantes principales dont les deux premières regroupent 17 caractères, 12 liés à la productivité et 5 liés à la tolérance des stress. Waha se différencie de Vitron et de Bousselam, pour la productivité, alors que Cirta se différencie de MBB pour la tolérance aux stress. GTA dur se démarque par un indice de récolte élevé. Waha présente de meilleures performances pour les caractères de productivité. Cirta se montre plus sensible aux stress que MBB. Bousselam, Vitron, Cirta et Gta dur performant autant à relativement mieux que MBB, mais significativement moins que Waha. Les différences pour la tolérance aux stress sont peu nettes entre variétés élités, suggérant que le criblage pour ces caractères doit être pris en compte en sélection.

ABSTRACT

The study was undertaken during the cropping season 2012/13 at the laboratory of the National Centre for Control and Certification of Seeds and plants, Sétif, with the aim of comparing the performance of elite durum wheat varieties with the local variety Mohamed Ben Bachir (MBB). The results indicate the presence of diversity and significant differences between varieties, which studied for the characters measured. The PCA structures the 19 characters measured into four main components, of which the first two group together 17 characters, 12 related to productivity and 5 related to stress tolerance. Waha differs from Vitron and Bousselam in terms of productivity, while Cirta differs from MBB in terms of stress tolerance, GTA durum stands out with a high harvest index. Waha has better performance for productivity characters. Cirta is more sensitive to stress than MBB. Bousselam, Vitron, Cirta and Gta dur perform as much relatively better than MBB, but significantly less than Waha. Differences in stress tolerance are not clear between elite varieties, suggesting that screening for these characters should be taken into account in selection

Introduction

Sous les conditions agro climatiques des hautes plaines orientales, le blé dur [*Triticum turgidum* (L.) Thell.ssp. *turgidumconv. durum* (Desf.) Mac Key] est une culture ancestrale utilisée exclusivement pour l'alimentation humaine, et dont la paille est destinée à l'alimentation du cheptel. Le rendement de cette culture est généralement assez bas pour attirer l'attention des sélectionneurs, ces derniers fournissent d'énormes efforts pour booster le potentiel de rendement associé à la tolérance des stress abiotiques caractérisant le milieu de production (Mekhlouf et al., 2006 ; Adjabi et al., 2007 ; Nouar et al., 2010 ; Salmi et al., 2015 ; Oulmi et al., 2015 ; Hamli et al., 2015 ; Belkherchouche et al., 2015 ; Mansouri et al., 2017 ; Belagrouz et al., 2018). Des augmentations de rendements assez substantielles sont notées notamment dans les milieux plus fertiles comme les plaines intérieures et lors des années favorables, suite à la sélection de nouvelles variétés plus productives (Annichiarico et al., 2005 ; Annichiarico et al., 2006 ; Nouar et al., 2010 ; Safi et al., 2015). Ces nouvelles obtentions ont été sélectionnées sur la base du rendement en grains, caractère génétiquement complexe, dépendant de plusieurs caractéristiques prenant des valeurs variables selon l'environnement (Salmi et al., 2015 ; Oulmi et al., 2015 ; Hamli et al., 2015, Belkherchouche et al., 2015 ; Belagrouz et al., 2018). L'objectif de cette étude est une comparaison de quelques variétés élites, des obtentions relativement assez récentes, pour identifier les ressemblances et dissemblances entre elles et surtout comparativement à la variété locale MBB, qui est encore largement utilisée par les agriculteurs. Les résultats pourront orienter vers les caractères les plus intéressants à utiliser comme critères de sélection pour mieux approcher l'idéotype recherché qui associe potentiel de rendement tolérance aux Stress.

MATERIEL ET METHODES

Site, matériel végétal et dispositif expérimental

L'étude a été menée au cours de la campagne agricole 2012/13 au niveau du laboratoire du Centre National de Contrôle et de Certification des semences et plants (CNCC) de Sétif. Le matériel végétal étudié est constitué de six variétés de blé dur : Mohamed Ben Bachir (MBB), Waha, Cirta, Vitron, Bousselam et Gaviota durum. Waha est inscrite par l'ITGC en 1985. C'est une variété à paille courte, précoce d'épiaison et productive. Elle se caractérise par une capacité élevée de translocation des glucides stockés dans le col de l'épi (Belkherchouche et al., 2009). Elle est sensible au gel tardif (Mekhlouf et al., 2006). Elle présente une bonne aptitude à la combinaison pour la proline et la durée de la phase végétative (Hannachi, 2013). *Gaviota durum*, c'est une variété qui présente une large adaptation à la région de production de blé dur couvrant les plaines intérieures et une grande partie des hauts plateaux (Annichiarico et al., 2005). Mohammed Ben Bachir est une sélection généalogique faite à l'intérieur d'une population locale de blé dur de la région d'Ain Roua (nord de Sétif). Plusieurs études montrent les faibles performances de MBB, à cause de la longue durée de sa phase végétative, qui lui fait subir les effets des stress de fin de cycle (Mekhlouf et al., 2006 ; Nouar et al., 2010) ; à cause de la répartition inégale de la matière sèche produite entre le grain et la biomasse aérienne accumulée (Belkherchouche et al., 2009), et à cause de sa faible valorisation des apports d'eau (Belagrouz et al., 2018). Bousselam, figure parmi les têtes de classement dans les essais multi sites rapportés par Annichiarico et al., (2005). Vitron a été adoptée comme cultivar en Espagne (Pfeiffer et al., 2000). Cirta, inscrite par l'ITGC en 2002 (Benbelkacem, 2013).

L'expérimentation est mise en place dans un dispositif en blocs complètement randomisés avec trois répétitions. La parcelle élémentaire fait 6 rangs espacés de 20 cm et long de 10 m. L'essai est fertilisé avec 80 kg/ha de mono ammonium phosphate à 52 %, au mois d'octobre 2012 et 75 kg/ha d'urée à 46% N au mois d'Avril 2013.

Le contrôle des graminées adventices est réalisé avec l'herbicide *Dopler plus* à une dose de 2 l/ha au stade post-levée (2 à 3 feuilles). L'herbicide anti-dicotylédones *Sekator* (100 g/l d'Amidosulfuron-sodium + 25 g/l d'Iodosulfuron-méthyl-sodium+250 g/l de Mefenpyr-diethyl) a été utilisé à une dose de 0,75 l/ha au stade début tallage. Cet herbicide contrôle la majorité des mauvaises herbes dicotylédones sur céréales.

Mesures et notations

Les différentes notations et mesures faites ont porté sur le nombre de plantes levées est compté sur un segment de rang, long de 1 m, par trois fois, le long de la diagonale de la parcelle élémentaire, et ramené au m². La capacité de tallage herbacé est déterminée par comptage du nombre de talles émises par mètre linéaire, par parcelle élémentaire. L'indice foliaire est déterminé à partir de la surface du feuillage vert d'un échantillon de végétation provenant de la fauche d'un rang de 0.3 m de long par parcelle élémentaire. Le poids et la surface de 10 feuilles prises au hasard de l'échantillon ont été déterminés selon la procédure décrite par Belkherchouche, (2009). Le poids de l'échantillon de feuillage est converti en surface en utilisant le poids et la surface des 10 feuilles. Le rapport de la surface de l'échantillon foliaire sur la surface du sol est une estimation de l'indice foliaire. La durée de

la phase végétative qui est déterminée en nombre de jours calendaires comptés à partir du 1^{er} janvier à la date de réalisation de 50% de l'épiaison. La durée de cette phase végétative est un indicateur du degré de précocité. La précocité du cultivar MBB est prise comme indice 100. La hauteur de la végétation est prise en cm de la surface du sol au sommet de l'épi, barbes exclues. La biomasse aérienne est déterminée, à maturité, à partir d'un bottillon de végétation récolté d'un rang de 1 m par parcelle élémentaire. Le rendement paille est déduit par la différence entre la biomasse accumulée à maturité et le rendement en grain. L'indice de récolte est déterminé par le rapport du rendement en grain sur la biomasse aérienne mesurée à maturité X100. Le nombre et le poids des épis sont déterminés par comptage et pesage des épis présents dans le bottillon de végétation servant à la détermination de la biomasse aérienne. Le rendement en grain est déterminé suite à la fauche et le battage de la végétation d'un rang de 1 m par parcelle élémentaire. Le poids de 1000 grains est déduit du comptage et pesage d'un échantillon de 250 graines. Le nombre de grains par m² et par épi sont déduits par calcul en utilisant les moyennes du rendement grain, du poids de 1000 grains et du nombre d'épis par m². La teneur relative en eau de la feuille étandard a été mesurée pour déterminer l'état hydrique des plantes selon la méthode décrite par Belagrouz (2013) et attribuée à Barrs et Weartherly (1962). La longueur et la plus grande largeur de la feuille étandard sont mesurées sur un échantillon de 5 feuilles prises au hasard au stade épiaison et la surface moyenne est estimée selon Spagnoletti-Zeuli et Qualset, (1990) par la formule suivante $sf(cm^2)=0,607 * (L*I)$. La teneur en chlorophylle est déterminée au stade épiaison à l'aide du CCM-200 (Opti-Sciences, Tyngsboro, Massachusetts, USA). Le test de l'intégrité cellulaire est effectué sur les deux dernières feuilles entièrement développées. Le pourcentage de cellules endommagées (% inj) par le stress hydrique est estimé, selon la procédure décrite par Bajji *et al.*, (2001) % inj = 100 (EC1/ EC2), après lecture au conductimètre (De marque Conductivity Meter HI9932). La température de la canopée est mesurée après le stade épiaison. Le thermomètre portable à infrarouge utilisé est de marque Teletemp (Modèle AG-42, Teletemp Corp., Fullerton, CA).

Analyse des données

Les données collectées sont traitées par l'analyse de la variance d'un dispositif en blocs, utilisant le logiciel Crop Stat 7.2.3 (2007). La signification de la différence entre deux variétés est testée en référence à la plus petite différence significative au seuil de 5%. La matrice des données centrées et réduites a été soumise à une analyse en composantes principales. Le principe de la méthode est de réduire le nombre élevé de variables mesurées en un nombre réduit de fonctions linéaires dites composantes, qui sont généralement plus interprétables en termes de liaisons et de structuration des caractères analysés.

RESULTATS ET DISCUSSION

PERFORMANCES ET VARIABILITE

L'analyse de la variance des différentes variables mesurées indique un effet génotype significatif pour l'ensemble des variables mesurées à l'exception de l'effet de la température de la canopée (Tableau 1). Les différences entre les moyennes maximales et minimales de l'ensemble des variables mesurées sont largement supérieures à la plus petite différence significative. Ceci suggère que ces différences sont d'origine génétique plus qu'environnementale et que les variétés étudiées diffèrent pour la performance des caractères mesurés. L'analyse des coefficients de la variabilité phénotype (CVp) indique la présence d'une diversité appréciable pour la capacité de tallage herbacée, l'indice foliaire mesuré au stade épiaison, le nombre de grains par m², celui des grains par épi et le rendement en grains. Ces variables présentent des coefficients de variation supérieurs à 20% (Tableau 1, Figure 1). Le nombre de plants levés, l'indice foliaire, la biomasse aérienne, la paille produite, le nombre d'épis, le poids de 1000 grains, le rendement économique et le contenu en chlorophylle présentent par contre des coefficients de variation juste moyens, avec des valeurs situées entre 10 et 20%. Seuls l'indice de récolte, la température de la canopée, le pourcentage de dommages cellulaires et la teneur relative en eau présentent de faibles coefficients de variation, inférieurs à 10% (Tableau 1, Figure 1). Ces résultats indiquent que les variétés évaluées divergent fortement pour les caractères à CVp élevé, et moins pour les caractères à faible CVp. Ceci probablement parce que le rendement, critère le plus ciblé par la sélection, ne présente pas de corrélations élevées avec les caractères qui montrent peu de variabilité que ces derniers traits ne sont pas, généralement, pris en compte en sélection.

STRUCTURATION DES CARACTERES

Sur un total de 19 axes principaux extraits par l'analyse en composantes principales, les quatre premières composantes présentent des valeurs propres plus élevées que l'unité, expliquant un total de 95.63% de la variation totale présente au sein des différentes variables analysées. La première composante explique 47.46%, 23.15% pour

la seconde, 17.08% pour la troisième et 7.94% pour la quatrième composante. La première composante principale extraite présente des corrélations positives élevées avec le contenu en chlorophylle, la teneur relative en eau, mesurée au stade épiaison, l'indice foliaire mesuré aux stades tallage, montaison et remplissage, la biomasse aérienne, la paille produite, le nombre d'épis, celui des graines par m² et par épi et les rendements en grains et économique.

Tableau 1. Valeurs moyennes caractéristiques, écart type, coefficient de variation phénotype, test F de l'effet variété et plus petite différence significative au seuil de 5% des variables mesurées.

Traits	Unités	Moy	Min	Max	ET	CVp(%)	Test F	Ppds5%
PLT	Nbre/m ²	207.8	178.6	240.3	21.0	10.1	1329.3**	22.6
TH	Nbre/m ²	328.2	257.5	465.0	78.9	24.0	18656.2**	70.2
IF1	m ² /m ²	2.2	1.8	2.9	0.4	18.4	0.51**	0.4
IF2	m ² /m ²	6.6	5.3	8.3	1.2	18.2	4.48**	0.6
IF3	m ² /m ²	1.5	1.1	2.1	0.4	27.6	0.48**	0.4
BIO	g/m ²	679.8	570.8	886.8	108.6	16.0	35357.0**	46.8
PLL	g/m ²	302.9	249.5	357.9	42.0	13.9	5286.9**	39.4
NE	Nbre/m ²	225.3	182.5	273.4	32.0	14.2	3080.5**	21.1
PMG	g/1000	47.0	39.8	50.8	5.4	11.4	86.8**	2.2
NGM ²	Nbre/m ²	8219.2	5815.0	13471.0	2732.6	33.2	22403400**	495.5
NGE	Nbre/épi	36.4	26.1	49.3	9.5	26.2	265.2**	2.5
RDT	g/m ²	376.8	295.3	542.0	88.0	23.4	23251.4**	24.3
Reco	g/m ²	467.7	377.9	645.4	92.7	19.8	25772.8**	27.3
IR	%	55.1	48.2	61.3	5.5	9.9	89.7**	3.8
TC	°C	22.7	21.7	24.3	1.0	4.5	3.15 ^{ns}	2.5
Chl	spad	45.4	37.8	57.6	6.8	14.9	137.9**	3.1
Inj	%	54.9	50.1	59.3	3.0	5.5	28.2**	3.7
TRE1	%	70.7	65.1	76.2	4.8	6.7	68.7**	3.5
TRE2	%	66.9	62.1	71.3	3.5	5.2	36.5**	4.4

PLT = plants levés, TH = talles herbacées, IF1= indice foliaire, BIO = biomasse aérienne, PLL = paille, NE = nombre d'épis, NGM²= nombre de grains/m², NGE = nombre de grains par épi, RDT = rendement grain, Reco= rendement économique = RDT+0.3PLL, IR = indice de récolte, TC = température de la canopée, Chl = contenu en chlorophylle, Inj = % dommages cellulaires, TRE = teneur relative en eau.

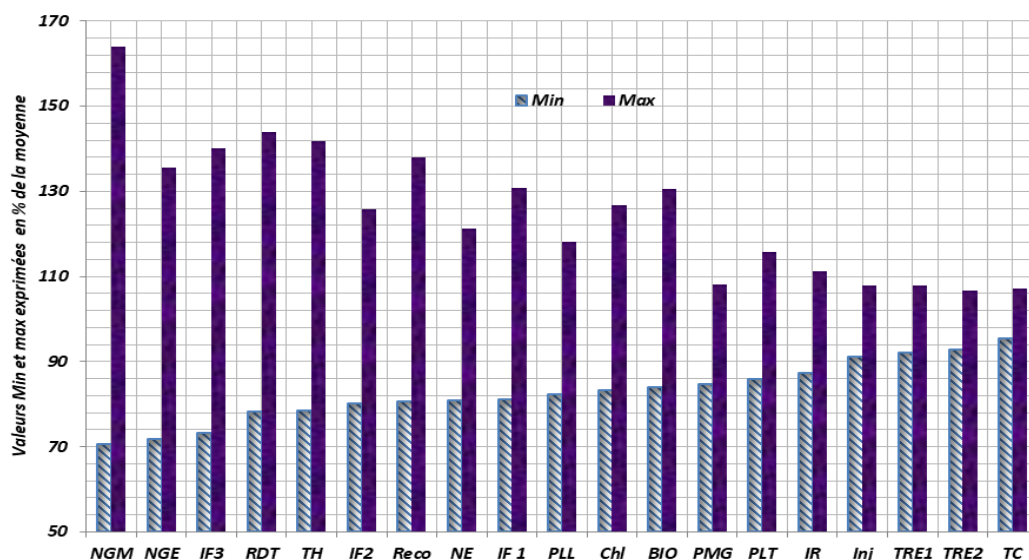


Figure 1. Valeurs minimales et maximales exprimées en % de la moyenne générale du caractère pour les 19 caractères mesurés.

Seul le poids de 1000 grains présente une corrélation élevée et négative avec la première composante principale (Tableau, 2). Cette composante principale est une fonction linéaire des caractères liés à la productivité en générale dont le rendement en grains, et ses composantes. La seconde composante principale présente des corrélations élevées et positives avec la température de la canopée, le pourcentage de dommages cellulaires, la teneur relative en eau mesurée au stade épiaison et la capacité de tallage herbacée. Le nombre de plants levés est négativement corrélé à cette composante. La seconde composante est une représentation surtout des caractères physiologiques liés à la capacité de tolérance/sensibilité aux stress. L'indice de récolte et l'indice foliaire sont positivement liés à la troisième et à la quatrième composante, respectivement (Tableau 2).

Tableau 2. Coefficients de corrélation des variables mesurées avec les quatre premières composantes principales.

Traits	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4
Chl	0.685	0.259	0.433	-0.257
TRE1	0.797	0.083	-0.406	0.388
IF2	0.902	-0.211	-0.296	0.229
IF3	0.893	-0.311	-0.313	0.086
BIO	0.976	-0.098	0.148	-0.099
PLL	0.688	-0.388	-0.598	-0.052
NE	0.715	0.450	-0.335	-0.417
PMG	-0.753	0.625	0.200	-0.026
NGM ²	0.946	-0.157	0.265	-0.105
NGE	0.717	-0.429	0.504	0.208
RDT	0.875	0.065	0.468	-0.098
Reco	0.925	0.008	0.363	-0.100
TC	0.574	0.590	-0.553	0.107
Inj	0.123	0.905	0.046	0.179
TRE2	0.281	0.676	0.262	0.089
PLT	-0.055	-0.979	-0.073	-0.147
TH	0.433	0.730	-0.522	0.085
IR	0.393	0.290	0.873	0.004
IF1	-0.034	-0.137	0.293	0.944

PLT = plants levés, TH = talles herbacées, IF1= indice foliaire, BIO = biomasse aérienne, PLL = paille, NE = nombre d'épis, NGM²= nombre de grains/m², NGE = nombre de grains par épi, RDT = rendement grain, Reco= rendement économique = RDT+0.3PLL, IR = indice de récolte, TC = température de la canopée, Chl = contenu en chlorophylle, Inj = % dommages cellulaires, TRE = teneur relative en, eau.

Ces résultats indiquent que la structuration des caractères mesurés est essentiellement décrite par les deux premières composantes principales, qui regroupent 12 caractères pour la première et 5 caractères pour la seconde (Tableau 2). Ils suggèrent aussi que la différenciation des variétés étudiées, induite par la sélection, s'est faite selon deux voies : l'amélioration de la productivité, dans le sens le plus général du terme, intégrant la cinétique foliaire, la biomasse aérienne, la paille, le rendement grain, les composantes du rendement dont le nombre de grains par épi, par m², le poids de 1000 grains et le nombre d'épis par m² et l'amélioration la tolérance des stress abiotiques. Une des propriétés caractéristiques de l'analyse en composantes principales est que les variables qui sont groupées au sein d'une composante principale sont fortement corrélées entre elles et au contraire sont peu corrélées (orthogonales) avec les caractères relevant d'autres composantes principales (Quinn et Keough, 2002). Sur cette base les résultats suggèrent que l'amélioration du rendement doit cibler l'amélioration des caractères relevant de la première composante principale alors que la recherche de la tolérance doit cibler les caractères relevant de la deuxième composante principale. Une composante principale est une fonction linéaire des caractères qui lui sont fortement corrélés, ces caractères peuvent être utilisés pour construire un indice de sélection qui intègre l'ensemble des effets, tenant compte de leurs poids, indiqué par les coefficients de corrélation (Carvalho *et al.*, 1999, Cecconet *et al.*, 2015 ; Fellahi, 2017 ; Belagrouz *et al.*, 2018). Les coordonnées des variétés étudiées, le long des quatre premières composantes principales, figurent au tableau 3. Ils indiquent que Waha diffère plus de Vitron et de Bousselam, pour les variables représentées par la première composante principale, c'est à dire la productivité. Par contre, Cirta diffère de MBB pour les caractères relevant de la seconde composante principale, c'est-à-dire la

tolérance des stress. Alors que GTA dur s'individualise sur la troisième composante principale, grâce à son indice de récolte élevé (Tableau 3).

Tableau 3. Coordonnées ou scores des variétés étudiées, valeurs propres et % de la variance expliquée par chaque composante principale.

Variétés	PC1	PC2	PC3	PC4
MBB	0.306	-3.463	-1.716	0.692
Waha	5.590	0.145	0.740	-0.780
Cirta	-0.009	2.974	-2.198	0.968
Vitron	-3.163	-0.491	-0.238	-1.460
Bousselam	-1.492	0.941	0.699	-0.978
GTAdur	-1.232	-0.106	2.713	1.559
Valeur propre	9.1	4.4	3.2	1.5
% variance (% var. cumul)	47.46 (47.46)	23.15 (71.61)	87.69 (47.46)	7.94 (95.63)

Le biplot formé par les composantes principales 1 et 2, différencie bien Waha de Vitron et de Bousselam, d'une part, et Cirta de MBB, d'autre part (Figure 2). Waha performe nettement mieux que Bousselam et que Vitron pour l'ensemble des variables mesurées à l'exception du poids de 1000 qui est plus élevé chez ces deux variétés que chez Waha. Les écarts des performances sont surtout élevés pour les variables reliées à la productivité, en générale, y compris le rendement, et ses composantes (Figure 3, gauche). Ces résultats mettent en relief les potentialités de la variété Waha, potentialités qui méritent d'être exploitées pour créer la variabilité pour les différents caractères qui avantagent cette variété. Ainsi l'utilisation de Waha comme géniteur dans les croisements avec Bousselam, et/ou Vitron, qui possèdent un poids de 1000 grains élevé, est une voie qui permet de cibler, entre autres, l'amélioration conjointe du nombre de grains par m² et du poids de 1000 grains chez la descendance. La différenciation de Cirta de MBB n'est pas liée au rendement en grains qui est peu différent chez les deux variétés mais plutôt à la capacité de tolérance des stress (Figure 3, droite). Ainsi la variété Cirta apparaît moins tolérante que le local MBB, notamment vis-à-vis du stress thermique mesuré par le pourcentage de dommages cellulaires, le contenu en chlorophylle et la teneur relative en eau. MBB fait un rendement équivalent à celui de Cirta grâce un nombre de grains par m² et par épi plus élevés que ceux de Cirta, alors que Cirta réalise ce niveau de rendement grâce un nombre d'épis et un poids de 1000 grains plus élevés que ceux de MBB. Ces résultats suggèrent qu'un même niveau de rendement peut être réalisé par des voies complètement différentes, aboutissant à des architectures différentes. La comparaison des cinq variétés élites Vitron, Bousselam, Waha, Gta dur et Cirta à MBB est indiquée en figure 4. Waha performe nettement mieux pour les caractères liés à la productivité.

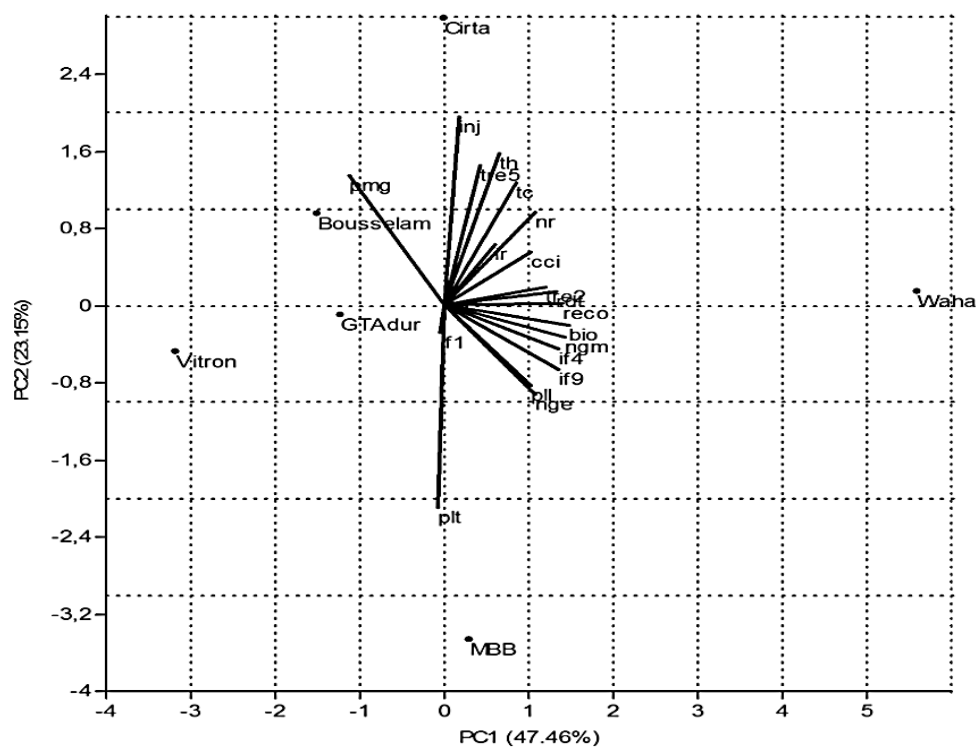


Figure 2. Présentation des six variétés sur le plan formé par les composantes principales 1 et 2.

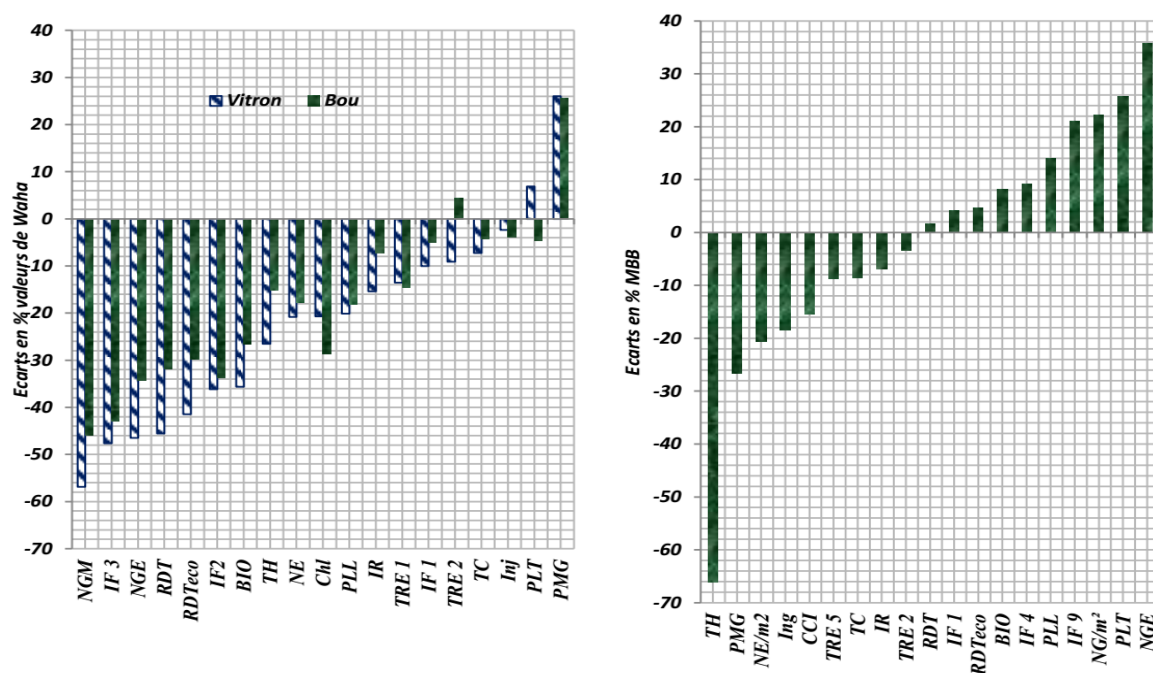


Figure 3. Performances de Vitron et de Bousselam, en % de celles de Waha (Figure 3, gauche) et performances de Cirta en % de celles MBB (Figure 3, droite).

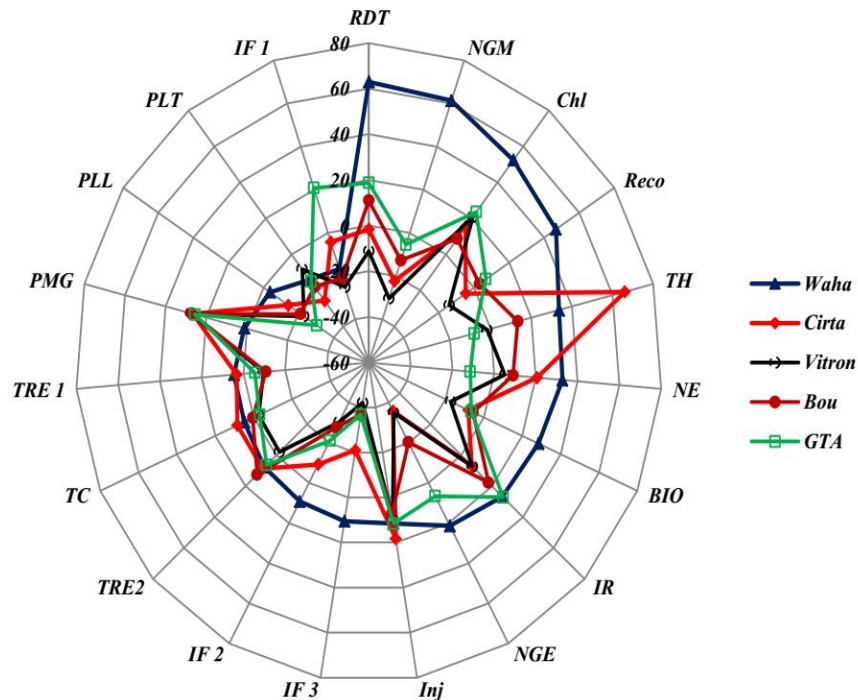


Figure 4. Ecart relatif $[100 * ((Q_1 - Q_{1_MBB}) / Q_{1_MBB})]$ des performances de Waha, Boussem, Vitron, Cirta et Gta dur comparativement à celles de MBB.

Cette performance relative varie d'un minimum de 10.5% pour l'indice foliaire à un maximum de 63.0% pour le rendement en grains. Waha présente une capacité similaire à celle de MBB pour la production de paille et pour le poids de 1000 grains et il est plus sensible au stress que MBB (Figure 4). Boussem, Vitron, Cirta et Gta dur performant relativement mieux que MBB pour le poids de 1000 grains (+26.0%) et le contenu en chlorophylle (17.0%). Cirta (-22.3%), Vitron (-30.4%) et à degré moindre Boussem (-12.7%) souffrent d'un faible nombre de grains par m², associé à d'un faible nombre de grains par épi (-35.7, -35.0 et -20.2%, respectivement) comparativement à MBB. Hormis Waha qui montre un rendement en grains nettement supérieur à celui de MBB (63.0%), Vitron perd 11.2%, par contre Boussem et Gta dur gagnent 11.0% et 18.7%, respectivement, alors que Cirta fait un rendement équivalent à celui de MBB (Figure 4). La comparaison pour la tolérance aux stress abiotiques est variable selon le génotype et la nature du test utilisé, avec des écarts qui restent inférieurs au seuil de 10% suggérant que le criblage pour ces caractères n'est pas pris en compte en sélection (Figure 4).

L'analyse des résultats de cette étude indique que les variétés étudiées diffèrent pour les caractères mesurés, et présentent de la diversité pour les caractères liés à la productivité au contraire de ceux liés à la tolérance des stress. Les caractères mesurés ont été structurés en quatre composantes principales qui expliquent 95.63% de la variation totale présente au sein des données analysées. La première composante est une fonction linéaire de 12 caractères liés à la productivité. La seconde composante principale, avec 5 caractères groupés, présente la capacité de tolérance/sensibilité aux stress. La structuration des caractères mesurés suggère que la différenciation des variétés étudiées est surtout basée sur l'amélioration de la productivité, et la tolérance des stress abiotiques. L'analyse du biplot formé par les deux premières composantes principales indique, d'une part, la différenciation de Waha de Vitron et de Boussem, pour la productivité, et d'autre part la différenciation de Cirta de MBB pour la tolérance aux stress. GTA dur s'individualise grâce à son indice de récolte élevé. Waha présente de meilleures performances pour les caractères de productivité que Vitron et Boussem, alors que Cirta est plus sensible aux stress que MBB. Comparativement au cultivar MBB, Waha montre une supériorité pour les caractères liés à la productivité avec un maximum de 63.0% de rendement en plus que celui de MBB, mais elle est moins tolérante aux stress que ce dernier. Boussem, Vitron, Cirta et Gta dur performant relativement mieux que MBB, mais significativement moins que Waha. Les différences pour la tolérance des stress sont moins nettes entre variétés élites, suggérant que le criblage pour ces caractères doit être pris en compte en sélection. Les potentialités de Waha méritent d'être exploitées pour créer de la variabilité et cibler l'amélioration simultanée du nombre de grains par m² et du poids de 1000 grains chez la descendance. Ces résultats rejoignent partiellement ceux rapportés par

Acreche, et al., (2008) qui mentionnent que l'amélioration du rendement a suivi celle de l'indice de récolte et du nombre de grains par m², sans changement significatif de la biomasse aérienne. Ces auteurs mentionnent aussi que l'amélioration du nombre de grains par m² est liée à celle du nombre de grains par épi plus qu'au nombre d'épis par m² et que la tolérance est plus présente chez les variétés locales que chez les nouvelles obtentions. Ces résultats rejoignent ceux de Nouar et al., (2010) qui rapportent que relativement à MBB, les nouvelles sélections se distinguent par une amélioration significative du nombre d'épis/m², des grains/épi, de la biomasse aérienne et du tallage herbacé, associée à une réduction du poids moyen d'un grain, de la hauteur de la plante, du rendement paille et de la durée de la phase végétative.

Conclusion

Les résultats de cette étude indiquent la présence de la diversité et des différences entre variétés pour les caractères mesurés. Les 19 variables mesurées sont structurées en quatre composantes principales. Le premier groupe de caractères est une fonction linéaire de 12 caractères liés à la productivité. Le second groupe est une fonction linéaire, de 5 caractères qui représentent la tolérance aux stress abiotiques. Waha se différencie de Vitron et de Bousselam, pour la productivité, alors que Cirta se démarque de MBB pour la tolérance des stress abiotiques. GTA dur s'individualise par son indice de récolte élevé. Waha est nettement supérieure pour les caractères liés à la productivité aux autres variétés dont MBB. Bousselam, Vitron, Cirta et Gta dur performant autant sinon mieux que MBB. Les différences pour la tolérance des stress sont moins nettes entre variétés élites, suggérant que le criblage pour ces caractères doit être pris en compte en sélection. Pour exploiter les potentialités de Waha des croisements sont suggérés pour créer de la variabilité et améliorer simultanée du nombre de grains par m² et du poids de 1000 grains chez la descendance. La tolérance des stress abiotiques présente chez MBB mérite toute l'attention.

Remerciements

Les auteurs remercient le personnel du laboratoire du CNCC de Sétif pour leur assistance technique lors de la réalisation de cette expérience notamment Hadj Sahraoui Abdelkrim et Hakimi Mohamed.

Références

- Acreche, M.M., B.F. Guillermo, J. A. M. Sanchez, G. A. Slafer. 2008. Physiological bases of genetic gains in Mediterranean bread wheat yield in Spain. *Euphytica* 162:162–170.
- Adjabi, A., Bouzerzour, H., Lelarge, C., Benmahammed, A., Mekhlouf, A. A. Hannachi. 2007. Relationships between grain yield performance, temporal, stability and carbon isotope discrimination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) under Mediterranean conditions. *Journal of Agronomy*, 6: 294 – 301.
- Annicchiarico P., F. Bellah, T. Chiari. 2005. Defining sub regions and estimating benefits for a specific adaptation strategy by breeding programs: a case study. *Crop Sci.* 45: 1741 – 1749.
- Annicchiarico, P., F. Bellah, T. Chiari. 2006. Repeatable genotype x location interaction and its exploitation by conventional and GIS-based cultivar recommendation for durum wheat in Algeria. *Eur. J. Agron.* 24, 70–81.
- Bajji M, Lutts S, Kinet JM 2001. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf aging in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid conditions. *Plant Sci.*, 160, 669-681
- Barrs H.D. and Weatherley P.E., 1962. A reexamination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. *Aust. J. Biol. Sci.* 24: 519-570.
- Belagrouz, A. 2013. Analyse du comportement du blé tendre, variété WIFAK (*Triticum aestivum* L.) conduite en labour conventionnel, travail minimum et semis direct sur les hautes plaines sétifiennes. Thèse de Magister des Sciences Agronomiques FSNV, DSA, Université Ferhat Abbas, Sétif-1, 27 pages.
- Belagrouz, A., Chennafi, H., Bouzerzour, Mohamed H., Hadj Sahraoui, A., Razem, R. (2018). Relationships Among Water Use Efficiency And The Physio-Agronomic Traits In Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.) Cultivars Assessed Under Rainfed Conditions Of The Eastern High Plateaus Of Algeria. *The Journal "Agriculture And Forestry,"* 64(3), 159–172. <https://doi.org/10.17707/Agricultforest.64.3.14>
- Belkherchouche H., S. Fellah, H. Bouzerzour, A. Benmahammed, N. Chellal. 2009. Viguer de la croissance, translocation et rendement en grain du blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous conditions semi arides. *Courrier Savoir Technique & Scientifique (Revue Université de Biskra)* 7 : 25-30.

- Belkherchouche, H., A. Benbelkacem, H. Bouzerzour, A. Benmahammed. 2015. Flag leaf and awns ablation and spike shading effects on spike yield and kernel weight of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) under rainfed conditions. *Advances in Environmental Biology*, 9:184-191.
- Benbelkacem, A. 2013. Rapport national des activités du projet Inraa-Icarda 2012- 2013. 45p.
- Ceccon, G., A. dos Santos, P.E. Teodoro, C. A. da Silva Junior. 2015. Relationships between primary and secondary yield components of a maize population after 13 stratified mass selection cycles. *J. Agron.*, 15: 33-38.
- Chennafi H., A. Aidaoui, H. Bouzerzour, A. Saci. 2006. Yield response of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivar Waha to deficit irrigation under semi-arid growth conditions. *Asian J. Plant Sci.*, 5: 854-860.
-
- Cropstat. 2007. Cropstat for Windows 7.2.2007.3. International Rice Research Institute. Manila, Philippines.
- Fellahi, ZEA. 2017. Analyse génétique d'un croisement line x tester, réponse à la sélection et tolérance des stress du blé tendre (*Triticum aestivum* L.) sous conditions semi-arides. Thèse de doctorat des Sciences Agronomiques FSNV, DSA, Université Ferhat Abbas, Sétif-1, 255 pages.
- Hamli, S., M. Labhilili, K. kadi, AEH. Kabthan, M. Tagouti, M. Kamar, R. Kanzeri, M. Alyadini, H. Bouzerzour. 2015. Heat shock effects on fluorescence, membrane stability, chlorophyll content and metabolites accumulation in durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) seedlings and relationships with stress tolerance indices. *Advan.in Environ. Biol.*, 9:116-125.
- Hannachi, A., Z. Fellahi, H. Bouzerzour, A. Boutekrabt. 2013. Diallel-cross analysis of grain yield and stress tolerance-related traits under semi-arid conditions in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Electronic Journal of Plant Breeding*. 4: 1027-1033.
- Mansouri A., B. Oudjehih, A. Benbelkacem, H. Bouzerzour. 2017. Variation and inter-relationships among agronomic durum wheat (*Triticum durum* Desf.) traits under south Mediterranean growth conditions: Stepwise and path analyses. <https://doi.org/10.1155/2018/8191749>
- Mekhlouf A., F. Dehbi, H. Bouzerzour, A. Hannachi, A. Benmahammed, A. Adjabi. 2006. Relationships between cold tolerance, grain yield performance and stability of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) genotypes grown at high elevation area of eastern Algeria. *Asian Journal of Plant Science* 5: 700-708.
- Nouar, H., L. Haddad, Z. Laala, A. Oulmi, H. Zerargui, A. Benmahammed, H. Bouzerzour. 2010. Performances comparées des variétés de blé dur : Mohammed Ben Bachir, Waha et Bousselam dans la wilaya de Sétif. *Céréaliculture* 54 : 23-28.
- Oulmi, A., A. Benmahammed, Z. Laala, A. Adjabi, H. Bouzerzour. 2015. 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. Biol.*, 8: 436-443.
- Pereira de Carvalho, S., C. D. Cruz, C. G. Portela de Carvalho. 1999. Estimating gain by use of a classic selection index under multicollinearity in wheat (*Triticum aestivum*). *Genet. Mol. Biol.*, 22:109-113.
- Quinn, G.P., M.J. Keough. 2002. *Experimental Design and Data Analysis for Biologists* Cambridge University Press, The Edinburgh Building, Cambridge CB2, 2RU, United Kingdom, 557 pp.
- 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: 18 – 26.
- Salmi M., L. Haddad, A. Oulmi, A. Benmahammed, A. Benbelkacem. 2015. Variabilité phénotypique et sélection des caractères agronomiques du blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous conditions semi-arides. *European Scientific journal* vol. 11, no. 2, pp. 99–111, 2015.
- Spagnoletti-Zeuli, T.L., P.O. Qualset, 1990. Flag leaf variation and the analysis of diversity in durum wheat. *Plant Breeding*, 105: 189 - 202.