



Revue semestrielle – Université Ferhat Abbas Sétif 1

REVUE AGRICULTURE



## Analyse de la variabilité phénotypique de quelques caractères d'adaptation du blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous conditions semi-arides

Salmi Manel<sup>1</sup>, Benmahammed Amar<sup>2</sup>, Bouzerzour Hamenna<sup>2</sup>, Haddad Leila<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Département d'agronomie, Université Ferhat Abbas, Sétif 19000 Algérie.

<sup>2</sup> Département d'écologie et de biologie végétale, Université Ferhat Abbas, Sétif 19000 Algérie.

E-mail : [salmi.mnl@hotmail.fr](mailto:salmi.mnl@hotmail.fr)

### ARTICLE INFO

#### Mots clés :

Blé dur ; déficit hydrique ; sélection ; caractères ; hérabilité.

#### Key words:

Durum wheat; water deficit; selection; characters; heritability.

### RÉSUMÉ

En zones semi-arides les contraintes climatiques conditionnent fortement la performance de rendement en grain chez le blé dur. La création de variétés adaptées à la variabilité des milieux de production est le souci majeur des sélectionneurs. La présente étude a été réalisée pour analyser la variabilité phénotypique de quelques caractères d'adaptation de six populations F<sub>2</sub> de blé dur (*Triticum durum* Desf.) et leurs parents. Les résultats indiquent la présence d'une variabilité assez importante entre les génotypes évalués. Sur la base des valeurs de l'hérabilité au sens large, les résultats suggèrent que la sélection précoce de la hauteur et la durée de la phase végétative serait plus efficace que celle des autres caractères. Cette étude indique que comparativement au témoin Boussemal les lignées étudiées offrent de grandes opportunités pour réaliser des gains sur plus d'un caractère à la fois et qu'elles apportent un gain de rendement appréciable variant de 53.8 à 161.5% du rendement de Boussemal. Ce gain est accompagné par des gains positifs, mais variables en valeurs, pour la hauteur, la biomasse, l'indice de récolte, la longueur de l'épi, le nombre d'épis et le nombre de grains par épi. Le matériel sélectionné associe performance de rendement et tolérance au stress thermique mesurée par le % de dommage causés à la membrane plasmique. Il est de ce fait utile comme géniteurs pour le développement de variétés performantes et tolérantes.

### ABSTRACT

In semi-arid areas climatic constraints strongly influence grain yield performance in durum wheat. Creating varieties adapted to the variability of production environments is the major worry of breeders. The present study was conducted to analyze the phenotypic variability of some adaptive traits of six F<sub>2</sub> populations of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) and their parents. The results indicate the presence of significant variability between the evaluated genotypes. Based on the values of broad-sense heritability, the results suggest that early selection of the height and duration of the vegetative phase would be more effective than the other characters. This study indicates that compared to the witness Boussemal, studied lines offer great opportunities to realize gains on more than one character at a time and they provide a significant performance gain ranging from 53.8 to 161.5% of the yield of Boussemal. This gain is accompanied by positive gains but variable values for height, biomass, harvest index, the length of the spike, the number of spikes and number of grains per spike. The selected material combines yield performance and tolerance to heat stress measured by the % of damage caused to the plasma membrane. It is therefore utilize as parents for the development of performing and tolerant varieties.

### **Introduction:**

La production nationale en blé dur est encore faible, elle ne couvre que 20 à 25 % des besoins du pays, le reste étant importé (Hamadache et al., 2002). Parmi les alternatives offertes pour améliorer la production de cette espèce figurent l'augmentation des superficies au détriment de celles du blé tendre et/ou de l'orge, l'irrigation d'appoint, l'adoption d'un itinéraire technique plus ambitieux, notamment en termes de désherbage et de fertilisation azotée et l'adoption de variétés adaptées à la variabilité climatique des divers milieux de production. La sélection pour la productivité est plus aisée, elle est basée sur le rendement ou sur la base des composantes, notamment le nombre d'épis/m<sup>2</sup> et le poids de 1000 grains. Le potentiel des géotypes issus de ce type de sélection ne s'exprime pleinement que sous conditions favorables (Nouar et al., 2010). Sous conditions variables, ces variétés se montrent peu adaptées et présentent des interactions significatives avec les lieux de production. Ces interactions engendrent une irrégularité des performances de rendement d'une année à l'autre et d'un lieu à l'autre (Annichiarico et al., 2005 ; Adjabi et al., 2007 ; Bendjamaa et al., 2014). L'approche analytique suggère l'utilisation des caractères liés au rendement et qui confèrent l'adaptation à la variation environnementale (Laala, 2009), seuls les caractères facilement mesurables au champ (caractères phénologiques, composantes du rendement, caractères morphologiques, et certains caractères physiologiques) peuvent entrer dans ce type d'analyse (Monneveux et This, 1995). Les paramètres morpho-physiologiques d'adaptation permettent de rendre compte des phénomènes de tolérance (liés à la réduction des pertes en eau, à la régulation des quantités d'eau absorbées, et à l'ajustement osmotique réalisé par l'accumulation de composés organiques et minéraux), et des phénomènes de résistance (aptitude à maintenir l'intégrité des structures et des fonctions) (Ali Dib et al., 1992). L'utilisation de ces caractères comme critères de sélection indirecte dans un programme d'amélioration génétique peut être considérée comme une approche efficace (Kara et Bellkhiri, 2011). La présente étude a été réalisée dans le but d'analyser la variabilité phénotypique de quelques caractères d'adaptation de dix-huit variétés et lignées ségréantes de blé dur (*Triticum durum* Desf), évaluées sous conditions semi-arides.

### **Matériel et méthodes:**

#### **Mise en place de l'expérimentation**

L'expérimentation a été conduite sur le site de la Station Expérimentale Agricole de l'Institut Technique des Grandes Cultures (SEA-ITGC) de Sétif. Le site expérimental est situé à 1080 m d'altitude aux coordonnées géographiques 36° 5' N et 5° 21' E. Le matériel végétal est constitué de dix-huit variétés et lignées ségréantes (Tableau 1). La génération F<sub>2</sub> et les parents ont été mise en place le 11 du mois de décembre 2013. La parcelle élémentaire, est d'un rang de 5 m de long, avec 20 cm d'écartement entre rangs successifs et un espace de 10 cm entre graines pour les parents et de deux rangs de même dimensions pour les générations F<sub>2</sub>, la plante est prise comme répétition, avec 10 plantes retenues par parent et population F<sub>2</sub>.

#### **Notations et mesures**

Les notations et les mesures ont portés sur la détermination de la durée de la phase végétative comptée en nombre de jours calendaires à partir du 1<sup>er</sup> janvier à la date de sortie de 50% des barbes, de la gaine de la feuille étendard. La surface de la feuille étendard est déterminée à partir d'un échantillon de 10 feuilles, dont on mesure la longueur (L) et la plus grande largeur. La surface est estimée par la formule:  $SFE (cm^2) = 0.607 (L \times l)$ , où  $SFE$  = surface moyenne de la feuille étendard (cm<sup>2</sup>),  $L$  = longueur moyenne de la feuille étendard (cm),  $l$  = largeur moyenne de la feuille étendard (cm), 0,607 = coefficient de régression de la surface estimée à partir du papier grammage sur celle déduite par le produit (L x l) (Spagnoletti-Zeuli et Qualset, 1990). La hauteur de la plante (PHT, cm), est prise à maturité, du niveau du sol au sommet des épis par plante, barbes non incluses. La longueur de l'épi est mesurée à partir de la base de l'épi jusqu'à son extrémité, barbes non incluses. La teneur relative en eau a été déterminée au stade épiaison sur un échantillon de trois feuilles, selon le protocole de Pask et al., (2012). Elle est calculée par la formule suivante:  $TRE (\%) = [(PF-PS) / (PT- PS)] \times 100$ , où  $TRE$  = teneur relative en eau foliaire (%),  $PF$  = poids frais,  $PS$  = poids sec et  $PT$  = poids turgide de l'échantillon foliaire. Le pourcentage de dommages causés à la membrane plasmique par le stress a été déterminé selon le protocole d'Ibrahim et Quick (2001). Le pourcentage de cellules endommagées par le stress est estimé par la formule:  $\%Inj = 100 (EC1/ EC2)$ , où  $\% Inj$  est le % de cellules endommagées de la membrane causé par le stress,  $EC1$ , et  $EC2$  sont respectivement les conductivités d'avant et d'après passage au bain marie, respectivement à 40 et 100°C. Au stade maturité, ont été déterminés la biomasse aérienne, le nombre d'épis, le nombre et le poids des graines produites par plante, l'indice de récolte et le poids de 1000 grains. Le nombre de grains par épi est estimé par le rapport entre le nombre de grains sur le nombre d'épis produit par plante.

**Analyses des données**

Les données collectées ont été soumises à une analyse de la variance faite avec le logiciel CoStat 6. 400. Le degré de détermination génétique ( $h^2_{sl}$ ) et le gain génétique attendu de la sélection, en valeur réelle (GA) et en % de la moyenne générale du caractère sélectionné (GAM) sont déduits selon les méthodes décrites par Aquaah (2007) :  $h^2_{sl} = \sigma^2_g / \sigma^2_p$  et  $GA = k \cdot h^2_{sl} \cdot \sigma_p$  où  $\sigma^2_g$  = composante génotypique de la variance,  $\sigma^2_p$  = variance phénotypique,  $k$  = intensité de sélection exprimée en unité d'écart type, égale à 2.06 pour 5% d'individus sélectionnés,  $h^2_{sl}$  = héritabilité au sens large et  $\sigma_p$  = écart type phénotypique. Le gain de la sélection est aussi relativisé par rapport à la valeur du témoin standard pour le caractère ciblé.

**Tableau1.** Nom et pedigree des géotypes utilisés comme matériel végétal

N°	Nom/Pedigree	Abréviation	Origine croisement
1	Megress syn. Ofanto/Waha//MBB	Mgs	Sea-Itgc Sétif
2	Bousselam syn. Heider/Martes// Huevos de Oro	Bou	Cimmyt-Icarda
3	Gaviota durum	Gta	Cimmyt-Icarda
4	MBB	Mbb	Algérie
5	Beni Mestina	Btina	Inraa-Cne
6	Ofanto syn. Adamello/Appulo	Ofa	Italie
7	MBB/Mexicali	Mbb/Mex	Inraa-Cne
8	Bousselam/Adnan	Bou/Adn	Inraa-Cne
9	Jordan collection86/Ahlal	J.Col/Ahl	Inraa-Cne
10	Massara//Lahn/Ch12003	Mas//Lah//Ch	Inraa-Cne
11	Beliouni	Bel	Algérie
12	Ter-1//Mrf1/Stj2	Ter//Mrf/3/Stj	Inraa-Cne
13	Megress/Bousselam	Mgs/Bou	Sea-Itgc Sétif
14	Gaviota durum/MBB	Gta/Mbb	Sea-Itgc Sétif
15	Beni Mestina/ Ofanto	Btina/Ofa	Sea-Itgc Sétif
16	MBB/Mexicali//Bousselam/Adnan	Mbb/Mex//Bo	Inraa-Cne
17	Jordan coll86/Ahlal/3/Massara//Lahn/Ch <sub>12003</sub>	Jcol/Ahl/3/Ma	Inraa-Cne
18	Beliouni/3/Ter-1//Mrf1/Stj2	Bel/3/Ter//Mrf	Inraa-Cne

**Résultats:****Variabilité, héritabilité et gain de la sélection**

L'analyse de la variance révèle un effet génotype significatif pour l'ensemble des caractères mesurés (Tableau 2). Ces résultats indiquent la présence d'une variabilité assez importante entre les géotypes étudiés, ce qui justifie l'analyse génétique pour la sélection à fin d'améliorer la productivité et l'adaptation du blé dur en zones semi-arides.

**Tableau 2.** Valeurs moyennes des caractères mesurés et paramètres génétiques des lignées évaluées

Paramètres	DPV	SFE	PHT	BIO	HI	LE	NE	NGE	PMG	RDT	TRE	%Inj
Moyenne ( $\bar{Y}$ )	123.2	13.6	59.7	11.3	31.4	6.4	3.9	15.3	36.5	2.2	82.6	61.0
Maximum (Max)	132.0	19.2	69.4	16.5	41.7	7.8	4.9	22.8	44.0	3.4	86.5	72.8
Minimum (Min)	119.0	10.0	45.8	7.6	23.8	5.5	3.2	9.4	24.6	1.1	71.2	45.6
Amplitude (A)	13.0	9.2	23.6	8.9	17.9	2.3	1.7	13.4	19.4	2.3	15.3	27.2
A (% $\bar{Y}$ )	10.6	67.4	39.6	78.8	57.1	35.7	44.0	87.5	53.2	105.8	18.5	44.6
Ppds <sub>5%</sub>	1.2	2.1	3.7	2.5	7.1	0.5	0.9	3.3	5.3	0.7	4.0	8.3
Effet génotype	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
$h^2_{sl}$	84.8	50.2	71.2	44.2	30.9	57.2	10.3	53.3	36.3	44.2	46.0	36.3
GA	6.0	3.5	11.5	3.4	6.2	0.9	0.2	6.1	5.7	1.0	5.9	8.8
GAM	4.8	25.7	19.2	30.3	19.7	14.2	5.9	39.5	15.5	45.9	7.1	14.5

SFE = Surface de la feuille étandard (cm<sup>2</sup>), DPV = Durée de la phase végétative (j), PHT = Hauteur de la plante (cm), BIO = Biomasse aérienne (g), IR = Indice de récolte (%), LE = Longueur de l'épi (cm), NE = Nombre d'épis, NGE = Nombre de grains par épi, RDT = Rendement grain (g), PMG = Poids de mille grains (g), TRE = Teneur relative en eau (%), %Inj = dommages causés à la membrane plasmique (%), \*\* = effet significatif au seuil de 1%.

Premier Séminaire International sur: Systèmes de Production en Zones Semi-arides. Diversité Agronomique et

Systèmes de Cultures. M'sila, 04 et 05 Novembre 2015

Les valeurs prises par l'amplitude varient de 1.7 épis pour le nombre d'épis par plante à 27.2% pour les dommages causés à la membrane plasmique par le stress thermique. Ces valeurs indiquent les limites des possibilités de sélection sur la base des caractères d'intérêts. Elles varient de 10.6% de la moyenne de la durée de la phase végétative à 105.8% de celle du rendement grain par plante (Tableau 2). Le degré de détermination génétique ( $h^2sl$ ) prend des valeurs élevées, supérieures à 70%, pour la durée de la phase végétative et la hauteur de la plante. Des valeurs moyennes, situées entre 50 et 70%, sont notées pour la surface de la feuille étandard et le nombre de grains par épi, les autres variables dont notamment le rendement grain et la biomasse aérienne, qui sont d'un grand intérêt en sélection, présentent de faible  $h^2sl$ . Les fortes valeurs de l'héritabilité au sens large montrent qu'une grande partie de la variabilité observée chez les caractères concernés est d'origine génétique. De ce fait, la sélection des caractères qui présentent une héritabilité élevée serait plus efficace. Par contre la sélection des caractères à faible héritabilité est moins efficace vu que la variabilité observée du caractère étudié est due à un effet de l'environnement. Sur la base des valeurs de  $h^2sl$ , les résultats de cette étude suggèrent que la sélection précoce de la hauteur et la durée de la phase végétative serait plus efficace que celle des autres caractères. Les valeurs du GA sont élevées pour la hauteur (11.5 cm), la durée de la phase végétative (6.0 jours), l'indice de récolte (6.2%), le nombre de grains par épi (6.1 grains) et le % de dommages causés à la membrane plasmique (8.8%). Elles sont faibles pour la longueur de l'épi, le nombre d'épis par plante et le rendement grain. Exprimé en % de la moyenne du caractère, ces valeurs varient de 4.8% pour la durée de la phase végétative à 45.9% pour le rendement grain (Tableau 2).

### Gain de sélection relativement au témoin standard

La sélection est généralement faite relativement au témoin qui est la meilleure variété au moment de la sélection. Dans le cas de la présente étude le témoin est le cultivar Bousselam. Les changements des valeurs moyennes induits par la sélection, exprimés comme écarts par rapport aux valeurs du témoin sont indiqués au tableau 3.

**Tableau 3.** Valeurs des écarts extrêmes entre les moyennes des variétés et lignées évaluées et la moyenne du témoin Bousselam pour les caractères mesurés et liste des meilleures lignées sélectionnées par caractère

	DPV	SFE	PHT	BIO	IR	LE	NE	NGE	PMG	RDT	TRE	%Inj
Max	10.0	7.6	13.4	8.8	14.9	2.1	1.7	12.9	3.7	2.1	4.8	8.6
Min	-3.0	-1.6	-10.2	-0.1	-3.0	-0.2	0.0	-0.5	-15.7	-0.2	-10.5	-18.6
Mas//Lah//Ch					x							
Mgs/Bou									x		x	
Gta/Mbb												x
Mbb/Mex//Bou/Adn										x		
Jcol/Ahl/3/mas//Lah/Ch						x		x				
Bel/3/Ter//Mrf//Stj				x			x					

SFE = Surface de la feuille étandard, DPV = Durée de la phase végétative, PHT = Hauteur de la plante, BIO = Biomasse aérienne, IR = Indice de récolte, LE = Longueur de l'épi, NE = Nombre d'épis, NGE = Nombre de grains par épi, RDT = Rendement grain, PMG = Poids de mille grains, TRE= Teneur relative en eau, %Inj= dommages causés à la membrane plasmique. X = sélection sur la base du caractère marqué

La sélection mono caractère identifie 6 génotypes désirables pour l'indice de récolte (Mas//Lah//Ch), pour le poids de 1000 grains et la teneur relative en eau (Mgs/Bou), pour la tolérance du stress thermique (Gta/Mbb), pour le rendement grain (Mbb/Mex//Bou/Adn), pour la longueur de l'épi et le nombre de grains par épi (Jcol/Ahl/3/mas//Lah/Ch) et pour la biomasse aérienne et le nombre d'épis par plante (Bel/3/Ter//Mrf//Stj). Ces lignées sélectionnées apportent un gain de 14.9% pour l'indice de récolte, 3.7 g/1000 grains et 4.8% de teneur relative en eau, une réduction de 18.6% de dommages cellulaires, l'augmentation du rendement de 2.1 g par plante, l'augmentation de la longueur de l'épi de 2.1 cm et du nombre de grains/de 12.9 grains, et un gain de 1.7 épis associé à 8.8 g de biomasse (Tableau 3). Les résultats de la sélection mono caractère pratiquée dans la présente étude indiquent que relativement aux performances du témoin Bousselam, les lignées sélectionnées apportent un gain de rendement appréciable variant de 53.8 à 161.5% le rendement de Bousselam. Ce gain est accompagné par des gains positifs, mais variables en valeurs, pour la hauteur, la biomasse, l'indice de récolte, la longueur de l'épi, le nombre d'épis et le nombre de grains par épi. Le gain de rendement est associé à une amélioration de la tolérance au stress thermique, ce qui est désirable, mais aussi à

une forte réduction indésirable du poids de 1000 grains, qui est variable de -2.2 à -14.7%, selon la lignée. La variation de la surface de la feuille étendard, de la durée de la phase végétative, de la hauteur et de la teneur relative en eau est variable selon le génotype sélectionné (Tableau 4).

**Tableau 4.** Gain (%) relativement à la moyenne du témoin Boussemal, induit par la sélection mono caractère.

Lignées	DPV	SFE	PHT	BIO	IR	LE	NE	NGE	PMG	RDT	TRE	%Inj
Mas//Lah//Ch	0.0	41.4	13.9	1.3	55.6	33.3	18.8	57.6	-10.7	53.8	-0.4	-12.3
Mgs/Bou	-0.8	7.8	9.1	54.5	33.6	8.8	21.9	71.7	9.2	123.1	5.9	-11.4
Gta/Mbb	2.5	3.4	21.3	88.3	18.7	15.8	37.5	78.8	-10.4	115.4	3.2	-29.0
Mbb/Mex//Bou/Adn	0.0	7.8	22.1	80.5	33.2	21.1	31.3	119.2	-2.2	161.5	5.5	-16.4
Jcol/Ahl/3/mas//Lah/Ch	-0.8	43.1	18.4	71.4	41.4	36.8	28.1	130.3	-14.1	146.2	-1.8	-1.7
Bel/3/Ter//Mrf//Stj	2.5	-13.8	23.9	114.3	4.1	14.0	53.1	34.3	-8.9	84.6	4.7	-3.9

SFE = Surface de la feuille étendard, DPV = Durée de la phase végétative, PHT = Hauteur de la plante, BIO = Biomasse aérienne, IR = Indice de récolte, LE = Longueur de l'épi, NE = Nombre d'épis, NGE = Nombre de grains par épi, RDT = Rendement grain, PMG = Poids de mille grains, TRE = Teneur relative en eau, %Inj = dommages causés à la membrane plasmique.

Pour la région ciblée des hauts plateaux, la hauteur de la végétation, la durée de la phase végétative et la surface de la feuille étendard semblent être proches de celles qui caractérisent le témoin Boussemal. La biomasse, le rendement, les composantes du rendement, l'indice de récolte, la longueur de l'épi et les indices de tolérance des stress (TRE et %Inj) sont, par contre, candidats à l'amélioration (Fellahi et al., 2013 ; Hamli et al., 2015b). Les résultats indiquent qu'il est difficile d'améliorer simultanément les nombres d'épis et des grains par épi et le poids de 1000 grains, sur la base de la sélection d'un caractère à la fois, le recours à la sélection sur indice est justifié dans ce cas. Ces résultats corroborent celles rapportées dans la littérature spécialisée. Ainsi utilisant un indice de sélection qui intègre la durée du cycle, la hauteur, la longueur de l'épi, le poids de 1000 grains, la biomasse et le rendement, Kumar et al., (2012) enregistrent un gain de rendement de 127.5%. Ferdous et al., (2010) mentionnent que le nombre de grains/épi, le poids de 1000 grains et le nombre d'épis par plante contribuent positivement au rendement et de ce fait doivent être inclus dans un indice de sélection pour améliorer le rendement. Hussain et al., (2004) trouvent une  $h^2sl$  de 92.0% pour le nombre d'épis/m<sup>2</sup>, et utilisant une intensité de sélection de 20%, ils obtiennent une différentielle de sélection de 91.5 épis/m<sup>2</sup> et une réponse à la sélection de 88.4 épis /m<sup>2</sup>. Les mêmes auteurs rapportent une longueur de l'épi de 13.3 cm avec une  $h^2sl$  de 82%, enregistrant une différentielle de sélection de 2.3 cm et une réponse à la sélection de 1.8 cm. Le poids de 1000 grains montre une  $h^2sl$  de 74.0%, une différentielle de 6.2 g/1000 grains et une réponse à la sélection de 5.3 g/1000 grains. Saleem et al., (2003) enregistrent une héritabilité variable de 63.31 à 90.86 pour le poids de 1000 grains et un gain attendu de la sélection de 7.90 à 21.5 g pour 1000 grains. Ces auteurs rapportent, à l'inverse des résultats de cette étude, une  $h^2sl$  (90%) et un GA (11.61 g/plante) élevés pour le rendement grain. Suite à une analyse en chemin (path analysis), Subhashchandra et al., (2009) mentionnent que la longueur de l'épi exerce un effet direct positif et élevé sur le rendement/plante, suivi du nombre de talles fertiles ; de ce fait ces auteurs proposent que les efforts de la sélection doivent se concentrer sur ces deux caractères pour améliorer indirectement le rendement grain.

#### Conclusion:

Les résultats de cette recherche indiquent que comparativement aux performances du témoin Boussemal, les lignées étudiées apportent un gain de rendement appréciable. Ce gain est accompagné par des gains positifs, mais variables en valeurs, pour la hauteur, la biomasse, l'indice de récolte, la longueur de l'épi, le nombre d'épis et le nombre de grains par épi. Ils indiquent aussi, que de manière générale, il y a opposition entre l'augmentation des nombres d'épis et des grains par épi et l'augmentation du poids de 1000 grains. Le gain de rendement est associé à une amélioration de la tolérance au stress thermique, ce qui est désirable, mais aussi à une forte réduction indésirable du poids de 1000 grains. L'étude de la réponse de la descendance de cette sélection est plus qu'intéressante pour identifier les caractères dont la variation est plus d'origine génétique qu'environnementale

### Références bibliographiques:

- Adjabi, A., Bouzerzour, H., Lelarge, C., Benmahammed, A., Mekhlouf, A. and Hannachi, A. 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. 2007
- Ali Dib, T., Monneveux, P., & Araus, J.L. Adaptation à la sécheresse et notion d'idéotype chez le blé dur. II : caractères physiologiques d'adaptation. *Agronomie*, 12 :381-393. 1992
- Annichiarico, P., Bellah, F., and Chiari, T. Defining sub regions and estimating benefits for a specific adaptation strategy by breeding programs: a case study. *Crop Sci*. 45: 1741 – 1749. 2005
- Bendjama, A., Bouzerzour, H., and Benbelkacem, A. Adaptability of durum wheat genotypes (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) to contrasted locations. *Aust. J. Basic & Appl. Sci.* 8(6): 390 - 396. 2014
- Fellahi, Z., Hannachi, A., Guendouz, A., Bouzerzour, H., and Boutekrabt, A. Genetic variability, heritability and association studies in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Electronic Journal of Plant Breeding*. 4: 1161 - 1166. 2013
- Ferdous, M. F., Shamsuddin, A. K. M., Hasna, D., and Bhuiyan, M. M. R. Study on relationship and selection index for yield and yield contributing characters in spring wheat. *J. Bangladesh Agricul. Univ.* 8: 191–194. 2010
- Hamadache, A. Evolution récente des principales ressources fourragères et possibilités d'amélioration en Algérie. *Céréaliculture*, 35 : 13-20. 2002
- Hamli, S., Bouzerzour, H., Benmahammed, A., Oulmi, A., Kadi, K., and Addad, D. Déterminisme génétique des caractères morpho-physiologiques liés au rendement chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) en zone semi-aride des hauts plateaux Sétifiens, Algérie. *European Scientific Journal*. 12 : 146-160. 2015<sup>b</sup>
- Hussain, I., Afridi, K., and Afridi, N. Heritabilities and selection responses for yield and yield related traits in spring wheat. *Sarhad J. Agric.* 3: 17-25. 2004
- Ibrahim, A., and Quick, J. S. Heritability of heat tolerance in winter and spring wheat. *Crop Sci*. 41:1401–1405. 2001
- Kara, Y., & Bellkhiri, C. Etude des caractères d'adaptation au déficit hydrique de quelques variétés de blé dur et d'espèces sauvages apparentées: intérêt potentiel de ces variétés pour l'amélioration de la production. *Courrier du Savoir*, N°11, 119-126. 2011
- Kumar, C.V.S., Sreelakshmi, Ch., and Shivani, D. Selection indices for yield in rabi sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) genotypes. *Electronic Journal of Plant Breeding*, 3: 1002-1004. 2012
- Laala, Z. Analyse en chemin des relations entre le rendement en grains et les composantes chez des populations F3 de blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous conditions semi-arides. Mémoire de magister, Faculté des Sciences, Département d'Agronomie. Université Ferhat Abbas, Sétif. 97p. 2010
- Monneveux, D., and Depigny-This. Intégration des approches physiologiques, génétiques et moléculaires pour l'amélioration de la tolérance à la sécheresse chez les céréales. In : Quel avenir pour l'amélioration des plantes ? Ed. AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext. Paris. pp: 149-163. 1995
- Nouar, H., Haddad, L., Laala, Z., Oulmi, A., Zerargui, H., Benmahammed, A., and Bouzerzour, H. Performances comparées des variétés de blé dur : Mohammed Ben Bachir, Waha et Bousselam dans la wilaya de Sétif. *Céréaliculture*. 54 : 23-28. 2010
- Pask, A. J. D., Pietragalla, J., Mullan, D. M., and Reynolds, M. P. (Eds.). *Physiological Breeding II: A field guide to wheat phenotyping*. Mexico, D.F.: CIMMYT. 2012
- Saleem, I., Khan, A. S., and Ali, Z. Estimating of heritability and gentic advance for grain yield traits in *Triticum aestivum* L. *J. Anim. Pl. Sci.*13: 52- 54. 2003
- Spagnoletti-Zeuli, T. L., and Qualset, P. O. Flag leaf variation and the analysis of diversity in durum wheat. *Plant Breeding*. 105: 189 - 202. 1990
- Subhashchandra, B., Lohithaswa, H.C., Desais, S. A., Hanchinal, R. R., Kalappanavar, I. K., Math, K. K., and Salimath, P. M. Assessment of genetic variability and relationship between genetic diversity and transgressive segregation in tetraploid wheat. *Karnataka J. Agric. Sci.* 22: 36 -38. 2009