

SELECTION MULTI-CARACTERES POUR AMELIORER LE NIVEAU ET LA STABILITE DU RENDEMENT DE L'ORGE (*Hordeum vulgare* L.) EN ZONE SEMI-ARIDE

Reçu le 03/07/2001 – Accepté le 08/03/2003

Résumé

La présente étude a été conduite sur le site expérimental de la Station de la Recherche Agronomique ITGC de Sétif (Algérie), au cours des campagnes agricoles 1996/97 et 1997/98. L'objectif est de sélectionner sur la base de plus d'un caractère pour tenter de réduire la variation inter-environnementale des rendements en grains et d'en améliorer le niveau chez l'orge (*Hordeum vulgare* L.) cultivée en zone semi-aride. Plusieurs combinaisons de caractères, intervenants par niveau indépendant, ont été comparées relativement à la sélection mono-caractère sur la base de la biomasse aérienne. Les résultats indiquent que la sélection sur la base de la combinaison faisant intervenir la hauteur des plantes, le nombre d'épis/m² et l'indice de récolte s'est révélée en mesure de contrôler efficacement la variation inter-annuelle du rendement en grains, tout en gardant la productivité à un niveau acceptable.

Mots clés: *Hordeum vulgare* L., sélection, multi-caractères, stabilité, niveau de rendement, semi-aride.

Abstract

This study was conducted on the experimental site of the Agricultural Research Station, ITGC near Sétif (Algeria), during the 1996/97 and 1997/98 cropping seasons. The main objective was to select on the basis of more than one trait as an alternate way to reduce from grain yield variation between environments and to improve barley (*Hordeum vulgare* L.) grain yield level in semi-arid area. Several trait combinations were compared to unisearch selection based on above ground biomass. Results showed that selection based on the combination including plant height, spikes /m² and harvest index was able to control efficiently grain yield variation between environments while keeping productivity at an acceptable level.

Keywords: *Hordeum vulgare* L., selection, multi-traits, stability, Grain yield level, semi-arid.

A. BENMAHAMMED¹

A. KERMICHE²

L.K. HASSOUS¹

A. DJEKOUN³

H. BOUZERZOUR⁴

¹SRA. ITGC, BP 03
19000 Sétif, Algérie

²ENSA- INA
Département Phytologie
El Harrach, Alger, 16200

³Laboratoire Ecophysiologie
Faculté des Sciences
Université Mentouri
Constantine, Algérie

⁴Institut Sciences de la Nature
Département d'Agronomie
Centre Universitaire Larbi Ben M'hidi
4000 Oum El Bouaghi, Algérie

ملخص

تمت هذه الدراسة في محطة البحوث الزراعية التابعة للمعهد التقني للمحاصيل الحقلية خلال المواسم 1996/97 و 1997/98. الهدف منها هو الانتخاب باستعمال عدة صفات لتحسين استقرار ومستوى مردود الشعير في المناطق الشبه الجافة. تمت مقارنة عدة تنسيقات للصفات المتدخلة بمستوى منفرد بالانتخاب على أساس الكتلة الحيوية. تبين النتائج أن الانتخاب على طول النبات، عدد السنابل/م² ودليل الحصاد يتحكم بفعالية في التباين السنوي مع الاحتفاظ بمستوى مقبول للمردود.

الكلمات المفتاحية: شعير، الانتخاب، عدة صفات، استقرار، مستوى المردود، الشبه الجافة.

La sélection de nouvelles variétés est faite, le plus souvent, sur la seule base du rendement en grains. Cette sélection directe s'est révélée inefficace dans l'identification de génotypes adaptés aux milieux variables. Dans de telles situations, la recherche de la stabilité du rendement est prioritaire, tout en cherchant à cumuler chez un génotype donné la productivité et l'adaptation à la variation de l'environnement de production [1,2,3].

L'amélioration du rendement est réalisable suite à la sélection directe ou indirecte sur la base des composantes [4]. L'amélioration de l'adaptation est par contre plus difficile. Les caractères favorisant l'adaptation sont en effet nombreux et fonctions des environnements ciblés [5,6,7]. La biomasse aérienne produite et le degré de sa répartition sont des caractéristiques qui renforcent l'adaptation et la productivité dans un milieu donné [8,9]. La hauteur des plantes, suite à ses effets bénéfiques lors des années sèches, effets attribués aux réserves stockées dans le col de l'épi, est une des caractéristiques qui contribuent à une meilleure adaptation [10,5].

La présente étude se propose d'identifier les caractères qui contribuent à la productivité et à l'adaptation et de les utiliser comme critères de sélection pour tenter d'améliorer le niveau et la stabilité du rendement de l'orge (*Hordeum vulgare* L.) conduite en zone semi-aride.

MATERIELS ET METHODES

L'expérimentation a été conduite au cours des deux campagnes agricoles 1996/97 et 1997/98 sur le site expérimental de la Station de la recherche agronomique relevant de l'Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC) sise près la ville de Sétif (Algérie). Les précipitations enregistrées au cours des deux campagnes, dans l'ordre cité plus haut, du mois de septembre au mois de juin inclus, ont totalisé 189,6 et 477,8 mm. Comparativement au cumul moyen de septembre à juin, de la période 1961/1991, le déficit a été de 201,4 mm pour la première campagne et il y a eu un excès de 86,0 mm pour la seconde campagne. Cette forte variation des cumuls pluviométriques est une des caractéristiques des régions semi-arides.

L'essai mis en place compte 266 escourgeons d'orge (*Hordeum vulgare* L.) de génération F5. Le matériel végétal a été semé dans un dispositif en blocs avec trois répétitions. La parcelle élémentaire fait 6 rangs de 5 m de long. Les notations ont porté sur la détermination de la durée de la phase semis-épiaison (DHE, j), la durée du cycle de développement, la hauteur des plantes (PHT, cm), la biomasse aérienne (BIO, g/m²), le nombre d'épis (NE/m²), le rendement en grains (RDT, g/m²), l'indice de récolte (HI, %), le poids de mille grains (PMG, g) et le nombre de grains par épi (NGE).

La sélection (S) a été opérée dans le sens des fortes valeurs des caractères utilisés comme critères de sélection multi-caractères et dans le sens des faibles valeurs de la biomasse aérienne pour la sélection mono-caractère. Cette dernière est utilisée comme référence pour le calcul de la différentielle et de la réponse à la sélection multi-caractères qui a été opérée sur la base des combinaisons de variables suivantes: biomasse aérienne et indice de récolte (S_{BIO+HI}), biomasse aérienne, rendement en grains et indice de récolte (S_{BIO+RDT+HI}) et hauteur des plantes, nombre d'épis/m² et indice de récolte (S_{PHT+NE+HI}).

Le coefficient de l'héritabilité au sens large (h²sl) et le gain génétique attendu en sélection (GGA) ont été calculé pour les différents caractères utilisés comme critère de sélection. h²sl a été calculée par le rapport de la variance génétique sur la variance phénotypique suite à la décomposition des carrés moyens des écarts [11]. GGA a été calculé selon la formule donnée par Olmedo-Arcega *et al.* [12]: $GGA = h^2 \cdot k \cdot \sigma_p$, avec $k = 2,05$ et σ_p est la racine carrée de la variance phénotypique. La différentielle de

sélection (DS) a été estimée par la différence entre les moyennes des sélections multi- et mono-caractères: $DS = S_{BIO+HI} - S_{BIO}$ [13,14]. La signification de la différentielle de sélection est déterminée par rapport à la plus petite différence significative au seuil de 5%.

Les 20 géotypes (cinq par combinaison de caractères) sélectionnés plus le témoin Tichedrett ont été semés au cours de la seconde campagne dans un dispositif similaire à celui adopté la première campagne. Les caractères utilisés comme critères de sélections ont été mesurés et leur réponse à la sélection pratiquée (RS) a été déterminée par la différence entre les moyennes des sélections multi et mono-caractères: $RS = S_{BIO+HI} - S_{BIO}$ [14]. L'héritabilité réalisée, des variables utilisées en sélection, a été déterminée par le rapport de la réponse à la sélection sur la différentielle de sélection: $h^2_{réal} = RS/DS$ [15]. Le degré de stabilité du rendement en grains des lignées issues de la sélection sur la base d'une combinaison donnée de caractères est estimé par l'écart entre les moyennes de rendement des deux campagnes des lignées concernées [1].

RESULTATS ET DISCUSSION

1- Détermination des caractères à utiliser comme critères de sélection

L'analyse de la variance des données de la première année d'étude (1996/97) indique des effets génotypiques significatifs. Une importante variabilité phénotypique pour l'ensemble des caractères mesurés est ainsi mise en évidence. Cette variabilité est en partie d'origine génétique et la sélection peut être conduite sur la base des variables analysées dont les valeurs caractéristiques sont données au tableau 1.

L'étude des liaisons phénotypiques montre que le rendement en grains est corrélé positivement au nombre d'épis/m² ($r_{NE,RDT} = 0,55$; $P < 1\%$), au nombre de grains par épi ($r_{NGE,RDT} = 0,56$; $P < 1\%$), au poids de 1000 grains ($r_{PMG,RDT} = 0,75$; $P < 1\%$), à la hauteur de la plante ($r_{RDT,PHT} = 0,78$; $P < 1\%$), à la biomasse aérienne ($r_{RDT,BIO} = 0,96$; $P < 1\%$), et à l'indice de récolte ($r_{HI,RDT} = 0,54$; $P < 1\%$). Le rendement est négativement corrélé à la durée de la phase semis-épiaison ($r = -0,53$; $P < 1\%$). Les géotypes précoces sont donc en général plus productifs comparativement aux géotypes tardifs au stade épiaison. Ces résultats rejoignent ceux rapportés par Ceccarelli *et al.* [16] et par Oosterom *et al.* [17].

variables	DHE	DM	PHT	NE	NGE	PMG	BIO	RDT	HI
Maximale	136	154	56.3	766.6	48.4	54.6	1528.5	771.0	63.8
Minimale	106	144	21.5	177.8	6.7	22.6	267.0	61.5	35.6
Moyenne	120.8	147.6	42.5	425.3	25.3	36.5	811.1	407.0	48.7
Ppds _{5%}	--	--	3.7	55.0	3.7	2.4	131.1	59.2	7.9

NE = nombre d'épis/m², NGE = nombre de grains par épi, PMG = poids de 1000 grains, en g, RDT = rendement en grains, g; PHT = hauteur des plantes, cm; BIO = biomasse aérienne, g; HI = indice de récolte, %; DHE = durée du 1 janvier à l'épiaison, j; DM = durée à la maturité, j.

Tableau 1: Valeurs maximales, moyennes et minimales caractéristiques du matériel végétal suivi au cours de la campagne 1996/97 sur le site expérimental de la station ITGC de Sétif (n= 266).

Pas	variable expliquée	variables explicatives	R ²
1	RDT =	0,541 BIO - 24,9	0,9117
2	RDT =	0,501 BIO + 8,241 HI - 403,22	0,9818
3	RDT =	0,510 BIO + 8,130 HI - 0,033 NE -292,07	0,9821
4	RDT =	0,519 BIO + 8,125 HI - 0,041 NE - 0,417 PHT -378	0,9822

Tableau 2: Régression progressive du rendement en grains sur les caractères mesurés.

La durée de la phase semis-épiaison est négativement corrélée à la hauteur des plantes ($r = -0,455$; $P < 1\%$), au nombre d'épis/m² ($r = -0,403$; $P < 1\%$), au poids moyen du grain ($r = -0,587$; $P < 1\%$), à la biomasse aérienne ($r = -0,524$; $P < 1\%$) et positivement corrélée avec la durée du cycle de développement ($r = 0,628$; $P < 1\%$). Le degré de précocité au stade maturité ne présente pas de corrélation significative avec le rendement. La différence entre le poids de 1000 grains, estimé avant la date de maturité complète et celui obtenu à maturité est cependant corrélée négativement avec le rendement ($r = -0,41$; $P < 1\%$). Les génotypes tardifs au stade maturité sont donc plus pénalisés du point de vue rendement comparativement aux génotypes qui terminent plus tôt leur remplissage du grain. Ces résultats rejoignent ceux rapportés par Samarrai *et al.* [18] et par Abbassenne *et al.* [19].

La corrélation positive et significative entre la hauteur des plantes et le rendement en grains suggère que la sélection de génotypes hauts améliore la production surtout en conditions limitantes. Ortiz *et al.* [20] affirment qu'une paille haute joue un rôle essentiel dans la tolérance au déficit hydrique terminal. Nachit et Jarrah [10] ainsi que Sharma et Smith [15] attirent eux aussi l'attention sur les avantages des pailles hautes dans les environnements où l'eau est le facteur le plus limitant de la production des céréales. Une haute paille compense le manque à gagner dans les cas où le rendement en grains vient, à cause des effets des stress tardifs, à être réduit à sa plus simple expression [21].

La liaison du rendement avec la biomasse aérienne est rapportée par plusieurs auteurs [22,23]. Selon Bouzerzour *et al.* [9] la sélection d'une forte biomasse amène une amélioration du nombre d'épis, de la hauteur de paille, du degré de tardiveté et des rendements en paille et en grains. Boukharouba [24] réussit, cependant à montrer que les caractères qui contribuent à la réalisation d'un niveau donné de biomasse aérienne changent en fonction des environnements. Ces variations n'affectent pas la liaison rendement en grains-biomasse aérienne, en générale, mais affectent la reproductibilité de cette liaison chez un génotype donné.

Les coefficients de corrélation montrent aussi que la biomasse est plus liée à la hauteur des tiges ($r = 0,807$; $P < 1\%$) qu'au poids de mille grains ($r = 0,730$; $P < 1\%$) ou au nombre d'épis ($r = 0,652$; $P < 1\%$). Bouzerzour *et al.* [25] mentionnent, eux aussi, que la biomasse est conditionnée par les épis produits par unité de surface, en année favorable et par la hauteur de la paille, en année sèche. Le rendement est aussi lié positivement à l'indice de récolte. La liaison positive du nombre de grains par épi ($r = 0,660$;

$P < 1\%$) et du poids de mille grains ($r = 0,440$; $P < 1\%$) avec l'indice de récolte explique la contribution de ces deux caractères à cette variable.

Les caractères constitutifs de l'architecture de la plante contribuent donc tous à la réalisation d'un bon rendement en grains. Une longue phase végétative n'est cependant pas bénéfique pour obtenir de hauts rendements, au contraire, les génotypes relativement précoces sont les plus productifs. Les différences du point de vue durée totale du cycle ne semblent pas contribuer à faire les différences de rendement en grains. Les caractères qui semblent donc convenir comme critères de sélection pour améliorer le rendement sont le rendement lui-même, la hauteur des plantes, les composantes du rendement, l'indice de récolte, la biomasse aérienne et la durée de la phase végétative.

De tous les caractères soumis à l'analyse, la régression progressive ne retient que quatre (Tab.2). La biomasse aérienne est le premier caractère à entrer l'équation. Cette variable explique 91,17% de la variation du rendement en grains. L'indice de récolte est le second caractère accepté pour améliorer la part expliquée de la variation du rendement. Le nombre d'épis/m² et la hauteur des plantes n'apportent que peu de changement. Ces derniers contribuent probablement plus indirectement par le biais des deux premiers caractères entrés. Bouzerzour *et al.* [9] trouvent que la variation du rendement en grains est largement expliquée par la biomasse aérienne complétée par l'indice de récolte.

2- Héritabilité, gain génétique attendu et différentielle de sélection

Le coefficient de l'héritabilité au sens large est très élevé pour l'ensemble des caractères utilisés comme critères de sélection, mise à part celui de l'indice de récolte. Il s'en suit un gain génétique attendu en sélection sur la base de ces variables appréciable (Tab.3). Ces 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. La sélection sur la base de tels caractères serait donc aisée, comme semble l'indiquer le gain génétique attendu en sélection, exprimé en pour cent de la moyenne. Des gains équivalents et parfois supérieurs à la moyenne de l'ensemble des génotypes évalués sont attendus. Tel est le cas pour la biomasse aérienne et le rendement en grains (Tab.3).

Un gain génétique élevé est dû à un coefficient d'héritabilité élevé, associé à une forte variabilité phénotypique. En absence d'effet du milieu, une grande partie de ce gain est transmise à la génération suivante. Le coefficient d'héritabilité est calculé par le rapport de la

Paramètres	Variables				
	PHT	NE	BIO	RDT	HI
h ² sl (%)	94.83	95.16	96.08	97.40	58.00
GGA	19.87	303.5	811.6	458.0	9.0
GGA (%)	23.22	71.24	100	112.5	18.4
X _{LBIO}	28.1	211.1	273.2	121.9	40.2
DS _{BIO+HI}	21.7*	277.8*	909.2*	552.9*	24.3*
DS _{BIO+HI+RDT}	31.2*	320.9*	1102.0*	627.2*	12.4*
DS _{PHT+NE+HI}	24.7*	320.0*	1012.2*	579.5*	20.9*

XLBIO = valeurs moyennes du groupe avec faible biomasse aérienne.

Tableau 3: Héritabilité, gain génétique attendue et différentielle de sélection.

Source	ddl	PHT	NE	BIO	RDT	HI
Anova de tous les groupes de sélections						
Année (E)	1	1786**	247933**	10483496**	1516073**	527.06**
Génotype (G)	20	374.9ns	57144**	450042**	100992*	82.36ns
G x E	20	348.9**	21013**	188106**	87598**	101.46**
Résiduelle	82	4.2	1147	2436	716	2.97
Anova sans les génotypes du groupes L_{BIO}						
Année (E)	1	1,51	47326**	4212619**	337036**	427.06**
Génotype (G)	15	354,9**	23051ns	122487*	38709*	64.07ns
G x E	15	48.6**	11902**	54949**	12410**	43.37**
Résiduelle	62	4.0	1137	2816	876	3.33

ns, *, **= effet non significatif et significatif à 5 et 1% respectivement .

Tableau 4: Carrées moyens des écarts de l'analyse de la variance des deux années des groupes de génotypes sélectionnés.

variance génétique sur la variance phénotypique. La variance génétique est la somme des variances d'origine additive et d'interaction génotype x environnement. La première est fixable alors que la seconde est plus dépendante des effets de l'environnement et de la réaction des génotypes évalués vis-à-vis de la variation environnementale.

Plus les génotypes sont sensibles à la variation du milieu, plus le coefficient de l'héritabilité est surestimé, parce que la variance génétique contient une grande part de la variance d'interaction qui est purement environnementale et ne renseigne en rien sur les possibilités génétiques des lignées sous sélections. Bouzerzour et Dekhili [26] montrent que la composante d'interaction est souvent très élevée en valeur, atteignant parfois plus de 70% de la variance génétique totale. Une variance d'interaction élevée est indicatrice de peu de ressemblance entre environnements, de sorte qu'un caractère donné, mesuré dans deux environnements, se comporte comme deux caractères différents. L'efficacité de la sélection est fortement réduite dans de telles situations [3]. Ces résultats expliquent les tentatives d'utilisation des caractères qui soient relativement moins sensibles à la variation environnementale comme critères de sélection.

Les différentielles de sélection obtenues, suite à la sélection multi-caractères, sont très élevées en valeurs pour le rendement en grains, la biomasse aérienne et pour le nombre d'épis/m² (Tab.3). Les meilleures valeurs de la

différentielle de sélection, par caractère, sont en général observées chez la variable qui est entrée la première dans la combinaison utilisée comme critère de sélection. Les valeurs des différentielles obtenues sont largement supérieures à la plus petite différence significative. Elles sont donc d'origines génétique aussi bien qu'environnementale, ce qui sécurise en ce qui concerne la réponse à la sélection.

3- Réponse à la sélection

L'analyse de variance des lignées sélectionnées indique des effets génotypique et interaction génotype x année significatifs pour le nombre d'épis/m², la biomasse aérienne et le rendement en grains. L'effet génotype n'est pas significatif pour la hauteur des plantes et l'indice de récolte, mais l'interaction l'est (Tab.4). L'interaction génotype x année significative est indicatrice de la réactivité différentielle des génotypes sélectionnés à la variation du milieu d'évaluation. L'effet année est très marqué pour l'ensemble des caractères mesurés. Il indique que les potentialités du milieu d'évaluation diffèrent fortement d'une année à l'autre, et elles entraînent des réponses génotypes très variées ce qui engendrent des interactions G x E de nature qualitatives (cross over) dans la mesure où la seconde campagne a été plus favorable à l'expression génotypique. Elle l'a été, en fait, plus pour les génotypes issues de la sélection mono-caractère (Tab. 3 et 5).

Ces derniers se sont mieux comportés au cours de la

Critères	Caractères mesurés				
	PHT	NE	BIO	RDT	HI
X _{L_{BIO}}	60,6	449,6	1347,3	674,7	50,4
RS _{BIO+HI}	-13,1	113,1	116,2	50,0	-1,1
RS _{BIO+HI+RDT}	-9,24	82,6	178,1	33,6	-4,0
RS _{PHT+NE+HI}	-0,20	82,4	294,0	40,2	-6,6
Ppds _{5%} (1)	21,5	165,0	500,0	314,8	16,4
Ppds _{5%} (2)	8,2	125,9	270,7	128,0	11,0

X_{L_{BIO}} = valeurs moyennes du groupe avec faible biomasse aérienne. (1) et (2) Ppds basée sur le CME GxE avec et sans les lignées L_{BIO}.

Tableau 5: Réponses à la sélection (RS) sur la base de différentes combinaisons de caractères dont la biomasse (BIO), l'indice de récolte (HI), le rendement en grains (RDT), le nombre d'épis/m² (NE) et de la hauteur des plantes (PHT).

seconde campagne comparativement aux génotypes issues de la sélection multi-caractères, qui ont d'une manière général sous-valorisé le milieu de production. Les lignées sélectionnées sur la base d'une faible biomasse sont donc plus instables, alors que celles issues de la sélection multi-caractères, en répondant moins à la variation environnementale, se comportent comme des lignées plus stables. Il n'est pas exclu, dans cette hypothèse, qu'une part importante de la variance d'interaction génotype x année observée est due en grande partie au comportement des sélections faites sur la base d'une faible biomasse aérienne.

L'analyse de la variance faite sans les lignées issues de la sélection mono-caractère montre effectivement une réduction des carrés moyens des écarts de l'interaction G x E (Tab.4). Les lignées issues de la sélection L_{BIO} contribuent pour 86,07; 43,35; 70,8; 63,0 et 57,25% à la variance d'interaction respectivement de la hauteur, du nombre d'épis/m², de la biomasse aérienne, du rendement en grains et de l'indice de récolte.

Ces effets se reflètent sur la réponse à la sélection qui est moindre en valeur et même non significative au vue des valeurs prises par la plus petite différence significative, calculée sur la base du carré moyen de l'interaction de l'analyse de la variance avec les lignées issues de la sélection mono-caractère (Tab.4). Les valeurs de la Ppds, dans ce cas, sont trop élevées suite aux valeurs prises par les carrés moyens de l'interaction correspondants. En utilisant la Ppds calculée sans les lignées issues de la sélection mono-caractère, les résultats indiquent que la sélection sur la base de la biomasse aérienne + l'indice de récolte, comme celle faite sur la base de ces mêmes caractères + le rendement en grains réduit significativement la hauteur de paille. La sélection faite sur la base de la hauteur des plantes + le nombre d'épis/m² + l'indice de récolte n'affecte pas la hauteur des plantes comparativement à la moyenne des lignées issues de la sélection mono-caractère (Tab.5).

La sélection sur la base de la biomasse aérienne plus l'indice de récolte améliore le nombre d'épis/m² alors que celle sur la base de la hauteur + le nombre d'épis + l'indice de récolte affecte significativement et positivement la biomasse aérienne. L'indice de récolte ne change pas de manière significative quelle que soit la combinaison de caractères utilisée comme base de sélection. Le rendement en grains change positivement et dans les mêmes ordres de grandeur chez les trois sélections réalisées, mais les valeurs

restent en deçà du seuil de signification statistique (Tab.5).

L'étude de la variation des moyennes du rendement en grains, en fonction des combinaisons de caractères utilisées comme critères de sélection, indique que le groupe de génotypes issues de la sélection mono-caractère est relativement plus sensible à la variation des années (Fig.1). Ce groupe de génotypes fait varier, en passant d'une année à l'autre, son rendement en grains par un facteur de 5 (132 à 674 g/m²). Comparativement, les groupes de génotypes issues de la sélection multi-caractères affichent une meilleure stabilité de production par unité de surface. Le degré de stabilité est plus élevé chez le groupe de génotypes issues de la combinaison " hauteur des plantes + le nombre d'épis + l'indice de récolte " qui se caractérise par un niveau de rendement relativement constant et un faible écart inter-années, meilleur que celui de la variété locale Tichedrett (Fig.1).

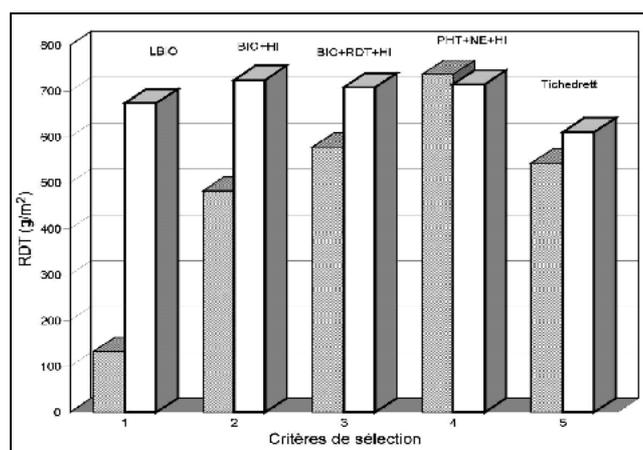


Figure 1: Moyennes du rendement en grains des deux années, réalisées par les groupes de génotypes sélectionnés selon différentes combinaisons de caractères (hachuré: 1996/97, en blanc: 1997/98).

Ceccarelli *et al.* [3] ont montré les limites de la sélection mono-caractère en milieux variables. Madhy [27] suggère qu'une bonne variété pour les milieux variables doit être sélectionnée sur la base de plusieurs caractéristiques qui assurent adaptation et productivité. Les résultats de la présente étude montrent que la hauteur des plantes et le nombre d'épis produit par unité de surface, caractères qui contribuent conjointement à la réalisation d'une bonne

biomasse aérienne base sur la base de laquelle s'élabore le rendement, sont parmi ses caractéristiques.

CONCLUSION

La sélection multi-caractères identifie des lignées plus stables et qui minimisent la baisse de rendement en grains dans les environnements défavorables. La combinaison intégrant la hauteur des plantes, le nombre d'épis et l'indice de récolte se révèle la plus efficace du point de vue stabilité et niveau de rendement en grains. Les caractères liés à la biomasse et qui contribuent à la productivité et à l'adaptation sont la hauteur et le nombre d'épis/m². Une biomasse qui émerge suite à la contribution concomitante de la hauteur de paille et du nombre d'épis/m² est indicatrice d'une meilleure stabilité de la production.

L'indice de récolte, dans ce cas, impose le contrôle sur le degré de répartition de la biomasse ainsi produite. Ces variables sont facilement mesurables et avec une meilleure précision, surtout pour la hauteur et le nombre d'épis/m², leur utilisation semble donc relativement moins onéreuse à mettre en œuvre sur de nombreuses lignées soumises au criblage, tel que couramment rencontré sur les générations F5-F7. Une telle alternative est actuellement mise en application sur les générations avancées d'orge produites conjointement par l'Icarda et la Station de la Recherche Agronomique ITGC de Sétif pour en vérifier l'efficacité et les limites.

REFERENCES

- [1]- Roseille AA., Hamblin J., "Theoretical aspects of selection for yield in stress and non stress environment", *Crop Sci.*, 21, (1981), pp. 943-946.
- [2]- Simmonds N.W., "Selection for local adaptation in a plant breeding programme", *Theor. Appl. Genet.*, 82, (1991), pp. 363-367.
- [3]- Ceccarelli S., Acevedo E., Grando S., "Breeding for yield stability in unpredictable environments: single traits, interaction between traits, and architecture of genotypes", *Euphytica*, 56, (1991), pp. 169-185.
- [4]- Canterell R.G., Haro Arias E.S., "Selection for spikelet fertility in a semidwarf durum wheat populations", *Crop Sci.*, 26 (1986), pp. 691-693.
- [5]- Acevedo E., Nachit M.M., Ortiz Ferrara G., "Effects of heat stress on wheat and possible selection tools for use in breeding for tolerance", In: Proceedings of the international conference on Wheat for the non traditional warm areas, Eds DA., Saunders, UNDP and Cimmyt Sponsors, (1991), pp. 401-420.
- [6]- Richards R.A., Rebtzke G.J., Van Herwaardlen A.F., Duggan B.L., Condon A.G., "Improving yield in rainfed environments through physiological plant breeding", *Dryland Agriculture*, 26 (1997), pp. 254-266.
- [7]- Araus J.L., AliDib T., Nachit M.M., "Some insights into morphological traits associated with cereal yield increases in mediterranean environments", In: Proceeding of SEWANA, Eds. Icarda, (1998), pp. 139-157.
- [8]- Benmahammed A., "Association et héritabilité de quelques caractères à variation continue chez l'orge (*Hordeum vulgare* L.)", Thèse de magister, INA-El Harrach, Alger, (1995), 80p.
- [9]- Bouzerzour H., Djekoun A., Benmahammed A., Hassous K.L., "Contribution de la biomasse aérienne de l'indice de récolte et de la précocité à l'épiaison au rendement en grains de l'orge (*Hordeum vulgare* L.) en zone semi-aride d'altitude", *Cahiers de l'Agriculture*, 8 (1998), pp. 133-137.
- [10]- Nachit M.M., Jarrah M., "Association of some morphological characters to grain yield in durum wheat under Mediterranean dryland conditions", *Rachis*, 5 (1986), pp. 33-34.
- [11]- Comstock R.E., Moll R.H., "Genotype-environment interactions", In: Statistical genetics and plant breeding, Hanson W.D & H.F Binson (eds), Proc. Natl. Acad. Sci. Publication, 982 (1963), 164-196
- [12]- Olmedo Arcega O.B., Ellias E.M., Cantrell R.G., "Recurrent selection for grain yield in durum wheat", *Crop Sci.*, 35 (1995), pp. 714-719.
- [13]- Falconer D.S., "Introduction to quantitative genetics", 2nd Ed. Longmann Group Ltd. London (1982).
- [14]- Wong L.S.L., Baker R.J., "Selection for time to maturity in spring wheat", *Crop Sci.*, 26 (1986), pp. 1171-1175.
- [15]- Sharma R.C., Smith E.L., "Selection for High and low harvest index in three winter wheat populations", *Crop Sci.*, 26 (1986), pp. 1147-1150.
- [16]- Ceccarelli S., Grando S., Hamblin J., "Relationship between grain yield measures in low -and high -yielding environments", *Euphytica*, 64 (1992), pp. 49-58.
- [17]- Oosterom, V.E., Ceccarelli S., Peacock J.M., "Yield response of barley to rainfall and temperature in Mediterranean environments", *J. Agri. Sci.*, 121 (1993), pp. 307-313.
- [18]- Samarraï S.M., Seyan S.R., Mian H.R., Dafie A.A., "Growth periods, harvest index and grain yield relationships in barley (*Hordeum vulgare* L.)", *Rachis*, 6 (1987), pp. 21-24.
- [19]- Abbassenne F., Bouzerzour H., Hachemi L., "Phénologie et production du blé dur en zone semi-aride d'altitude", *Annales INA- El Harrach*, 18 (1998), pp.24-36.
- [20]- Ortiz Ferrar, Mulitze G.D., Yau S.K., "Bread wheat breeding for tolerance in thermal stresses occurring in West Asia and North Africa", In: E. Acevedo, E. Ferreres, G. Giminez and JP. Srivastava Eds. Improvement and management of winter wheat cereals under temperature, drought and salinity stresses. INIA, Madrid Spain, (1991), pp. 175-183.
- [21]- Mouret J.C., Conesa A.P., Gaid A., Monneveux P., "Identification des facteurs de variabilité des rendements du blé dur (*Triticum durum* Desf.) dans la région de Sidi Bel Abbès", *Céréaliculture*, 23 (1988), pp. 1-9.
- [22]- Boukerrou L., Rasmusson D.C., "Breeding for high biomass yield in spring barley", *Crop Sci.*, 30 (1990), pp. 61-35.
- [23]- Le Gouis J., "Etude de la variabilité génétique pour l'élaboration du rendement en grains de l'orge d'hiver : Comparaison de variétés à 2 et 6 rangs", Thèse de Doctorat INA-PG, (1992), 87 p.
- [24]- Boukharouba L., "Etude de la réponse, en génération F6, à la sélection faite en F2 sur la base de la biomasse aérienne chez trois croisements d'orge (*Hordeum vulgare* L.)", Mémoire Ingénieur d'Etat, Faculté des sciences, Université Colonel El Hadj Lakhdar, Batna, (1999), 40 p.
- [25]- Bouzerzour H., Djekoun A., Benmahammed A., "Genotypic similarity of performances and stability of environmental responses of barley cultivars (*Hordeum vulgare* L.)", *Actes Inst. Agro. Vet. (Maroc)*, 16 (1996), pp. 33-38.
- [26]- Bouzerzour H., Dekhili M., "Heritability, gain from selection and genetic correlation for grain yield of barley grown in two contrasting environments", *Field Crop research*, 41 (1995), pp. 173-178.
- [27]- Madhy A., "The efficiency of some selection procedures in wheat (*Triticum aestivum* L.)", *Cereal research communications*, 16 (1988), pp. 195-201. □

