

EFFICACITE DE LA SELECTION PRECOCE DE LA BIOMASSE CHEZ L'ORGE (*Hordeum vulgare* L.) EN ZONE SEMI-ARIDE

Reçu le 03/07/2002 – Accepté le 08/03/2003

Résumé

L'hérédité de la biomasse aérienne est étudiée dans trois croisements d'orge, conduites en zone semi-aride d'altitude. En F1 comme en F2, les effets de dominance sont plus importants que les effets additifs, l'héritabilité au sens étroit est faible en valeur. Les résultats montrent que la biomasse est fortement liée au rendement grain et qu'elle est déterminée surtout par le tallage épis. Comparativement à la sélection directe basé sur le rendement, la sélection de la biomasse apparaît plus discriminante en identifiant les lignées les plus productives chez deux sur les trois croisements étudiés. Les effets de dominance observés et la faible héritabilité au sens étroit limitent de l'efficacité de la sélection précoce et suggèrent l'utilisation de la méthode bulk ou la filiation unipare pour faire évoluer les populations vers un degré d'homozygotie plus raisonnable, avant de débiter la sélection de la biomasse.

Mots clés: *Hordeum vulgare* L. héritabilité, corrélations, critère de sélection, réponses directe et corrélative.

Abstract

Heredity of plant biomass was studied in three barley cross- population, in F1 as well as in F2, dominance effects were more important than additive ones. Narrow sense heritability was low in magnitude. The results showed that plant biomass was determined by spike number. As compared to selection based on grain yield, the one based on plant biomass appeared more efficient in isolating high grain yielding lines in 2 out of 3 crosses. Moreover, the dominance effect observed and the low heritability may limit the efficiency of early indirect selection, suggesting to use bulk or single seed descent method to increase homozygoty in plant, before beginning selection.

Keywords: *Hordeum vulgare* L., heritability, correlation, selection criteria, direct and correlated responses.

A. BENMAHAMMED¹
H. BOUZERZOUR¹
A. DJEKOUNE²
K.L. HASSOUS³

¹ Département de biologie
Faculté des Sciences
Université Ferhat Abbas
19000 Sétif (Algérie)

² Laboratoire de génétique, biochimie
et biotechnologie végétales

Faculté des Sciences
Université Mentouri
Constantine (Algérie)

³ Station Expérimentale Agricole
I.T.G.C. , BP. 03, Sétif (Algérie)

ملخص

تمت دراسة توريث الكتلة الحيوية لثلاثة هجن من الشعير في منطقة شبه جافة مرتفعة. تشير نتائج الجيل الأول (F1) والثاني (F2) تفوق السيادة عن التأثيرات المجمعمة، توريث ضيق ضعيف القيمة وارتباط معتبر للكتلة الحيوية مع الغلة الحبية التي هي محددة خاصة بالاشطاءات المثمرة. يظهر انتخاب الكتلة الحيوية أكثر فعالية، مقارنة بانتخاب الغلة الحبية، لفرز السلالات عالية المردود في هجين فقط. تقلص العوامل السائدة وضعف التوريث من فعالية الانتخاب الميكرو، لهذا يفضل استعمال طريقة الانتخاب التجميحي لتنمية العشائر نحو نسبة تجانس مقبولة قبل الشروع في الانتخاب على أساس الكتلة الحيوية.

الكلمات المفتاحية: التوريث، الارتباطات، خاصية الانتخاب، الاستجابة المباشرة وغير المباشرة.

L'utilisation de l'orge (*Hordeum vulgare* L.) pour l'alimentation animale en zone semi-aride a été mis en évidence par plusieurs auteurs [1, 2, 3]. Son importance s'est accrue au cours de ces dernières années en Algérie où cette espèce dispute la première place au blé dur [4]. Quoique la demande intérieure semble être sensiblement satisfaite par la production actuelle, vu que les importations sont presque nulles, il se dégage un besoin de variétés améliorées plus productives en biomasse et mieux adaptées à un environnement très variable [5, 6].

L'introduction de matériel végétal des centres internationaux et par l'intermédiaire des programmes bilatéraux fournit une variabilité génétique assez importante dans laquelle le sélectionneur puise pour des utilisations immédiates ou pour de nouvelles recombinaisons. Pour sélectionner plus efficacement à l'intérieur de ce matériel végétal, il est utile de connaître les liaisons pouvant exister entre le rendement, objectif de la sélection et les caractères agronomiques d'intérêt fourrager comme la biomasse. Ces informations en plus de celles liées au déterminisme génétique de ces caractères permettent au sélectionneur de décider du choix des méthodes de conduite de matériel végétal sous sélection.

Les objectifs de la présente contribution sont :

- ⇒ d'étudier l'hérédité de la biomasse aérienne,
- ⇒ de déterminer ses liaisons avec les autres caractères mesurés
- ⇒ de déterminer les réponses directe et corrélatives en F3 comparativement à la sélection sur la base du rendement grain.

MATERIEL ET METHODES

1- Conduite des essais et notations

Trois hybridations ont été réalisées manuellement au niveau de la Station Expérimentale Agricole de Sétif (SEA) relevant de l'Institut Technique des Grandes Cultures. Le site expérimental est situé à 1100 m d'altitude, 5°21' E et 36° 9' N. Les lignées parentales croisées sont Tichedrett et Saïda, orge à 6 rangs d'origine locale, Jaidor, Rebelle, et Alpha, d'origine Française, et Aths/Lignée 686, d'origine syrienne. Alpha et une orge à deux rangs. Ces variétés sont toutes de bonnes valeurs agronomiques, suite aux observations réalisées sur ce matériel depuis 1990 à la SEA.

Les croisements réalisés sont Alpha/Tichedrett, Saïda/Jaidor et Aths/lignée 686//Rebelle. La semence F0 pour F1 a été subdivisée en deux lots, l'un a été semé au cours de l'année 1992/93 pour produire de la semence F2 et le second a été semé au cours de l'année 1993/94 en parallèle avec la génération F2 dans un dispositif en blocs complètement randomisés. Deux essais "essai F1 et "essai F2" ont été mis en place par croisement. La parcelle élémentaire compte 1 rang dans l'essai F1 et 4 rangs dans l'essai F2. Le rang d'une longueur de 3m, porte 15 graines espacées de 15 cm sur le rang et de 30 cm entre les rangs. Les générations F1 et F2 ont été semées au milieu de leurs parents respectifs.

Les caractères mesurés par plante sont la biomasse aérienne (BIO), le nombre d'épis (NE), le poids de 1000 grains (PMG), la précocité à l'épiaison (JAE), comptée en nombre de jours de la levée à la date d'apparition des épis. Le nombre de grains par épi (NGE) a été calculé à partir du rendement, du nombre d'épis et du poids de 1000 grains. Tous ces caractères ont été mesurés sur 10 plantes par répétition de l'essai F1 et 40 plantes par répétition dans l'essai F2. Les lignées (40 plantes X 3 répétitions) issues de la récolte de la génération F2 ont été semées comme "essai F3" durant la campagne 1994/95, au milieu des lignées parentales, dans un dispositif en blocs à deux répétitions. La parcelle élémentaire compte deux rangs de 3 m de long par répétition. Les notations citées plus haut ont été prises de l'essai F3 sur des échantillons récoltés sur des segments de rangs de 50 cm de long.

2- Analyse des données

L'analyse de variance classique a été effectuée sur les données des essais F1, F2 et F3 par croisement pour tester l'effet génotype selon les modèles (1) pour les essais F1 et F2 et (2) pour l'essai F3 :

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + BG_{ij} + e_{ijk} \quad (1)$$

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + B_j + e_{ijk} \quad (2)$$

où μ la moyenne générale, G_i et l'effet du génotype, B_j est l'effet des blocs, BG_{ij} est l'interaction génotype x bloc puisque les mesures sont faites sur les plantes hiérarchisées aux blocs et e_{ijk} est l'erreur résiduelle.

Les contrastes comparant les moyennes des F1 et celles des F2 aux parents moyens ont été calculés pour tester la signification du degré de dominance. Ce dernier a été calculé par [7]:

$$h_1 = (X_{F1} - X_{PM}) / D_1 \quad \text{et} \quad h_2 = (X_{F2} - X_{PM}) / D_2.$$

avec D_1 et D_2 étant les différences entre les lignées

parentales des essais F1 et F2 respectivement ; X_{F1} , X_{F2} , et X_{PM} sont les moyennes des générations F1 et F2 et du parent moyen.

L'héritabilité au sens large a été calculée par la formule donnée par Allard [8] :

$$h^2_{sl} = [\sigma^2_{F2} - (2\sigma^2_{F1} + \sigma^2_{P1} + \sigma^2_{P2}) / 4] / \sigma^2_{F2}.$$

Le gain génétique attendu (GGA) en sélection a été calculé par [9]:

$$GGA = 2,05\sigma_{F2} h^2_{sl}.$$

L'héritabilité au sens étroit h^2_{se} a été estimée par régression de la valeur des lignées F3 sur les valeurs des plantes F2 parentales [10]. Les corrélations phénotypiques entre la biomasse et les autres caractères mesurés en F2 et entre la biomasse des générations F2 et F3 ont été calculées.

L'efficacité (E) de la sélection indirecte relativement à la sélection directe du rendement en F2 a été déterminée par [11] :

$$E = h_{BIO} r_{BIO-RDT} / h_{RDT}.$$

où h est la racine carrée de l'héritabilité de chaque caractère et r_g est la corrélation génétique entre les deux caractères en F2.

Pour vérifier la validité d'une telle prédiction, les 10 lignées extrêmes de la distribution de la biomasse et du rendement ont été sélectionnées en F2 et notées H_{F2} et L_{F2} pour les valeurs maximales (H) et minimales (L) respectivement. La différentielle de sélection (DS) a été déterminée par :

$$DS = H_{F2} - L_{F2}$$

La réponse à la sélection (RS) opérée en F2, et l'héritabilité réalisée (h^2 réal.) ont été déterminées par :

$$RS = H_{F3} - L_{F3}$$

$$h^2 \text{ réal.} = 100 (RS / DS)$$

La réponse corrélative des caractères non concernés par la sélection est aussi discutée. Les corrélations phénotypiques ont été subdivisées en effets directs et indirects via différentes pistes, la biomasse étant considérée comme la résultante des différents caractères mesurés en F2.

RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats de l'analyse de variance indiquent un effet génotype significatif en F1 comme en F2 des trois croisements, mettant en évidence la variabilité phénotypique observée pour le caractère étudié. Cette variabilité existe entre les F1, les F2 et les lignées parentales (Tab.1).

Les moyennes de la biomasse observées pour les différentes générations sont portées au tableau 2. Les parents Tichedrett, Saïda et Jaidor, se distinguent du point de vue production de biomasse dans les deux essais, relativement aux génotypes, Alpha, Aths/lignée 686 et Rebelle. Les moyennes notées en F1 et F2 sont nettement supérieures à celles du parent moyen, et parfois même à celles du parent supérieur, chez les trois croisements (Tab.2).

Le degré de dominance est positif et significatif en F1 comme en F2. Ce résultat indique que les effets génétiques de dominance sont relativement plus importants que les effets additifs dans le contrôle de l'hérité de la biomasse des trois croisements étudiés. La dominance agit dans le

Tableau 1: Carrés moyens de l'analyse de la variance de la biomasse des essais F1 et F2.

	Source	G	B	GxB	Résiduelle
	ddl _{F1}	2	2	4	91
Croisements	ddl _{F2}	2	2	4	351
Alpha/Tichedrett		5286,7**	7627,9	656,5	241,7
		17396,4**	9920,4	1092,8	353,4
Saida/Jaidor		2217,6**	240,9	380,1	140,0
		6089,0**	2176,3	376,6	224,9
Aths/Lignée 686//Rebelle		1358,4**	787,3	125,6	97,6
		1868,5**	650,3	169,2	133,5

** : effet significatif à 1% respectivement.

Tableau 2: Valeurs moyennes de la biomasse (X) observée chez les différentes générations, degrés de dominance (h), héritabilités (h²) et gain génétique attendu (GGA) en sélection en F2.

Croisements	Essai F1				Essai F2				GGA	h ² _{se}	
	X _{P1}	X _{P2}	X _{F1}	h1	X _{P1}	X _{P2}	X _{F2}	h2			h ² _{sl}
A/T	43,5	51,7	69,5	2,67**	47,3	51,5	69,9	4,8**	53,2	45,4	20,4
S/J	54,4	51,7	56,1	1,08ns	56,2	50,2	64,4	1,9*	50,2	29,0	44,8
A/L//R	45,7	42,4	55,3	3,4**	49,9	46,1	54,1	1,6*	71,1	48,0	3,5

Ns, *, ** = degré de dominance non significativement de 0, significativement différent de 0 à 5 et 1 % respectivement.

sens de l'augmentation de la valeur moyenne de la biomasse. Le degré d'expression de la dominance pour un caractère est en générale d'autant plus élevé que les parents croisés se complètent pour les gènes impliqués dans le contrôle génétique de ce caractère. Cette complémentarité est souvent liée à la diversité génétique des parents. Dans la présente étude, le matériel croisé provient de deux sources de germoplasme différentes : locale et française. L'hétérosis de la biomasse a été observé et rapporté par plusieurs auteurs [12, 13, 14].

L'héritabilité au sens large (h²_{sl}) est moyenne à élevée chez les trois croisements, ainsi que le gain génétique attendu en sélection (Tab.2). Boukerou and Rasmusson [15] rapportent une héritabilité de la biomasse égale à 76%. Les fortes valeurs, observées dans la présente étude, suggèrent que la sélection en F2, pour améliorer la biomasse serait probablement efficace. Les coefficients de régression des F3 sur les F2 sont égaux à 20,4, 44,8 et 3,5 respectivement chez les trois croisements Alpha/Tichedrett, Saida/Jaidor et Aths/Lignée 686//Rebelle.

Ces faibles valeurs de l'héritabilité au sens étroit, relativement aux valeurs de l'héritabilité au sens large, sont confirmées par les corrélations inter générations F2/F3, qui sont non significatives (r = 0,018, 0,107 et -0,093 respectivement pour les trois croisements cités dans l'ordre ci dessus). Ces corrélations indiquent que la similitude entre les lignées parentales (F2) et la descendance (F3) est relativement faible. En général une faible ressemblance est engendrée par une forte sensibilité au changement de lieux (interaction génotype-lieu significative) et par une hérédité due à plusieurs gènes qui ont tendance à se fixer progressivement sur plusieurs générations.

Le rendement présente le plus souvent une faible héritabilité, en milieu variable, à cause justement des interactions génotype x lieu très fréquentes [3]. Chercher à utiliser d'autres caractères agronomiques en parallèle au rendement, dans une approche intégrée est souvent avancé comme une alternative pour la sélection dans ces milieux [16, 17].

Les corrélations indiquent que la biomasse en F2 est fortement liée au rendement grain avec des coefficients supérieurs à 0,72 ; elle est aussi positivement corrélée au nombre d'épis et à la hauteur chez les trois croisements. La tardiveté d'épiaison semble, par contre, avoir un effet négatif sur la biomasse (Tab.3).

Plusieurs auteurs ont noté une forte liaison entre le rendement et la biomasse [15, 18, 19, 20, 21]. Ces résultats suggèrent que le caractère biomasse peut être utilisé pour améliorer indirectement le rendement grain. Sharma [20] trouve que la sélection sur la base de la biomasse améliore le rendement grain et le nombre d'épis. Hucel et Beker [22], ainsi que Theoulakhis *et al.* [23] arrivent aux mêmes résultats. Perry et D'antuano [24] trouvent que 20% de l'augmentation du rendement était due à l'amélioration de la biomasse chez le blé.

La corrélation génétique entre la biomasse et le rendement est élevée, prenant les valeurs de 0,8488; 0,9106 et 0,6519 respectivement pour Alpha/Tichedrett, Saida/Jaidor et Aths/Lignée 686//Rebelle. L'analyse des effets directs et indirects des caractères sur la biomasse indique que la corrélation significative de la biomasse avec le nombre d'épis est faite essentiellement de l'effet direct positif qu'exerce cette composante sur la formation de la biomasse, chez les trois croisements (Tab.4). Il en est de même pour la corrélation avec le nombre de grains/épi. Cependant chez le croisement Alpha/Tichedrett, l'effet direct positif du nombre de grains par épi est contrebalancé par un effet indirect, négatif via le poids de 1000 grains, réduisant ainsi la liaison observée entre la biomasse et ce caractère, qui apparaît de ce fait non significative. Ceci probablement parce que ce croisement fait intervenir deux parents à 2 et 6 rangs qui se distinguent par un poids de 1000 grains élevé, associé à un nombre de grains/épi réduit relativement aux escourgeons.

Chez Aths/Lignée 686//Rebelle, l'effet direct positif du nombre de grains par épi est renforcé par un effet indirect via le nombre d'épis. La corrélation avec la hauteur est faite essentiellement d'effets positifs direct et indirect via le

Tableau 3: Corrélations phénotypiques entre la biomasse et les caractères mesurés en F2 et efficacité de la sélection (E).

Xsements	NE	NGE	PHT	JAE	PMG	RDT	BIOF3	E
A/T	0,887**	0,083	0,733**	-0,100	0,046	0,949**	0,018ns	0,74
S/J	0,772**	0,400**	0,221**	-0,183*	0,123	0,961**	0,107ns	1,00
A/L//R	0,860**	0,429**	0,326**	-0,256**	0,073	0,721**	-0,093ns	0,28

ns, *, **: Coefficient non significatif et significatif à 5 et 1 % respectivement.

Tableau 4: Coefficients des effets directs et indirects et de corrélation de la biomasse avec les caractères mesurés.

Caractères	Effets directs			Effets indirects			r
	NE(1)	NGE(2)	HT(3)	JAE(4)	PMG(5)		
			Alpha / Tichedrett				
NE	0,8704	----	-0,0164	0,0347	-0,0014	-0,0016	0,8857**
NGE	0,3275	-0,0436	----	0,0035	0,0045	-0,2085	0,0835ns
HT	0,1348	0,2244	0,0113	----	-0,0051	0,0680	0,4336**
JAE	0,0236	-0,0526	0,0627	-0,0292	----	-0,1048	-0,1003ns
PMG	0,2745	-0,0052	-0,2488	0,0347	-0,0085	----	0,0461ns
X	0,1332						
			Saida / Jaidor				
1	0,7544	----	0,0392	-0,0013	0,0054	-0,0253	0,7725**
2	0,3117	0,0095	----	0,0261	0,0015	-0,0340	0,4002**
3	0,1503	-0,0066	0,0540	----	-0,0074	0,0310	0,0214**
4	-0,0374	-0,1101	-0,0126	0,0298	----	-0,0524	-0,1827*
5	0,2251	-0,0847	-0,0470	0,0207	0,0087	----	0,1228ns
X	0,2241						
			Aths/ Lignée 686 //Rebelle				
1	0,7783	----	0,0591	0,0198	0,1240	-0,0093	0,8604**
2	0,2882	0,1596	----	0,0011	-0,0004	-0,0296	0,4268**
3	0,0854	0,1812	0,0363	----	-0,0068	0,0298	0,3260**
4	-0,0540	-0,1781	0,0004	0,0107	----	-0,0348	-0,2558**
5	0,2251	-0,0484	-0,0572	0,0171	0,0126	----	0,0732ns
X	0,1544						

nombre d'épis. Cependant ces effets sont faibles comparativement à l'effet résiduel (Tab.4).

Le poids de 1000 grains a un effet direct perceptible, alors que la précocité d'épiaison semble avoir un effet indirect négatif via le nombre d'épis: Les types tardifs à l'épiaison ont tendance à avoir un nombre d'épis réduit ce qui affecte la biomasse. Cette analyse montre que la biomasse des trois croisements entre parents de hauteur appréciable est essentiellement déterminée par le tallage épis.

L'efficacité de la sélection indirecte, par l'intermédiaire de la biomasse, relativement à la sélection directe du rendement, est égale à l'unité chez Saida/Jaidor. Elle est inférieure à 1 chez les deux autres croisements (Tab.5). Elle indique que la sélection indirecte ne peut être plus efficace que la sélection directe, tout au plus elle lui est égale. La réponse, observée en F3, à la sélection opérée en F2 sur la base de la biomasse est positive et significative chez Alpha/Tichedrett et Saida/Jaidor. Elle est par contre négative chez Aths/Lignée 686//Rebelle. L'héritabilité réalisée est plus faible en valeur que l'héritabilité au sens étroit mais suit la même tendance (Tab.5). Des réponses corrélatives, positives et significatives, sont notées pour le rendement, le poids de 1000 grains et le nombre d'épis du croisement Alpha/Tichedrett, pour le rendement et la hauteur de Saida/Jaidor et seulement pour le nombre de grains par épi de Aths/Lignée 686//Rebelle. La sélection divergente sur la base du rendement, prise comme référence, n'aboutit à de réponse positive et significative

que chez Alpha/Tichedrett, alors que des réponses corrélatives positives sont notées pour la biomasse, le nombre d'épis et le nombre de grains par épi.

Quoique la corrélation génétique entre la biomasse et le rendement semble assez forte, les effets de la sélection de la biomasse sur le rendement ne sont pas toujours positifs, parce que la biomasse a une faible héritabilité et de ce fait apparaît, au même titre que le rendement, dépendante du type de croisement et du degré de sensibilité aux variations du milieu. Ces résultats montrent, cependant, que la biomasse reste mieux discriminante que le rendement lui-même. Il faut donc améliorer le niveau de ces populations en ce qui concerne la biomasse, puis passer plus tard, sur générations tardives à une sélection conjointe dans le but de travailler globalement l'aptitude des lignées sélectionnées à donner de bons rendements.

La réponse du rendement à la sélection de la biomasse ne semble pas remettre totalement en question l'intérêt du progrès réalisé sur la biomasse. Ceci se justifie aussi doublement, car en zone semi-aride, une croissance végétative est bénéfique sur ces sols squelettiques qui ont une faible capacité de rétention pour l'eau. Dans ces conditions, il est désirable de produire assez de biomasse tôt dans la saison, pendant que l'humidité est encore disponible et utilisable. En effet l'aptitude à produire une forte biomasse assure la présence du cheptel qui est là pour tamponner les variations de la production des céréales due à un climat parfois hostile.

Tableau 5: Réponses directes (RS) et corrélatives observées (RC) en F3 pour la sélection divergente en F2 sur la base de la biomasse et du rendement.

Groupes	NE1	NGE	HT	PMG	BIO1	JAE	RDT1
			Alpha/Tichedrett				
Alpha	50,0	24,5	55,5	33,6	97,9	145,5	55,8
Tichedrett	28,0	53,3	90,0	36,2	119,7	149,0	51,0
HBio	68,8	28,3	83,8	46,7	190,3	144,9	93,0
RS/RC	13,4**	-5,0**	3,0ns	3,6*	11,7*	-2,4*	8,8**
h²réal.					11,3		
HRDT	64,0	36,8	82,8	40,5	188,5	145,9	100,6
RS/RC	5,1*	5,7**	1,0ns	-3,8**	24,2*	-1,1*	13,1**
h²réal.							33,1
			Saida/Jaidor				
Saida	57,5	39,1	75,0	44,1	169,0	157,0	78,8
Jaidor	42,0	51,4	75,0	28,6	158,7	156,0	61,5
Hbio	47,2	50,2	84,0	40,4	184,0	149,4	88,0
RS/RC	2,6ns	-1,2ns	4,0*	0,8ns	21,9**	1,0*	8,1**
h²réal.					33,5		
HRDT	45,6	49,7	79,2	36,6	165,4	147,8	85,7
RS/RC	1,6ns	5,8**	-1,5ns	-1,6**	7,3ns	-5,1**	2,6ns
h²réal.							8,2
			Aths/Lignée 686//Rebelle				
Aths/Lignée686	23,0	38,1	52,5	34,6	116,4	145,0	35,9
Rebelle	33,0	46,6	77,5	25,3	87,5	155,0	50,6
Hbio	40,1	57,2	77,2	33,6	159,1	146,9	80,6
RS/RC	-3,0*	6,3**	-5,3**	-0,4ns	-7,3*	2,9**	4,3ns
h²réal.					-11,1		
HRDT	40,6	54,7	78,0	34,9	163,8	145,3	82,6
RS/RC	-4,9**	3,0*	-3,2ns	-0,5ns	-9,3*	0,8ns	-0,2ns
h²réal.							-0,6

1: pour 50 cm linéaire. ns, *, **: réponse significative et significative à 5 et 1 % respectivement.

CONCLUSION

Les résultats de la présente étude indiquent que l'efficacité de la sélection précoce sur la base de la biomasse est dépendante de la nature des croisements. La biomasse présente une faible héritabilité. En fait la sélection sur la base de ce caractère, en F2, améliore simultanément la biomasse et le rendement chez deux croisements sur les trois étudiés. La sélection sur la base du rendement s'est avérée moins efficace, puisque la réponse à la sélection n'était positive que chez un croisement sur trois. L'amélioration de la biomasse engendre celle des nombre d'épis et de grains par épi. Il semble intéressant d'améliorer le niveau de ces populations pour le caractère biomasse, puis passer plus tard sur générations tardives à une sélection conjointe avec objectif de travailler l'aptitude des lignées à donner de bons rendements.

REFERENCES

- [1]- Christiansen S., "Grazing of wheat in the vegetative stage: shoots", On Proceeding of the national wheat pasture symposium, Stillwater, Oklahoma, (1983), pp. 244-255.
- [2]- Lelièvre G., "L'appoint fourrager par déprimage des céréales au Maroc: différentes situations et premières études expérimentales", *Fourrages* 88, (1988), pp. 73-94.
- [3]- Ceccarelli S., Grando S. and Hamblin J., "Relationship between barley grain yield measured in low and high yielding environment", *Euphytica*, 64, (1992), pp. 49-58.
- [4]- Morris M.L., Belaid A. and Byerlee D., "Wheat and barley production in rainfed marginal environment of the developing world", *In: Commit world wheat facts and trends*, (1991), pp. 1-26.
- [5]- Bouzerzour H. et Monneveux P., "Analyse des facteurs de stabilité du rendement de l'orge dans les conditions des hauts plateaux de l'Est Algériens", Séminaire sur la tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéennes. INRA ed. Les colloques 64: (1992), pp. 139-148.
- [6]- Bouzerzour H. and Dekhili M., "Heritabilities, gains from selection and genetic correlation for grain yield of barley grown in two contrasting environments", *Field crop Research*, 41, (1995), pp. 173-178.
- [7]- Romero G.E. and Frey K.J., "Inheritance of semis dwarfness in several wheat stresses", *Crop Sci.*, 13, (1973), pp.334-337.
- [8]- Allard R.W., "Principles of plant breeding", Ed. John Willey 1 Sons NY, London, (1960).
- [9]- Falconer D.S., "Introduction to quantitative genetics", 3rd ed Longman group limited, London, (1982).
- [10]- Le Cohec F., "Les méthodes de calcul du coefficient d'héritabilité en amélioration des plantes", *An. Am. Plant*, 22, (1972), pp. 115-125.
- [11]- Yu Y., Harding J. and Nyrne T., "Quantitative genetic analysis of flowering time in the Davis population of Gerbera", *Euphytica*, 70, (1993), pp. 93-103.
- [12]- Briggles K.W., Dawn R.J. and Stevens H., "Expression of heterosis in two wheat crosses", *Crop Sci.*, 6, (1964), pp. 382-383.
- [13]- Fonseca S. and Patterson F.L., "Hybrid vigor in a seven parents diallel cross in common winter wheat", *Crop Sci.*, 8, (1968), pp. 85-88.
- [14]- Oury F.X., Brahant P., Berard P. et Rousset M., "Une étude sur la supériorité des blés hybrides au niveau des capacités de remplissage du grain: Résultats d'une expérimentation multilocale", *Agronomie*, 13, (1993), pp. 381-393.
- [15]- Boukerou L. and Rasmusson D.D., "Breeding for high biomass yield in Spring barley", *Crop Sci.*, 30, (1990), pp. 31-35.

- [16]- Marshall D.R., "Australian plant breeding strategies for rainfed areas" *In* : Drought tolerance in winter cereals, Ed. John Willey and Sons, N.Y., (1987), pp. 89-99.
- [17]- Monneveux P., "Quelles stratégies pour l'amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique des céréales", *In*: L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. AUPELF- UREF. John Libbey Eurotext, (1991), pp. 165-186.
- [18]- Rosiele A. and Frey K.J., "Estimates of selection parameters associated with harvest index in Oat lines derived from a bulk population", *Euphytica*, 24, (1975), pp. 121-131.
- [19]- Bhatt G.M., "Response to 2-Way selection for harvest index in 2 Wheat crosses", *Aust. J. Agric. Res.*, 28, (1977), pp. 29-36.
- [20]- Sharma R.C., "Selection for biomass yield in wheat", *Euphytica*, 70, (1993), pp. 35-42.
- [21]- Le Gouis J., (1993), "Grain filling and shoot growth of 2 and 6-row winter barley varieties", *Agronomy*, 13, pp. 545-552.
- [22]- Hucel R. and Baker R.J., "A study of ancestral and modern Canadian spring wheats", *Can. J. Plant Sci.*, 67, (1987), pp. 87-97.
- [23]- Theoulakhis N., Inconomou E. and Bladenopoulos K., "Harvest index as a selection criterion for improving grain yield in segregation of barley", *Rachis*, 11, (1992), pp. 3-6.
- [24]- Perry M.W. and D'Antuano M.F., "Yield improvement and associated characteristics of some Australian spring wheat introduced between 1860 and 1982", *Aust. J. Agric. Res.*, 40, (1989), pp. 457-472.