

# COMPARAISON DE L'EFFICACITE DE LA SELECTION PRECOCE, DIRECTE ET INDIRECTE, POUR AMELIORER LE RENDEMENT EN GRAIN CHEZ LE BLE DUR (*Triticum Durum*, Desf) EN ZONE SEMI-ARIDE D'ALTITUDE.

A. MEKHOLOUF<sup>1</sup> et H. BOUZERZOUR<sup>2</sup>

1- INRAA, Unité de Recherche de Sétif, BP 08 route des fermes, Sétif 19000 Algérie.

2- Institut des Sciences de la Nature, Département d'Agronomie, Centre Universitaire d'Oum El Bouaghi, 04000 Algérie.

**Résumé :** Cette étude s'est intéressée à la comparaison de l'efficacité de la sélection directe et indirecte sur la base des caractères liés au rendement en grain de la génération F2 de deux populations de blé dur (*Triticum Durum*, Desf) conduites en zone semi-aride d'altitude. Les résultats indiquent que la sélection directe est plus efficace pour améliorer le gain de rendement en grain comparativement à la sélection indirecte sur la base d'un seul caractère chez les deux populations. La sélection indirecte sur la base de la biomasse aérienne dans un croisement et celle sur la base du nombre d'épis dans l'autre croisement sont plus efficaces que la sélection indirecte sur la base du nombre de grains par épi. Par contre, la sélection par niveau effectuée sur la base de la biomasse aérienne suivie de l'indice de récolte est aussi efficace que la sélection directe du point de vue gain de rendement en grain en F3. Considérant que la biomasse aérienne est une caractéristique désirable en milieu semi-aride et que l'indice de récolte est un indicateur de la quantité de cette biomasse qui est traduite sous forme de grain, il serait utile de confirmer ces résultats sur d'autres lieux et d'étudier les effets de la sélection par niveau sur la base de ces deux variables sur la réduction des interactions génotype – lieu du rendement en grain, au niveau des zones semi-arides.

**Mots clés :** Efficacité de sélection, Sélection par niveau, Corrélation, Héritabilité, Gain génétique attendu.

**Summary :** This study investigated the efficiency of direct and indirect early selection based on associated characters to grain yield of two F2-durum wheat populations (*Triticum durum*, desf) grown under semi-aride conditions. The results indicated that direct selection was more efficient in improving grain yield than, indirect selection. Indirect selection based on above ground biomass, in one cross, and on number of spikes, in the second cross, was relatively more efficient than indirect selection based on number of kernels per spike. Multitraits selection based on above ground biomass and harvest index was as efficient as direct selection based on grain yield itself. Since increased above ground biomass is a desirable characteristic under semi aride growth conditions and that harvest index is measure of conversion efficiency of total biomass as grain, it will be interesting to confirm these results under others growth conditions and to study the effect of multitraits indirect selection on grain yield instability.

**Key words :** Selection efficiency, Multitraits selection, Correlation, Heritability, Genetic gain.

## INTRODUCTION

La culture des céréales à paille en général et celle du blé dur (*Triticum Durum*, Desf) en particulier est confrontée, en zones semi-arides d'altitude, à diverses contraintes climatiques qui rendent le rendement en grain très peu efficace comme critère de sélection. En effet, les interactions génotype x lieu sont assez fortes dans ces conditions (Bouzerzour et Djekoune, 1996). L'utilisation des composantes des rendements et des caractères phéno-morpho-physiologiques comme critères de sélection dans une approche intégrative a fait l'objet de nombreux travaux (Fischer et Kertez, 1976 ; Marsall, 1987 ; Accevedo, 1989 ; Monneveux, 1991 ; Ceccarelli et al, 1992). Les résultats sont très contradictoires et dépendants des conditions de production de l'environnement pour lequel la sélection est envisagée (Accevedo et al, 1991). Ceccarelli et al (1992) ; Bouzerzour et al (1998), rapportent qu'en milieu variables l'efficacité de la sélection sur la base d'un seul caractère qui soit à même d'amener des changements appréciables dans la moyenne du rendement en grain des populations criblées est très variable suite à l'influence de l'environnement qui fait varier le niveau de ce caractère et ses relations avec les autres variables d'une année à l'autre.

Belkemea- Boostra (1988), en sélectionnant sur la base du nombre d'épis, obtient une réponse directe positive et significative chez trois populations de blé tendre (*Triticum Durum*, Desf), cette réponse s'accompagne d'un gain de cinq jours en précocité et d'un effet nul sur le rendement en grain. Knott et Talukdar (1971) expliquent l'inefficacité de la sélection indirecte par les phénomènes de compensation qui ne manquent pas d'avoir lieu entre le caractère pris comme critère de sélection et les autres caractères auxquels il

est lié. Par conséquent, l'augmentation de l'un ne se reflète pas forcément par l'augmentation du rendement en grain. Donald et hamblin (1976) et Fischer et Kertez (1976) suggèrent l'indice de récolte alors que Sharma et Smith (1986) préconisent la biomasse aérienne comme critère de sélection en mesure d'améliorer la productivité et la régularité de la production. Berger et Planchon (1990) estiment que la sélection de l'indice de récolte se traduit par des changements de l'architecture de la plante qui rendent cette dernière très sensible à la variation environnementale en milieu erratique suite à la réduction de la hauteur de paille au profit du nombre de grains par m<sup>2</sup>. Siddique et al (1989) montrent que l'indice de récolte est un bon indicateur de la tolérance à la sécheresse et aux hautes températures de fin de cycle. La biomasse aérienne, les composantes du rendement et l'indice de récolte apparaissent comme des caractéristiques associées à la productivité et de ce fait ils peuvent être utilisés comme critères de sélection pour améliorer indirectement le rendement en grain en milieu limitant. L'objectif de la présente contribution est de comparer l'efficacité de la sélection précoce directe et indirecte sur la base des composantes du rendement, de la biomasse aérienne et de l'indice de récolte chez deux populations de blé dur (*Triticum Durum*, Desf) conduites en zone semi-aride d'altitude.

## MATÉRIELS ET MÉTHODES

Deux populations sont créées par croisement et suivies au niveau de la Station Expérimentale Agricole de Sétif (Algérie) au cours des campagnes 1993/94 et 1995/96. Ces croisements ont été réalisés entre Héider/MT//HO avec Oumguer et Chen Altar 84 avec Lahn. Héider/MT//HO est une sélection du croisement réalisé entre

Heider/Martés qui est issu du croisement d'origine mexicaine D.33753/GLL's//Mariza/3/Savado/A/AA'S', et Huevos de Oro qui est une sélection du croisement D.28981/Cr's//Steward63/3/Golden Ball/4/Steward 63/5/ST4643/7/Mexican dwarf (Cimmyt, 1988). La variété Oumguer provient du croisement syrien ICD : 85-0388-15AL-Otr-2AP-Otr (Icarda, 1991), alors que Chen Altar 84 est une sélection du croisement CD 57005.2M.5Y.3M.OY réalisé entre Chen, une sélection de Sherwater's' et Altar 84 dont l'origine est le croisement Ruff/Fg's'//Mex75/3/Sherwater's'. Lahn est une lignée sœur de Chen (Cimmyt, 1988).

Un essai a été conduit par croisement. Chaque croisement comporte les générations F2 et F3 en plus des parents. Les essais ont été conduits dans un dispositif en blocs complètement randomisés et selon les techniques culturales pratiquées à la Station sur la parcelle d'expérimentation. En particulier, le semis est réalisé au mois de novembre, l'entretien consiste en un désherbage au 2,4-d (Acide 2,4 dichloro-phénoxyacétique), au stade tallage et un épandage d'engrais phosphaté à raison de 100 kg/ha sous forme de superphosphate à 46% et de fumure azotée, à raison de 100 kg/ha sous forme d'ammonitrate 33.5%. L'engrais de fond est apporté juste avant le semis. Le précédent cultural est une jachère intégrale. La parcelle élémentaire fait 4 rangs de 1,5 m de long pour la F2 et de 1 rang pour la F3. Les espaces entre rangs consécutifs sont de 0,30 m pour la F2 et de 0,20 m pour la F3. La densité de semis est de 10 graines semées par rang pour la F2, soit une distance moyenne entre graines consécutives sur le rang de 0,15 m et 50 graines par rang pour la F3. Le nombre de répétitions est de trois.

Les notations sont prises par plante à raison

de 40 plantes par F2 et lignées parentales et à partir du produit de la récolte de segments de rang de 0,50 m de long, des lignées F3 et par répétition. Ces notations concernant la hauteur (PHT), prise du sol au sommet de l'épi, barbes non incluses ; le comptage des épis par plante et par unité de surface (NE), la détermination de la biomasse aérienne (BIO) et du rendement en grain (RDT), du poids de mille grains (PMG), par comptage et poids d'un échantillon de 100 graines par plante. Le nombre moyen de grains par épi (NGE) est déterminé par calcul de la formule  $NGE = 1000(RDT) / (PMG \times NE)$  ; ainsi que l'indice de récolte (HI qui est déterminé par :  $HI(\%) = 100(RDT/BIO)$ .

L'analyse statistique est effectuée en utilisant le logiciel Mstat-C et réalisée par croisement, elle porte sur le calcul et l'étude des matrices de corrélations entre paires de variables mesurés sur les plantes de la génération F2 (parents non inclus) et des régressions multiples progressives entre le rendement et les caractères mesurés. L'analyse de la variance des caractères mesurés au niveau des essais F3 est faite selon le modèle à un facteur étudié dans un dispositif en blocs. Celle des essais F2 est faite selon le modèle à un facteur étudié avec deux facteurs contrôlés : plantes hiérarchisées au niveau blocs (Steel et al, 1980).

L'héritabilité est calculée par le rapport des variances génétiques ( $\delta^2G$ ) et phénotypique ( $\delta^2P$ ) de la génération F2 (Kotecha et Zimerman, 1978). La variance génotypique de la F2 est estimée par :

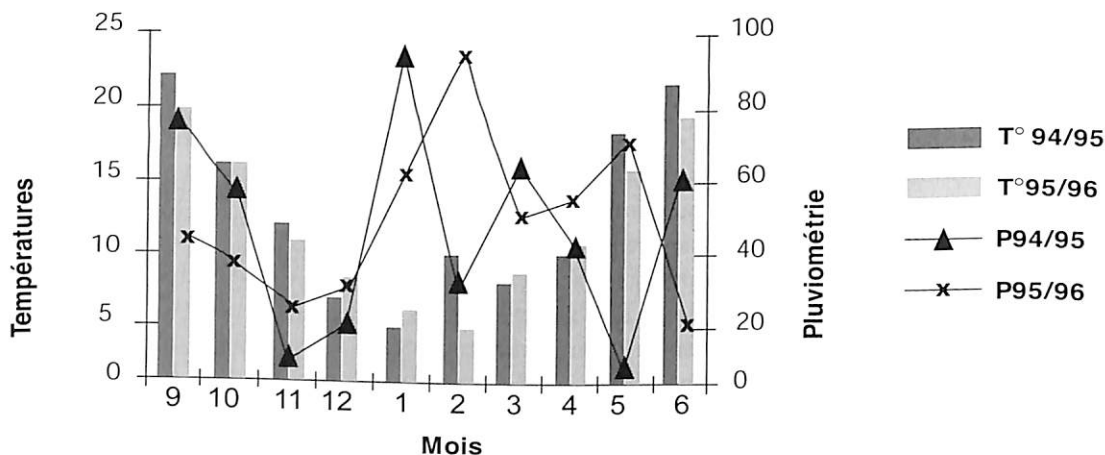
$\delta^2G = \delta^2P - (\delta^2p_1 + \delta^2p_2)/2$  et avec P1 et P2 sont les parents croisés et le coefficient de l'héritabilité ( $h^2$ ) par  $h^2 = \delta^2G / \delta^2P$ . Le gain génétique attendu en sélection (GGA) est calculé par :

$GGA = k \cdot \delta P \cdot h^2$  (Allard, 1960),

$k=2,06$  est un coefficient qui mesure l'intensité de la sélection au seuil de 5% ;  $\delta p$  est l'écart type de la génération F2 et  $h^2$  est l'héritabilité du caractère considéré. La différentielle de sélection (DS) est calculée comme la différence entre les moyennes des individus sélectionnés et qui forment les groupes divergents pour le caractère donné :  $DS = X_H - X_L$  ; avec X indique la moyenne des groupes divergents H et L (H=moyenne du groupe de plantes sélectionnées sur la base de fortes valeurs et L=moyenne du groupe de plantes sélectionnées sur la base de faibles valeurs pour le caractère pris comme critère de sélection). Les réponses directes (RD) et

corrélatives (RC) à la sélection sont obtenues par le calcul de la différence entre les moyennes des groupes divergents H et L en F3 :  $RS = X_{HF3} - X_{LF3}$  avec RS étant la réponse à la sélection. Une sélection par niveau a été aussi tentée en F2 sur la base de la biomasse aérienne et de l'indice de récolte simultanément (Kervela et al, 1991).

La pluviométrie enregistrée à partir du mois de septembre au mois d'août a été de 447,9 et 405 mm respectivement pour 1994/95 et 1995/96. La figure 1 résume ces données en plus de celles concernant les températures moyennes mensuelles (ONM, 1996).



**Figure 1 :** Distribution de la pluie et des températures moyennes des deux campagnes d'études (9 à 12 et 1 à 6, sont respectivement les mois de Septembre à Décembre et janvier à juin en mm et Températures en °C).

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

### 1- Corrélations entre paires de variables mesurées en F2.

La génération la plus importante pour le sélectionneur est la F2. Elle porte le plus de variabilité génétique pour peu que le nombre de plantes mises en place soit assez élevé pour permettre à cette variabilité de s'exprimer. En général, la sélection débute au

niveau de cette génération en ségrégation. L'objectif de cette sélection est l'amélioration de la productivité de manière directe ou indirecte vu que le rendement en grain est le résultat de l'interaction de plusieurs composantes. Le rendement est souvent variable, ce qui rend parfois le choix d'une plante en F2 sur la seule base de ce caractère très aléatoire. Ceci dont la mesure où la supériorité de rendement de cette plante ne se reflète

te que faiblement au niveau de sa descendance au cours des générations plus avancées. Ce peu de ressemblance entre apparentés est lié à plusieurs causes dont entre autre l'hétérozygotie du matériel sélectionné et les interactions génotype – lieu. De ce fait le sélectionneur cherche à intégrer au rendement en grain d'autres caractères qui lui sont liés pour rendre la sélection précoce plus efficace. De ce point de vue l'étude des liaisons entre différentes paires de caractères associées qui sont d'intérêt pour le sélectionneur.

L'étude des matrices des corrélations montre que le rendement en grain est significativement et positivement corrélé avec l'ensemble des caractères mesurés. Cependant, les fortes liaisons sont observées entre le rendement en grain et les épis et entre le rendement en grains et la biomasse aérienne (Tab.I). Ces caractères contribuent donc à la productivité

du blé dur conduit en zone semi-aride d'altitude. Ces résultats corroborent ceux rapportés sur blé dur par Bouzerzour et al (1994), et sur orge par Benmmahammed (1996). La biomasse aérienne est fortement liée au nombre d'épis quel que soit le croisement. Elle est aussi positivement corrélée avec le poids de 1000 grains et avec le nombre de grains par épi des deux croisements et avec l'indice de récolte du croisement Chen Altar84//Lahn, mais ne montre aucune liaison avec la hauteur de la plante. Les autres caractères ont des liaisons entre eux très variables d'un croisement à l'autre (Tab. I). Au vue de ces liaisons la sélection sur la base de la biomasse aérienne ou celle sur la base des épis semble pouvoir engendrer indirectement un gain au niveau du rendement en grain du blé dur conduit dans les conditions de la présente expérimentation.

**Tableau I.** Matrice des corrélations phénotypiques observées entre différentes paires de caractères mesurés en F2 (en dessus de la diagonale : Chen Altar84//Lahn, en dessous Heider/MT//HO/3/Oumguer).

	Caractères						
	RDT	BIO	NE	PMG	NGE	HI	HT
RDT		0,957**	0,742**	0,344**	0,355**	0,414**	0,290**
BIO	0,977**		0,707**	0,348**	0,352**	0,225*	0,062ns
NE	0,856**	0,868**		0,035ns	-0,064ns	0,389**	0,398**
PMG	0,275**	0,214*	0,031ns		0,089ns	0,266**	0,396**
NGE	0,473**	0,449**	0,064ns	-0,051ns		0,145ns	-0,003ns
HI	0,118ns	-0,047ns	-0,043ns	0,273**	0,203*		0,118ns
HT	0,188*	0,013ns	0,014ns	0,181*	0,210*	0,261**	

RDT= rendement en grain, (g/plante) ; Bio= biomasse aérienne (g/plante) ; NE=nombre d'épis par plante, PMG= poids de 1000 grains (g) ; HI=indice de récolte (%) ; HT= hauteur de la plante (cm) ; ns ; \* et \*\*= coefficient de corrélation non significatif et significatif à 5% et 1% respectivement.

## 2- Héritabilité et gain génétique attendu.

Le coefficient de l'héritabilité d'un caractère indique sa réponse à la sélection. Il est dépendant de la variabilité génétique et de l'importance des effets de l'environnement subi par le caractère mesuré. En F2 du croise-

ment Heider/MT//HO/3/Oumguer, les valeurs du coefficient d'héritabilité sont fortes alors qu'elles sont juste moyennes chez Chen Altar84//Lahn, et ce pour l'ensemble des caractères mesurés. Le gain génétique attendu en % de la moyenne du caractère considé-

ré indique que les meilleurs gains sont attendus en sélection directe et sur la base de la biomasse aérienne. Les gains attendus suite à la sélection sur la base du nombre d'épis et celle du nombre de grains par épi sont intermédiaires (Tab.II).

**Tableau II.** Moyennes, valeurs extrêmes ( $X_M$ ,  $X_m$ ), variances, coefficient d'héritabilité, gain génétique attendu en sélection et Ppds% du rendement et des caractères associés au rendement en grain en F2.

	Heider/MT//HO/3/Oumguer				Chen/Altar84//Lahn			
	RDT	BIO	NE	NGE	RDT	BIO	NE	NGE
XF2 (a)	17,6a	33,1a	6,9a	58,8a	21,1a	38,6a	7,9a	59,4a
XmaxF2	40,3	72,4	13,0	89,0	36,2	63,9	13,0	83,0
XminF2	3,2	6,2	2,0	26,0	9,3	4,4	2,0	38,0
XP1	13,0b	22,0b	6,7a	51,4b	13,7b	25,7b	6,5b	56,8b
XP2	10,6b	20,7b	6,5a	41,5d	14,5b	27,6b	6,2b	52,2a
XPM	1,8b	21,4b	6,6a	46,5c	14,1b	26,6b	6,4b	54,5a
Ppds	1,75	3,3	0,99	2,8	2,0	3,49	0,67	3,33
V2F2	66,0	236,9	7,3	125,5	50,61	147,1	5,2	110,9
h <sup>2</sup>	85,0	85,0	74,0	64,0	48,3	37,7	41,6	24,6
GGA	14,2	27,0	4,1	14,7	7,0	9,4	1,9	5,3

[a] : P1 et P2 sont les parents des deux croisements, X est la moyenne du caractère ; Xmax, Xmin, XPM, sont respectivement les valeurs extrêmes observées en F2 et la moyenne du parent moyen = (XP1+XP2)/2, h<sup>2</sup> est le coefficient de l'héritabilité et GGA est le gain génétique attendu en sélection en % de la moyenne du caractère considéré. Moyennes suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%. RDT, BIO, NE, NGE : sont respectivement le rendement en grain, la biomasse aérienne, le nombre d'épis et le nombre de grains par épi mesuré par plante.

22

### 3- Différentielles de sélection en F2.

La sélection divergente pratiquée en F2, sur la base du nombre d'épis, du nombre de grains par épi et sur la base de la biomasse aérienne, en comparaison de la sélection sur la base du rendement en grain, indiquent des différentielles de sélection significatives quel que soit le critère de sélection utilisé (Tab.III). Les différences observées sont en faveur des fortes valeurs du critère de sélection. La meilleure différentielle de sélection est notée chez le caractère pris comme critère de sélection : le meilleur rendement est noté suite à

la sélection directe et la meilleure biomasse aérienne est observée suite à la sélection sur la base de ce même caractère. Le rendement en grain, la biomasse aérienne et à un degré moindre le nombre d'épis, suite à leurs étroites liaisons, sont en faveur des fortes valeurs du critère de sélection quel que soit le caractère sélectionné. Le nombre de grains par épi, le poids de 1000 grains et la hauteur des plantes montrent des différences qui sont variables en signe, tantôt en faveur des fortes valeurs tantôt à l'inverse, ou ne répondent pas du tout à l'effet de la sélection (Tab.III).

**Tableau III.** Caractéristique des groupes divergents et différences de sélection observées en F2 pour la sélection sur la base des composantes du rendement, de la biomasse aérienne et du rendement en grain.

Critères de sélection	Caractères mesurés							
	Groupe	RDT	BIO	NE	PMG	NGE	HI	HT
Heider/Mt//HO/3/Oumguer								
NE	H [a]	30,9	59,3	12,6	42,9	57,6	51,6	60,2
	L	5,83	10,3	2,6	44,9	49,4	55,8	56,8
	H-L	25,1*	49,0*	<b>10,0*</b>	-2,0*	8,2*	-4,2*	3,4*
NGE	H	25,1	45,8	7,6	41,8	79,2	55,4	62,2
	L	9,7	19,3	6,6	42,4	35,2	50,8	54,6
	H-L	15,3*	26,5*	1,0*	0,5*	<b>44,8*</b>	4,2*	8,0*
BIO	H	35,6	67,2	11,4	44,9	71,4	53,2	61,8
	L	5,83	10,3	2,6	44,4	49,4	55,8	56,8
	H-L	29,8*	<b>56,9*</b>	8,8*	0,5ns	22,0*	-2,6*	5,0*
RDT	H	36,3	66,6	11,2	44,1	72,8	54,8	61,8
	L	5,6	10,9	3,0	40,3	48,0	52,2	54,6
	H-L	<b>30,7*</b>	55,6	8,2*	3,8*	24,8*	2,6*	7,2*
Chen/Altar84//Lahn								
NE	H [a]	31,5	54,0	11,4	44,1	59,2	38,8	70,2
	L	8,9	14,7	3,4	41,7	59,8	52,0	63,6
	H-L	22,6*	39,3*	<b>8,0*</b>	2,4	-1,6ns	6,8*	6,6*
NGE	H	14,6	36,9	6,6	43,7	80,8	53,4	62,6
	L	13,0	24,3	6,6	46,0	42,8	53,2	63,2
	H-L	1,5*	12,5*	0,0ns	-2,3*	<b>38,8*</b>	0,2ns	-0,6ns
BIO	H	30,2	62,4	11,2	47,5	62,6	54,8	73,7
	L	7,7	14,3	3,8	41,4	55,0	52,6	62,2
	H-L	22,5*	<b>48,1*</b>	7,4*	6,0*	7,6*	2,8*	11,5*
RDT	H	34,8	50,2	10,6	46,6	64,8	56,0	67,6
	L	7,6	14,5	4,8	41,1	53,4	51,2	58,6
	H-L	<b>27,1*</b>	43,6*	6,6*	5,4*	10,6*	4,8*	9,0*

[a] : H, L : sont, respectivement les moyennes caractéristiques des groupes aux fortes valeurs pour le critère de sélection. ns, \* : différence non significative et significative à 5%. NE, NGE, BIO, RDT, PMG, HT, HI sont respectivement le nombre d'épis/plante, le nombre de grains par épi, la biomasse aérienne/plante (g), le rendement en grain/plante (g), le poids de 1000 grains (g), la hauteur de la plante (cm) et l'indice de récolte en %. Différentielle de sélection en gras.

#### 4- Réponses en F3 à la sélection en F2.

En F3, les résultats indiquent que la sélection divergente faite sur la base de la biomasse aérienne, du nombre d'épis et du rendement en grain engendre une réponse directe posi-

tive et significative alors que la sélection sur la base du nombre de grains par épi affiche une réponse directe non significative chez les deux croisements (Tab. IV).

**Tableau IV.** Réponses à la sélection en F2 sur la base du nombre d'épis, du nombre de grains par épi, de la biomasse aérienne et du rendement en grain.

Critères de sélection	Caractères mesurées							
	Groupe	RDT	BIO	NE	PMG	NGE	HI	HT
Heider/Mt/Ho/3/Oumguer								
	P1	51,4	102,3	41,0	48,9	27,6	50,0	59,3
	P2	58,9	115,5	51,6	45,9	25,0	51,0	74,0
NE	H	68,3	122,8	45,6	48,7	31,0	54,4	62,2
	L	55,5	88,7	39,0	45,8	26,6	58,0	64,4
	<b>RS/RC</b>	<b>12,8**</b>	<b>34,0**</b>	<b>6,6**</b>	<b>2,9**</b>	<b>4,4**</b>	<b>-3,6**</b>	<b>-2,3**</b>
NGE	H	50,0	92,4	42,4	49,4	26,0	56,2	63,4
	L	56,6	101,7	40,4	45,4	26,6	53,2	66,0
	<b>RS/RC</b>	<b>-3,0**</b>	<b>-9,2ns</b>	<b>1,8ns</b>	<b>-3,9**</b>	<b>-0,6ns</b>	<b>-3,0**</b>	<b>-2,6*</b>
BIO	H	64,8	113,5	52,4	45,4	26,8	58,0	64,0
	L	46,1	78,6	34,8	49,9	25,1	56,6	65,4
	<b>RS/RC</b>	<b>18,6</b>	<b>34,9**</b>	<b>17,6**</b>	<b>-4,5**</b>	<b>1,6ns</b>	<b>1,4ns</b>	<b>-1,4ns</b>
RDT	H	71,2	129,6	55,2	45,6	27,6	54,2	66,0
	L	50,3	87,2	35,0	49,7	26,4	56,8	64,6
	<b>RS/RC</b>	<b>20,9**</b>	<b>42,4**</b>	<b>20,2**</b>	<b>-4,1**</b>	<b>1,2ns</b>	<b>-2,2**</b>	<b>1,6ns</b>
Chen/Altar84//Lahn								
	P1	42,1	80,3	52,0	41,3	19,3	52,3	48,3
	P2	54,5	116,1	51,0	51,4	21,3	46,6	71,3
NE	H	58,6	119,4	53,6	50,2	26,2	48,8	65,2
	L	44,0	98,0	35,4	50,4	21,6	47,4	72,0
	<b>RS/RC</b>	<b>14,6**</b>	<b>21,4**</b>	<b>18,2**</b>	<b>-0,1ns</b>	<b>-4,4**</b>	<b>1,4ns</b>	<b>-6,8**</b>
NGE	H	52,3	116,0	50,2	50,7	34,0	43,4	70,0
	L	50,3	114,3	47,2	49,7	33,6	44,4	69,8
	<b>RS/RC</b>	<b>0,1ns</b>	<b>1,7ns</b>	<b>3,0ns</b>	<b>0,9ns</b>	<b>0,4ns</b>	<b>-1,0ns</b>	<b>0,2ns</b>
BIO	H	57,6	117,4	49,9	51,3	24,0	49,2	71,6
	L	48,6	101,7	34,4	49,7	28,0	48,0	73,8
	<b>RS/RC</b>	<b>9,0**</b>	<b>15,7**</b>	<b>14,6**</b>	<b>1,6ns</b>	<b>-4,6**</b>	<b>1,2ns</b>	<b>-2,2*</b>
RDT	H	58,9	115,8	51,8	48,3	23,8	51,4	66,6
	L	39,6	80,8	33,6	49,2	24,0	49,2	66,0
	<b>RS/RC</b>	<b>19,3**</b>	<b>35,0**</b>	<b>17,8**</b>	<b>-0,8ns</b>	<b>-0,2ns</b>	<b>2,2**</b>	<b>8,6*</b>

[a] : P1 et P2 sont respectivement les parents de chaque croisement, à savoir Heider/MT/HO et Oumguer pour le premier croisement et Chen/Altar 84 et Lahn pour le second croisement ; RDT, BIO, NE, PMG, NGE, HT, HI : sont respectivement le rendement en grain (g/m<sup>2</sup>), la biomasse aérienne (g/m<sup>2</sup>), le nombre d'épis (m<sup>2</sup>), et celui de grain par épi, le poids de 1000 grains (g), la hauteur des plantes (cm), et l'indice de récolte (%) ; ns, \*, \*\* : différence non significative, significative à 5% et 1% respectivement. **RS** : est la réponse directe à la sélection sur la base d'un critère donné et RC : est la réponse corrélative des autres caractères non pris en compte en sélection. Les chiffres de la biomasse aérienne, le rendement en grain et le nombre d'épis sont à multiplier par 10 pour avoir les moyennes au m<sup>2</sup> (chiffres donnés sont sur la base 0,5 x 0,20m = 0,1 m<sup>2</sup>).



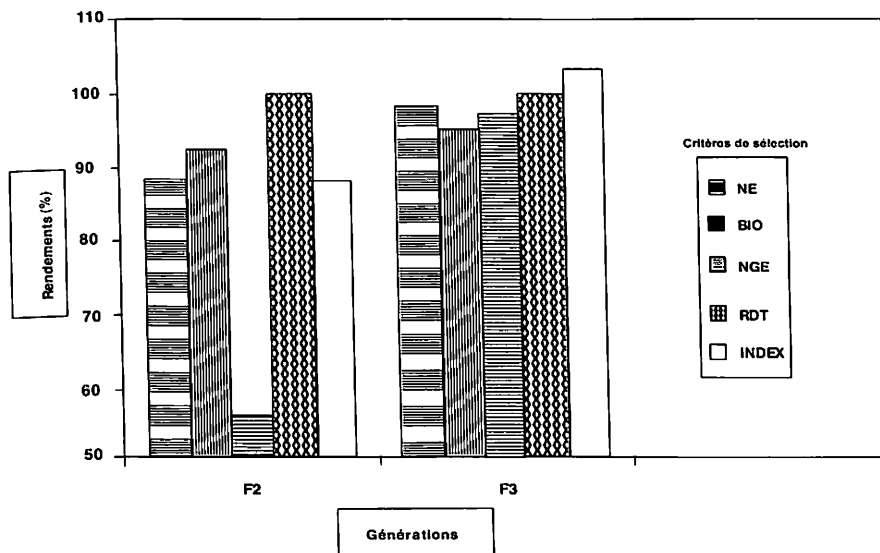
La réponse corrélative à la sélection sur la base des épis est positive et significative pour le rendement en grain et la biomasse aérienne et négative pour la hauteur des plantes des deux croisements. La réponse corrélative du nombre de grains par épi est positive chez Heider/MT//HO/3/oumguer et négative chez Chen Altar84//Lahn. Le poids de 1000 grains et l'indice de récolte répondent chez Heider/MT//HO/3/Oumguer et ne réagissent pas de manière significative chez Chen Altar84//Lahn (Tab. IV).

La réponse corrélative à la sélection du nombre de grains par épi est négative pour le rendement en grain, le poids de 1000 grains, l'indice de récolte et la hauteur des plantes chez Heider/MT//HO/3/Oumguer et non significative chez Chen/Altar84//Lahn pour tous les caractères (Tab. IV).

La réponse corrélative à la sélection sur la base de la biomasse aérienne est positive et significative pour le rendement en grain et le nombre d'épis des deux populations. Le poids de 1000 grains répond négativement chez

Heider/MT//HO/3/Oumguer. L'indice de récolte ne répond pas chez les deux croisements, alors que la hauteur répond négativement uniquement chez Chen/Altar84//Lahn (Tab.IV).

La sélection directe engendre des réponses corrélatives positives et significatives pour la biomasse aérienne et le nombre d'épis ; les autres caractères réagissent de façon variable: le poids de 1000 grains et la hauteur répondent négativement au niveau d'un croisement et ne réagissent pas au niveau de l'autre. Le nombre de grain par épi ne répond pas chez les deux populations, alors que l'indice de récolte diminue significativement chez Heider/MT//HO/3/Oumguer et augmente chez Chen/Altar84//Lahn (Tab. IV). La sélection indirecte sur la base d'un seul caractère reste donc moins efficace et aussi variable que la sélection directe (Figure 2), d'où il serait intéressant d'essayer d'intégrer plusieurs caractères à la fois dans le processus de sélection.



**Figure 2 :** Rendement en grain, en F2 et en F3, suite à la sélection sur la base des épis, de la biomasse aérienne, du nombre de grains par épi et par niveau sur la base de la biomasse et de l'indice de récolte en pour cent de la moyenne du rendement en grain de la sélection directe.

Pour agir simultanément sur plusieurs caractères à la fois, on a utilisé l'analyse de la régression progressive multiple appliquée aux données de la génération de base F2 des deux croisements qui indique que la biomasse aérienne et l'indice de récolte, expliquent plus de 96% de la variation observée au niveau du rendement en grain (Tab. V).

Chez les deux populations étudiées la sélection par niveau sur la base de la biomasse

aérienne et de l'indice de récolte réussit à se montrer aussi efficace que la sélection directe en ce qui concerne le rendement en grain et apporte un léger plus en ce qui concerne la biomasse aérienne et le nombre d'épis par unité de surface (Figure 2). La réponse corrélative, dans ce cas, du poids de 1000 grains, du nombre de grains par épi et de l'indice de récolte est variable selon le croisement (Tab. VI).

**Tableau V.** Régression progressive multiple du rendement en grain sur les caractères mesurés en F2.

Rendement = F(x) modèle	R2 multiple
<b>Heider/MT//HO/3/Oumguer</b>	
RDT[a] = 0,5149 BIO + 0,1511	0,9716
RDT = 0,5137 BIO + 0,2239 HI - 11,9886	0,9859
<b>Chen/ Altar 84//Lahn</b>	
RDT = 0,5356 BIO + 0,0074	0,9716
RDT = 0,5230 BIO + 0,3322 HI - 17,3673	0,9859

[a] : RDT, BIO et HI sont respectivement le rendement en grain (g, par plante), la biomasse aérienne (g/plante) et l'indice de récolte (%).

**Tableau VI.** Caractéristiques des groupes de lignées sélectionnées, en F2, par niveau sur la base de la biomasse aérienne et de l'indice de récolte et la réponse en F3.

Groupes	RDT	BIO	NE	PMG	NGE	HI	PHT
<b>Heider/MT//HO/3/Oumguer</b>							
Différences en F2							
X sél Bio + HI (a)	34,7	61,5	10,6	46,7	71,4	56,4	63,2
XRDT (b)	36,3	66,6	11,2	44,1	72,8	54,8	61,8
Différence (a-b)	-1,6ns	-5,1*	-0,6ns	2,6	-1,4ns	1,6ns	1,4ns
Réponses en F3 à la sélection par niveau en F2							
X sél Bio + HI (a)	72,1	130,8	56,8	44,7	28,8	55,4	64,6
XRDT (b)	71,2	129,6	55,2	45,6	27,6	54,2	66,0
Différence (a-b)	0,9ns	1,2ns	1,6ns	-0,9ns	2,0ns	1,2ns	-1,4ns
<b>Chen/Altar84//Lahn</b>							
X sél Bio + HI (a)	28,0	48,1	9,7	45,4	64,0	58,5	67,2
XRDT (b)	34,0	50,2	10,6	46,6	64,8	56,0	67,6
Différence (a-b)	-6,0*	-2,1ns	-0,9ns	-1,2ns	-0,8ns	2,5**	-0,4ns
Réponses en F3 à la sélection par niveau en F2							
X sél Bio + HI (a)	61,0	123,1	54,6	49,3	22,5	50,1	74,0
XRDT (b)	58,9	122,5	51,8	48,3	23,8	51,8	66,6
Différence (a-b)	2,0ns	7,3*	2,8ns	1,0ns	-1,3ns	-1,7*	7,4**

Les chiffres de la biomasse aérienne, le rendement en grain et le nombre d'épis sont par plante en F2 et à multiplier par 10 pour avoir les moyenne au m<sup>2</sup> en F3 (chiffres donnés sont sur la base de 0,5 m x 0,20m=0,1m<sup>2</sup>). X. sel BIO + HI et XRDT sont respectivement les moyennes des sélection sur la base de la biomasse et l'indice de récolte et sur la base du rendement en grain. ns, \* : différence non significative et significative à 5%.

Pesek et Baker (1970), mentionnent que dans le cas de la sélection pour un caractère complexe, comme le rendement en grain, il est possible de concevoir qu'en plus du caractère rendement lui-même ; il faut prendre en considération les composantes comme critères à intégrer dans le schéma de sélection pour permettre une meilleure appréciation de la valeur des individus sélectionnés et aussi faire le meilleur progrès possible. Plusieurs auteurs citent la biomasse aérienne et l'indice de récolte comme des caractères dont il faut tenir compte pour améliorer et stabiliser le rendement en grain (Rosielle et al, 1981 ; Sharma, 1992 ; Sharma 1993). Harding et al (1987) estiment qu'il ne faut pas s'attendre à des gains appréciables, généralisés à l'ensemble des caractères pris en considération par la sélection multicaractères qu'au bout de trois à quatre cycles de sélection. Kervella et al (1991) comparent différentes procédures de sélection uni et multicaractères chez le blé et concluent que la sélection monocaractère permet souvent le meilleur progrès sur le caractère sélectionné mais cause des effets indésirables sur les autres caractères, elle est globalement moins intéressante. Ils trouvent que l'efficacité des méthodes de sélection multicaractères varie en fonction du lieu, de l'année et du fond génétique étudié. Ils estiment que la sélection multicaractères est intéressante pour améliorer le niveau des populations pour les caractères associés les plus intéressants, puis il faut faire des croisements entre les individus élites de ces populations, sur lesquels il faut enfin travailler l'aptitude à donner de bonnes variétés du point de vue productivité et stabilité.

## CONCLUSION

Les résultats de la comparaison de l'efficacité de la sélection directe et indirecte sur la base des caractères liés au rendement en grain chez le blé dur (*Triticum Durum*, Desf) conduit en

zone semi-aride d'altitude, indiquent que le rendement en grain est fortement corrélé avec les épis et avec la biomasse aérienne. Ce dernier caractère est essentiellement déterminé par le nombre d'épis produit par plante au niveau de la génération F2. Les coefficients de l'héritabilité sont moyens pour les caractères liés. La réponse à la sélection divergente monocaractère, pratiquée en F2, sur la base de la biomasse aérienne, du nombre d'épis et du nombre de grains par épi indique que les meilleurs gains du point de vue rendement en grain sont obtenus suite à la sélection directe quel que soit le croisement suivi de la sélection indirecte sur la base de la biomasse au niveau d'un croisement et du nombre d'épi chez l'autre croisement. La sélection par niveau sur la base de la biomasse aérienne et de l'indice de récolte est équivalente à la sélection directe et semble donc plus prometteuse.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient vivement la direction et le personnel de la Station Expérimentale ITGC de Sétif pour les moyens qu'ils ont mis à disposition pour les besoins de cette expérimentation. La collaboration de MM. Bemmahammed A., Mekhlouf M, et Zéragui H. est reconnue.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **ACEVEDO E., (1989).** Improvement of winter wheat crops in mediterranean environments, use of yield, morphological traits. In physiology breeding of winter cereals for stressed mediterranean environments. Ed INRAF. Les colloques 55 : 273-305.
- **ACCEVEDO E., GRAUFURD P. Q., AUSTIN R. D., & PEREZ-MARCO P., (1991).** Traits associated with high yield in barley in low yielding environment. J. Agr. Sci. Camb. 116 : 23-36.

- **ALLARD R. W., (1960).** Principles of plant breeding. Ed J. Weley & Sons, N Y London. pp: 278.
- **BELKEMA – BOOMSTRA A. G., (1988).** The effects of selection for earliness and ear density on grain yield improvement in spring barley. *Euphytica* (5) 125 -129.
- **BEMMAHAMMED A., (1996).** Association et héritabilité de quelques caractères à variation continue chez l'orge (*Hordeum Vulgare*, L). Thèse de magister INA Alger. Pp : 80.
- **BERGER M. AND PLANCHON C., (1990).** Physiological factors determining yield in bread wheat, effects of dwarfing genes. *Euphytica* 51 : 33-39.
- **BOUZERZOUR H., ZÉRARGUI H. AND DÉKHILI M., (1994).** Relationships among duration of vegetative and grain filling periods, yield components and grain yield in durum wheat. *El awamia* 75 : 15-21.
- **BOUZERZOUR H., ET DJEKOUNE A., (1996).** Etude de l'interaction génotype x lieu du rendement de l'orge zone semi-aride. *Rev. Sci. & Tech. Uni. Constantine* 12 : 11-14.
- **BOUZERZOUR H., DJEKOUNE A., BEMMAHAMMED A., ET HASSOUS L., (1998).** Contribution de la biomasse aérienne, de la précocité à l'épiaison de l'indice de récolte à la stabilité du rendement en grain de l'orge (*Hordeum Vulgare* L.) en zone semi-aride d'altitude. *Cahiers Agriculture*. 7 :307-317.
- **CECCARELLI S., GRANDO S., AND HAMBLIN J., (1992).** Relationship between barley grain yield measured in low and high yielding environments. *Euphytica* 64 : 49-58.
- **CIMMYT, (1988).** Cereals breeding annual report, Cimmyt, 180pp.
- **DONALD J. M. & HAMBLIN J., (1976).** The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. *Adv. Agro.* 28 : 361-405.
- **FISHER R. A., AND KERTEZ Z., (1976).** Harvest index in spaced population and grain weight in microplots as indicators of yielding ability in spring wheat. *Crop Sci.* 16 : 55-59.
- **HARDING J., BYRNE T. AND DRENNAN D., (1987).** The use of a selection index to improve Gerbera cut flowers. *Acta Horticulture* 205 : 57-64.
- **ICARDA, (1991).** Cereals improvement program. Annual report, 220pp.
- **KERVELA J., GOLDRINGER F., AND BRABAND P., (1991).** Sélection récurrente chez les autogames pour l'amélioration des variétés lignées pures : une revue bibliographique. *Agronomie* 11 : 335-352.
- **KNOTT D. R. AND TALUKDAR B., (1971).** Increased seed weight in wheat and its effect on yield and yield component and quality. *Crop Sci.* 11 : 175-181.
- **KOTECHA A. AND ZIMMERMAN L. H., (1978).** Inheritance of seed weight, Pappus and Striped Hull in Sfflower Species. *Crop Sci.* 18 : 999-1002.
- **MARSHALL D. R., (1987).** Australia, plant breeding strategies for rainfed areas. In : Drought tolerance in winter cereals Eds. John Wiley & Sons NY 89-98.

- **MONNEVEUX P., (1991)**. 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 Euritest. 165-186.
- **ONM, (1996)**. Données climatologiques
- **PESEK J & BAKER R. J., (1970)**. An application of index selection to the improvement of self pollinated species. Can. J. Plant Sci. 50: 267-276.
- **ROSIELLE A. H. AND HAMBLIN J., (1981)**. Theoretical aspect of selection for yield in stress and non stress environments. Crop Sci . 21 : 943-946.
- **SHARMA R. C., AND SMITH E. L., (1986)**. Selection for high and low harvest
- **SHARMA R. C.,(1992)** . Analysis of phytomas yield in wheat. Agro. J. 84 : 926-929.
- **SHARMA R. C., (1993)**. Selection for biomass yield in wheat Euphytica 70 : 35-42.
- **SIDDIQUE K. H. M., BELFORD R. K., PERRY M. W. & TENNANT D., (1989)**. Growth development and light interception of old and modern wheat varieties in mediterranean environment. Aust. J. Agr. Res. 40 : 473-487.
- **STEEL G. D. S. AND TORRIE J. H., (1980)**. Principles and procedures of statistics : a biometrical approach. Eds. Mc Craw Hill Book Company. NY. 633pp.