

Évaluation de la performance de quelques haploïdes doublés d'orge (*Hordeum vulgare L.*) et identification des lignées transgressives dans une zone semi-aride Algérienne

Dalila RAMLA^{*,a,b}, Said M. YAKHOU^a, Nassima BILEK^a, MIMOUN Hamou^a, Leila HANINFI-MEKLICHE^b

^a Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie (INRAA), Division Biotechnologie et Amélioration des Plantes (DBAP). C.R.P Mehdi Boualem, BP 137 Route de Baraki 16210

^b Ecole National Supérieure d'Agronomie, Avenue Hassan Badi - 2 Rue des Frères OUDEK El Harrach

Résumé

En vue de l'obtention de nouvelles lignées d'orge (*Hordeum vulgare L.*) performantes en zone semi-aride, des lignées en (F2) issues du croisement entre la variété locale cv. Tichedrett et la variété introduite française cv. Express ont été utilisées dans un essai d'obtention d'haploïdes doublées (HDs). Sur 48 lignées (HD₀) obtenues et placées, en première génération (HD₁), en pépinière d'observations en zone subhumide, 18 ont montré une résistance à la verse et une tolérance aux maladies. Ces lignées ont été retenues et évaluées, en deuxième génération (HD₂), en conditions défavorables dans une zone semi-aride. Des gains et des pertes en performances, vis-à-vis des deux parents, ont été enregistrés pour l'ensemble des caractères mesurés hormis la hauteur des plants. Plusieurs lignées ont excédé le parent local pour plusieurs caractères, les lignées HD14, HD38, HD16 pour la longueur des barbes dont le gain le plus important a atteint (+ 23,60%), la lignée HD38 pour la longueur de l'épi (+ 24,58%), les lignées HD16 (+ 61,78) et HD19 (+ 58,79%). pour le rendement en grains. Deux lignées, la HD15 et la HD16 se sont distinguées dans cet environnement, elles excèdent significativement et positivement la valeur des deux parents et sont transgressives pour plusieurs caractères. La lignée HD15, pour le poids des grains/ épis, le rendement en grains, et le rendement biologique et la lignée HD16 pour le rendement biologique

Mots-clefs : haploïdes doublés ; transgressions ; variété locale ; variété introduite ; conditions défavorables

Abstract

In order to obtain new performing barley (*Hordeum vulgare L.*) varieties in semi-arid zone, F2 barley lines resulting from the crossing between the local variety cv. Tichedrett and French introduced variety cv. Express were used in experimentation to obtain barley doubled haploids lines (HDs). On forty-eight (DH0) lines, produced and placed in first generation (DH1) in nursery of observations in a sub-humid zone, eighteen (18) showed a lodging resistance and disease tolerance. These lines were retained and evaluated, in second generation (DH2), in unfavorable conditions of a semi-arid zone. Gains and decrease in performance, toward both parents, were registered for all the characters analyzed. Several lines exceeded the local parent for several characters, the DH14, DH38, DH16 lines for awn length in which the most important gain reached (+23, 60%), DH38 TEF2 line for spike length (+24,58%), DH16 (+ 61,78) and DH19 (+58,79) lines for grain yield. Moreover, two lines, DH15 and DH16, showed themselves promising, they were transgressive for several characters and exceed the value of both parents in the positive way. It is concerning DH15 for spike grain yield, grain yield and for biological yield and DH16 line for biological yield.

Keywords : barley, double haploids, performance, transgressive, semi-arid zone

1. Introduction

En Algérie, l'orge est la deuxième céréale cultivée après le blé, elle est à destination fourragère [1]. Son aire

de production se situe essentiellement en zone agro-climatique semi-aride (300-400 mm) caractérisée par la variabilité et la sévérité des conditions climatiques qui constituent les facteurs limitant majeurs ayant une forte

incidence négative sur le niveau et la stabilité des rendements.

Depuis les années 70, l'effort national s'est appuyé sur les méthodes de sélection classiques, reposant essentiellement sur des populations en ségrégation introduites [2]. De nouvelles variétés ont fait leurs apparitions mais en raison de leurs faibles potentiels d'adaptabilité à l'environnement de production, les deux variétés Tichedrett et Saïda, issues de la sélection dans les populations locales, demeurent très largement utilisées et couvrent l'essentielle des superficies qu'occupe cette espèce [1, 2].

Dans les régions à conditions de culture défavorables, la création de variétés à gain génétique constitue un important objectif de recherche [3]. L'obtention de ces variétés est cependant, pour ces conditions, conditionnée par l'utilisation d'un germoplasme local et par la mise en œuvre du processus de sélection dans l'environnement même pour lequel ces nouvelles obtentions sont destinées [4-6]. Comparativement à l'amélioration génétique conventionnelle longue et fastidieuse, les biotechnologies végétales et plus précisément les techniques de production d'haploïdes, constituent un puissant outil d'obtention rapide de nouvelles lignées pures à partir d'hybrides en ségrégation permettant ainsi, la simplification et le raccourcissement du cycle de sélection [7-10].

Plusieurs travaux montrent que des ségrégations transgressives sont également fixées à partir de ces techniques et permettent l'obtention de lignées haploïdes doublées (HDs) à gain génétique transgressant les valeurs parentales [10-13]. Dans les pays du nord, ces techniques sont largement utilisées et ont grandement gagné en importance dans les programmes d'amélioration de l'orge comme le démontre le nombre croissant des variétés HDs obtenues [14-16]. Il est important de mettre à profit ces avancées et d'utiliser cet outil dans les programmes d'amélioration génétique et de sélection de l'orge, cela permettra d'accélérer le processus d'enrichissement de la gamme variétale mise à la disposition des paysans, par l'obtention rapide de nouvelles variétés d'orge attendues transgressives, stables et adaptées aux zones semi-arides.

Dans cette perspective, des lignées d'orge en ségrégation (F₂) issues du croisement entre la variété locale cv. Tichedrett et la variété introduite française cv. Express ont été utilisées dans un essai d'obtention de lignées haploïdes doublées HDs. Les lignées obtenues, présélectionnées en

HD₁ ont été évaluées en HD₂ en zone semi-aride de l'Ouest Algérien afin d'analyser leurs performances et d'identifier les lignées transgressives.

2. Matériel et méthodes

2.1. Obtention des lignées haploïdes doublées (HDs)

La production des lignées HDs a été réalisée selon le protocole suivant :

- *Conditions de croissances des plants donneurs et récolte des talles :*

Des graines de l'hybride TE (Tichedrett x Express) en F₂, ont été semées dans des pots de 03 kg à raison de 04 graines par pot. Ces derniers ont été placés dans une serre semi-contrôlée [température : 21/18 °C (jour/nuite), photopériode naturelle]. Les talles ont été prélevées aux stades des microspores uni nucléé médian à tardif [17-20]. Ce prélèvement est réalisé à l'aide du repère morphologique « R », distance entre les deux dernières feuilles [18, 20, 21] dont la valeur, préalablement établis pour l'hybride utilisé dans cet essai, était comprise dans l'intervalle entre 5 et 6 cm (Figure 1).

- *Stérilisation et prétraitement au froid :*

Les épis extraits des talles stérilisées par aspersion à l'éthanol 70 % [17, 20-22] ont été placés dans des boîtes de Pétri contenant une goutte d'eau distillée stérile et soumis à un pré traitement au froid (4 °C) pour une durée de 21 à 28 jours [18, 19].

- *La culture d'anthères :*

Le prélèvement des anthères, leur incubation, l'induction des cals et/ou embryons ainsi que la régénération en plants (Figure 2) ont été réalisés selon les procédures décrites par Szarejko [18].

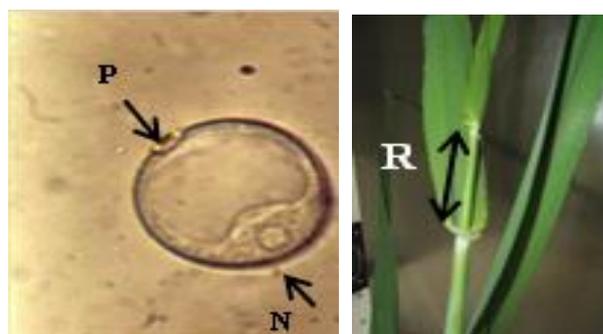


Figure 1 : Microspore uni-nucléée tardive (G x 400, P : Pore, N : Noyau)
et Repère morphologique "R"

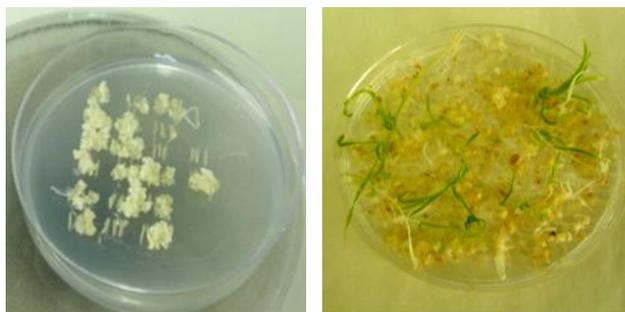


Figure 2 : Phases d'induction et de régénération

- *Milieux d'induction et de régénération*

Les milieux utilisés sont conformes à ceux de Jacquard *et al.* [23] avec cependant deux modifications : le remplacement de la thiamine-HCL par les vitamines FHG et l'agarose par du phytigel (3 g/l). Le milieu de développement est le milieu de Murashige et Skoog [24] modifié (la concentration en sel est diminuée de moitié et addition de 0,5 mg/l d'acide indol-butyrique (AIB) et de 3 g/l de phytigel).

- *Acclimatation*

Après 21 jours d'acclimatation (Figure 3) des plantules régénérées dans un substrat constitué exclusivement de perlite et à humidité saturante, elles ont été transférées en pot et placées dans les mêmes conditions que celles utilisées pour l'obtention des plantes mères. Ces plantules ont suivi leur cycle de développement, le doublement spontané des chromosomes [20, 21, 25] a permis la récolte des graines.



Figure 3 : Phase d'acclimatation

2.2. Pépinières d'observations des lignées HD₁

Quarante-huit (48) lignées HD₀ fertiles ont été produites, elles ont été placées en première génération (HD₁) dans des pépinières d'observations au niveau de la station expérimentale de l'Institut Techniques des Grandes Cultures, dans la région du littoral à conditions subhumide favorisant la verse et l'apparition de maladies. Les lignées ont été semées en bloc aléatoire complet à quatre (04) répétitions sur des lignes d'un mètre, avec une distance de 20 cm entre lignes et entre chaque grain.



Figure 4 : Pépinière d'observations (HD₁)

Le nombre de lignes semées a varié d'une (1) à six (6) en fonction des lignées et ce en raison du nombre de graines récoltées pour chacune d'elles en HD₀. Les observations effectuées sur ces lignées en HD₁ ont porté sur leurs comportements vis-à-vis des maladies et de la verse.

2.3. Essai d'évaluation des lignées HD₂ en zone semi-aride

Dix-huit (18) lignées, résistantes à la verse et tolérantes aux maladies, ont été retenues et utilisées en deuxième génération (HD₂) dans un essai d'évaluation en zone semi-aride à l'Ouest de l'Algérie. La pluviométrie enregistrée au cours de l'essai a été de 232,53 mm. Les lignées ont été semées tardivement (fin décembre) en bloc aléatoire complet à trois répétitions, à une densité de 275 grains/m² sur des parcelles élémentaires de 6 m² (6 lignes de 5 m, 20 cm entre lignes). Les mesures des différents caractères ont été effectuées sur les plants issus de la récolte d'une placette de 2 m linéaires se situant au centre de chaque parcelle élémentaire. Les mesures ont porté sur des caractères se rapportant à l'épi à savoir, la longueur des barbes (cm), la longueur de l'épi (cm), le nombre des

grains/épi, le poids des grains/épi (g), ainsi que sur la hauteur des plants (cm) mesurée de la base de la plante au sommet de l'épi, le rendement biologique (q/ha), le rendement en grains (poids des grains par unité de surface en q/ha) et l'indice de récolte. Les mesures portant sur les caractères de l'épi ont été effectuées sur 10 épis pris au hasard à l'intérieur de la placette récoltée.



Figure 5. Evaluation des lignées (HD₂) en zone semi-aride

2.4. Analyse des données

L'ensemble des (18) lignées (HD₂) a d'abord été analysé à travers la comparaison de la valeur moyenne de

la population (HD₂) à la valeur moyenne du parent local et celle du parent introduit, et ce pour chacun des caractères mesurés. La valeur moyenne de chaque lignée a ensuite été considérée individuellement et leur performance analysée, l'objectif étant de comparer chacune des lignées au parent local et introduit et d'identifier les lignées transgressives. La valeur moyenne de chaque lignée HD₂, pour un caractère donné, a été considérée en gain ou en perte de performance et estimée en pourcentage de variation rapporté à la valeur de chaque parent comme suit:

$$\text{Pourcentage de variation (\%)} = [(Valeur de la lignée (HD) \div Valeur du parent) - 1] \times 100.$$

Une lignée a été considérée transgressive pour un caractère, lorsque sa valeur a été significativement supérieure ou inférieure à la valeur des deux parents pour le caractère considéré [26, 27]. Les analyses de la variance ont été réalisées à l'aide du logiciel STATISTICA (Version 7, StatSoft, Inc. USA). La comparaison des moyennes est effectuée par le test de Dunnett au seuil de 5%.

Tableau 1.
Analyse de la variance des différents caractères

Source de variation	Caractères									
	HP (cm)	LE (cm)	LB (cm)	NGE	NE/m ²	PG/E (g)	RB (q/ha)	RG (q/ha)	IR	
	df	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS
Répétition ^a	2	44,33	7,42*	23,91***	880,59***	180,34***	1,91***	30,94	0,21	0,001
Génotype ^a	2	72,68	0,40	7,20	38,37	18,11	0,02	29,89	11,63	0,007
Erreur ^a		28,64	1,69	4,06	75,78	13,02	0,16	64,87	16,76	0,005
CVr (%) ^a		13,51	30,81	22,34	47,47	15,72	56,34	19,81	44,64	30,43
Répétition ^b	2	44,33	7,77**	26,25***	932,2***	180,34***	2,1***	30,94	5,43	0,001
Génotype ^b	19	34,70	5,81***	14,81***	206,7***	11,77	0,6***	149,08***	40,85***	0,011***
Erreur ^b		27,93	1,54	3,70	71	13,92	0,14	20,92	4,45	0,002
CVr (%) ^b		13,34	29,41	21,33	45,94	16,25	52,70	11,25	23,00	19,44
Moyenne ± ES		9,61 ± 0,71	4,22 ± 0,06	9,02 ± 0,09	18,34 ± 0,37	22,96 ± 0,56	0,71 ± 0,02	40,66 ± 1,02	9,17 ± 0,51	0,23 ± 0,01

HP : Hauteur de la plante ; LE : Longueur de l'épi ; LB : Longueur des barbes ; NGE : Nombre de grains par épi ; NE/m² : Nombre d'épi/m² ; PG/E : Poids des grains / épi ; RB : Rendement biologique ; RG : Rendement en grains ; IR : Indice de récolte. (a) : Analyse de la variance entre la valeur moyenne de la population constituée des 18 lignées (HD2) et la valeur moyenne de chaque parent pour les différents caractères; (b) : Analyse de la variance entre la valeur moyenne de chaque lignée (HD2) et la valeur moyenne de chaque parent pour les différents caractères; CVr: Coefficient de variation résiduel ; (*, **, ***): Différence significative respectivement à $p < 0, 05$, à $P < 0, 01$ et à $P < 0,001$.

3. Résultats et discussion

L'analyse de la variance n'a révélé aucune différence significative entre les moyennes des deux variétés parentales, Tichedrett et Express, et la moyenne de la population constituée des lignées HD₂ et ce pour l'ensemble des caractères analysés (Tableau 1a). L'absence d'une différence significative entre les deux variétés, Tichedrett et Express a déjà été rapportée par Benmoussa et Achouch [28] dans un essai d'évaluation, de plusieurs génotypes locaux et introduits, quand les conditions hydriques étaient similaires à celles du présent essai. En effet, bien que très performante en condition humide, la variété introduite Express sensible au stress hydrique [29] perd, dans de telles conditions, de sa performance et égale la variété locale Tichedrett. L'absence de différences significatives entre la valeur moyenne de la population HD₂ et les valeurs moyennes des parents (Tableaux 2a, 2b, 3a et 3b) pour les différents caractères a également été signalée par Laurie et al. [30] qui n'ont observé aucune différence significative entre les moyennes de populations de lignées HDs issues de croisements inter générique (ChineseSpring × Zeamays ; ChineseSpring × *Hordeumbulbosum*) et les moyennes

parentales pour des caractères de performance agronomique.

Par ailleurs, l'analyse de la variance entre les moyennes des différentes lignées HD₂ et les moyennes des parents met en évidence une différence très hautement significative ($p < 0,001$) pour l'ensemble des caractères à l'exception de la hauteur des plants et du nombre d'épis/m² (Tableau 1b). Des gains et des pertes en performances, en pourcentage de variation des lignées HDs vis-à-vis du parent local (Tichedrett) et introduit (Express), sont ainsi obtenus pour l'ensemble des caractères analysés hormis la hauteur des plants et le nombre d'épis par mètre carré (Tableau 2 et 3). La comparaison de ces pourcentages a permis de distinguer les lignées HD₂ significativement supérieures et/ou inférieures à chacun des deux parents.

Ainsi concernant les caractères se rapportant à l'épi (Tableau 2) :

a) Pour la longueur des barbes (cm), trois (03) lignées se sont montrées significativement supérieures au parent local Tichedrett dont le plus important gain

(+ 23,60 %^{***}) a été obtenu par la lignée **HD16 TEF2**. Pour ce même caractère et vis-à-vis du parent introduit Express, aucune lignée ne lui a été significativement supérieure, alors que deux lignées ont montré une régression significative : **HD11 TEF2** (-15%*) et **HD25 TEF2** (-21,56 %^{***}).

b) Pour la hauteur de l'épi une seule lignée, **HD38 TEF2**, s'est montrée significativement supérieure au parent local avec un gain de (+ 24,58 %*). Pour ce même caractère, une seule lignée, **HD45 TEF2**, s'est également révélée significativement inférieure au parent introduit avec une perte de (-20,94%*).

c) Pour la fertilité des épis, une seule lignée, **HD24 TEF2**, s'est révélée significativement inférieure au parent

introduit avec un pourcentage de régression de (- 36,07 %^{**}).

d) Pour le poids des grains/épi, une seule et même lignée, **HD15 TEF2**, a montré un gain positif et significatif par rapport aux valeurs moyennes des deux parents, local et introduit (respectivement de + 37 %* et + 46,45 %^{**}).

Concernant le reste des caractères (Tableau 3) :

a) Pour le rendement biologique, les deux lignées **HD15 TEF2** et **HD16 TEF2** ont montré un gain significatif par rapport à la moyenne de chaque parent, respectivement de (+ 73,60 %^{***}) et de (+ 43,30 %^{**}) vis-à-vis du parent local et de + 52,75 %^{***}) et (+ 26,08 %*) vis-à-vis du parent introduit.

Table 2.

Pourcentage de variation (gain ou perte en performance) de la valeur des lignées (HD2) vis-à-vis du parent local (PL) cv. Tichedrett et du parent introduits (PI) cv. Express pour les caractères se rapportant à l'épi

Lignées HDs	Caractères évalués							
	Longueur des barbes (cm)		Longueur de l'épi (cm)		Nombre de grains par épi		Poids des grains / épi (g)	
	PL Tichedrett	PI Express	PL Tichedrett	PI Express	PL Tichedrett	PI Express	PL Tichedrett	PI Express
	8,48 ± 0,30 ^a	9,46 ± 0,52 ^a	4,10 ± 0,17	4,32 ± 0,25	18,44 ± 1,64	19,83 ± 1,78	0,75 ± 0,08	0,70 ± 0,07
HD2 TEF2	9,79	-1,56	-3,72	-8,77	-5,45	-12,07	-18,07	-12,42
HD10 TEF2	10,63	-0,82	19,70	13,42	20,77	12,32	27,04	35,81
HD11 TEF2	-5,26	-15,06*	-14,21	-18,71	-19,45	-25,09	-34,92	-30,43
HD12 TEF2	2,94	-7,71	-0,94	-6,14	-15,76	21,65	-35,03	-30,55
HD13 TEF2	6,11	-4,86	6,46	0,86	-8,80	-15,19	-16,40	-10,63
HD14 TEF2	17,74*	5,56	13,60	7,64	5,14	-2,22	-8,80	-2,51
HD15 TEF2	-0,80	-11,06	6,14	0,57	25,22	16,45	37,00*	46,45**
HD16 TEF2	23,60 ^{***}	10,81	-3,45	-8,52	1,52	-5,59	14,23	6,86
HD19 TEF2	3,23	-7,45	9,01	3,29	-5,59	-12,20	-2,44	-8,73
HD21 TEF2	-1,08	-11,31	9,29	3,55	18,19	9,92	16,11	8,62
HD24 TEF2	7,04	-4,03	3,58	-1,86	-31,26	-36,07**	-31,45	-35,87
HD25 TEF2	-12,51	-21,56 ^{***}	-4,08	-19,12	-2,64	-9,45	-20,20-	-14,69
HD26 TEF2	6,43	-4,58	17,83	11,64	15,48	7,39	10,39	18,01
HD35 TEF2	-2,87	-12,91	-2,3	-7,48	-12,63	-18,75	-14,57	-8,68
HD38 TEF2	18,30*	6,06	24,58*	18,04	4,82	-2,52	3,30	10,43
HD40 TEF2	7,29	-3,81	-8,50	-13,30	-7,43	-13,91	-12,32	-6,27
HD45 TEF2	8,81	-2,45	-16,56	-20,94*	-14,41	-20,41	-12,64	-6,62
HD46 TEF2	10,96	-0,52	-7,23	-12,10	4,75	-2,58	14,00	21,87
M ± ES^b	9,02 ± 0,09		4,22 ± 0,06		18,24 ± 0,39		0,71 ± 0,02	

(a) : Valeurs moyennes du parent local et introduit ± Erreur standard ; (b) : valeur moyenne de la population (HD₂) ± Erreur standard ; (*, **, ***): Différence significative respectivement à $p < 0, 05$, à $P < 0, 01$ et à $P < 0,001$ conformément au test de Dunnet.

b) Pour le rendement en grains : 03 lignées se sont révélées significativement supérieures à la variété locale :

la **HD15 TEF2** (+ 149,34%^{***}), la **HD16 TEF2** (+ 61,78%*) et la **HD19 TEF2** (+ 58,79%*). Par

comparaison au parent introduit une seule lignée, **HD15 TEF2**, a montré un gain significatif d'une valeur de (+ 73,69%***), alors que 05 lignées ont montré une régression de performance variant de (-43,90 %**) à (-61,30 %**).

c) Pour l'indice de récolte, aucune lignée ne s'est révélée significativement supérieure à aucun des deux parents, par contre une lignée, la **HD35 TEF2**, est significativement inférieure au parent local (-53,49 %*) et sept lignées sont significativement inférieures au parent introduit. L'ensemble de ces résultats révèlent ainsi la supériorité de plusieurs lignées vis-à-vis du parent local pour plusieurs caractères et la distinction de deux lignées transgressant positivement les valeurs des deux parents dont l'une d'elle pour trois caractères (Tableau 4). En effet, sur les 18lignées HD₂ évaluées, une seule transgression négative a été obtenue, la lignée **HD35 TEF2** transgresse négativement la valeur des deux parents pour l'indice de récolte (Tableau 3),

d) Pour le reste, les lignées qui se sont montrées transgressives, elles le sont dans le sens positif. Ainsi, la lignée **HD15 TEF2** transgresse positivement les deux valeurs parentales pour le poids des grains/épi (Tableau 2), le rendement en grains et se distingue une nouvelle fois en transgressant positivement la valeur des deux parents pour le rendement biologique, la lignée **HD16 TEF2** s'est montrée également transgressive pour ce même dernier

caractère (Tableau 3 et 4). Turcotte *et al.* [31] rapportent que dans une étude d'évaluation de lignées HDs, Kasha et Reinberg (1972) mettent en évidence la supériorité de 02 lignées sur 19 par rapport aux parents pour le rendement en grains et que Fedek (1976) mentionne que sur 61 lignées HDs 17 égalent ou surpassent le meilleur témoin pour ce même caractère. Sur 398 lignées HDs, Choo *et al.* [32] en distinguent 07 supérieures au meilleur parent pour le rendement en grains. Dans une récente étude Gomez-Pando *et al.* [10] évaluant des lignées HDs, issues de trois croisements, pour un certain nombre de caractères dont le rendement, identifient 04 lignées HDs, sur un total de 120, supérieures aux parents. Le nombre relativement faible de lignées HDs supérieures aux parents s'explique par la faiblesse du nombre de lignées de départ à évaluer en raison même du nombre limité d'HDs produit comme le rapportent Ma *et al.* [7].

L'obtention de ces lignées HDs transgressant le meilleur parent est le résultat de l'association, en leur au sein, des allèles favorables, à effet positif, en provenance de chaque parent. De même que la transgression négative est le résultat de l'association des allèles à effets négatifs contenus dans chaque parent [12, 26]. Cette transgression se produit grâce à l'existence au sein de chaque unité parentale d'un ensemble d'allèles à effets opposés, la majorité ou la totalité de ces allèles à effets positifs ou négatifs sont alors rassemblés à l'intérieur d'une nouvelle lignée par recombinaison [27, 33].

Table 3.

Pourcentage de variation (gain ou perte en performance) de la valeur des lignées (HD2) vis-à-vis du parent local (PL) cv. Tichedrett et du parent introduits (PI) cv pour le rendement biologique, le rendement en grain, l'indice de récolte, la hauteur des plants et le nombre d'épi/m²

Lignées HDs	Caractères évalués									
	Rendement biologique (q/ha)		Rendement en grains (q/ha)		Indice de récolte		Hauteur de la plante (cm)		Nombre d'épis/m ²	
	PL	PI	PL	PI	PL	PI	PL	PI	PL	PI
	Tichedrett	Express	Tichedrett	Express	Tichedrett	Express	Tichedrett	Express	Tichedrett	Express
	36,32±2,17 ^a	41,28±4,35 ^a	8,18±1,03 ^a	11,75±0,38 ^a	0,22±0,01	0,29±0,02	37,00±0,57	46,00±1,00	39,39±0,76	19,83±4,14
HD2 TE	20,20	5,76	-11,28	-38,20	-26,30	-43,13*	3,60	-16,67	18,34	30,25
HD10 TE	6,36	-6,42	27,82	-10,96	22,74	-5,29	12,61	-9,42	-3,04	6,72
HD11 TE	-4,08	-15,60	-40,75	-58,72**	-38,71	-52,71**	10,81	-10,87	22,16	34,45
HD12 TE	1,32	-10,85	-19,47	-43,90**	-22,75	-40,39*	-1,80	-21,01	1,16	11,34
HD13 TE	18,22	4,02	22,89	-14,40	6,27	-18,00	8,11	-13,04	-8,38	0,84
HD14 TE	15,25	1,40	14,09	-20,52	-0,55	-23,26	6,31	-14,49	11,47	22,69
HD15 TE	73,60***	52,75***	149,34***	73,69***	44,84	11,76	16,22	-6,52	6,89	17,65
HD16 TE	43,30**	26,08*	61,78*	12,70	14,00	-12,04	15,32	-7,25	1,16	11,34
HD19 TE	20,81	6,30	58,79*	10,61	32,18	1,99	24,32	0,00	-0,75	9,24
HD21 TE	1,24	-10,92	7,51	-25,11	9,14	-15,79	-0,90	-20,29	1,16	11,34
HD24 TE	-9,19	-20,10	13,91	-20,65	26,71	-2,23	-0,90	-20,29	6,89	17,65
HD25 TE	10,08	-3,15	32,86	-7,45	21,41	-6,32	14,41	-7,97	12,61	23,95
HD26 TE	-0,48	-12,43	-4,56	-33,52	-3,02	-25,17	-6,31	-24,64	3,07	13,45
HD35 TE	21,11	6,56	-44,45	-61,30**	-53,49*	-64,11***	5,41	-15,22	13,76	25,21
HD38 TE	-12,56	-23,06	-38,30	-57,02**	-27,97	-44,42*	0,90	-18,84	12,61	23,95
HD40 TE	16,09	2,14	-11,06	-38,04	-19,47	-37,87*	-2,70	-21,74	-9,53	-0,42
HD45 TE	0,87	-11,25	14,40	-20,31	14,18	-11,90	-3,60	-22,46	12,61	23,95
HD46 TE	2,75	-9,59	-35,72	-55,22**	-35,80	-50,46**	39,64	12,32	10,70	21,85
M±ES^b	40,86±1,10		9,08±0,57		0,23±0,01		39,39±0,76		23,19±0,57	

(a): Valeurs moyennes du parent local et introduit ± Erreur standard ; (b) : valeur moyenne de la population (HD2) ± Erreur standard ; (*, **, ***): Différence significative respectivement à $p < 0, 05$, à $P < 0, 01$ et à $P < 0,001$ conformément au test de Dunnet.

Table 4.

Lignées HDs supérieures au parent local (cv. Tichedrett) et lignées transgressives

Lignées HDs	Caractères significativement supérieurs				
	LB (cm)	LE (cm)	PG/ E (g)	RB (q/ha)	RG (q/ha)
HD14 TEF2	> au parent local				
HD15 TEF2			> au parent local > au parent introduit	> au parent local > au parent introduit	> au parent local > au parent introduit
HD16 TEF2	> au parent local			> au parent local > au parent introduit	> au parent local
HD19 TEF2					> au parent local
HD38 TEF2	> au parent local	> Local parent			

4. Conclusion

Dans cet essai, plusieurs lignées HDs se sont révélées supérieures au parent local pour différents caractères. Deux de ces lignées, la **HD15 TEF2** et la **HD6 TEF2**, se distinguent pour d'importantes raisons :

- Elles sont construites à partir d'une population en ségrégation contenant du matériel génétique local adapté.
- Elles sont issues d'une sélection en HD1 pour leur résistance à la verse et leur comportement vis-à-vis des maladies.
- Elles totalisent, malgré la sévérité des conditions hydriques observées au cours de l'essai, un nombre important de caractères pour lesquels elles sont supérieures aux parents,

La conduite de cette sélection répond à une des principales conditions de sélection variétale en environnement défavorable à savoir sa réalisation dans ce même environnement pour lequel elles sont destinées. De plus, ces lignées sont issues d'un procédé de fixation qui a permis un gain de temps et donc un gain en coût de production considérable. Le développement de ce procédé et son intégration dans nos programmes d'amélioration des espèces stratégiques tel que l'orge constituerait un important acquis.

Références

- [1] A. Ben Mohammed, Hétérosis, « *Transgressions et efficacité de la sélection précoce et retardée de la biomasse, du nombre d'épis et utilisation des indices chez l'orge (*Hordeum vulgare* L.)* », Thèse de Doctorat, Constantine, 2005.
- [2] S. Ceccarelli, S. Grando, F. Capettini, in: Steven E Ullrich © (Ed.), BARLEY Production, Improvement and Uses, Oxford (U.S.A), 2011, Ch. 8.
- [3] S. Ceccarelli, S. Grando, A. Impiglia, Euphytica. 103 (1998) 307-318.
- [4] S. Ceccarelli, Euphytica.92 (1996) 203-214.
- [5] S. Ceccarelli, S. Grando, in: Brush SB (Ed.), GENES in the FIELD: On-Farmer Conservation of Crop Diversity, Boca Raton (U.S.A), Ottawa (Canada), and Rome (Italy), 2000, Ch. 3.
- [6] S. Ceccarelli, S. Grando, M. Baum, U. dupa, in: S. C. Rao, J. Ryan (Ed.), Challenges and Strategies of Dryland Agriculture, 32, Wisconsin (U.S.A), 2004, Ch. 12.
- [7] H. Ma, R.H. Busch, O. Riera-Lizarazu, H.W. Rines, R. Dill-Macky, TheorAppl Genet 99 (1999) 432-436.
- [8] A. Touraev, M. Pfosser, E. Heberle-Bros, Advances in Botanical Research 35 (2001) 53-109.
- [9] W.T.B.Thomas, B.P. Forster, B. Gertsson, in: M. Maluszynski, K.J. Kasha, B.P. Forster and I. Szarejko, (Ed.), Doubled haploid production in crop plants: a manual, 2003, Chap. 4.
- [10] L.R.Gomez-Pando, J. Jimenez-Davalos, A. Eguiluz de la Barra, E. Aguilar-Castellanos, J. Falconi-Palomino, M. Ibanez-Tremolada, Euphytica166 (2009) 269-276.
- [11] G. Backes, A. Graner, B. Fouroughi-Wehr, G. Fischbeck, G. Wenzel, A. Jahoor, TheorAppl Genet 90 (1995) 294-302.
- [12] L. H. Rieseberg, M.A. Archer, R.K. Wayne, Heredity 83 (1999) 363-372
- [13] A.Kuczynska, M. Surma, T. Adamski, J Appl Genet 48 (2007) 321-328.
- [14] W. Powell, PDS. Caligari, JM. Dunwell, TheorAppl Genet 72 (1986) 458-465.
- [15] E. Picard, E. Crambes, A.M. Ziyat, In : J. Dubois, Y. Demarly, (Ed.), Quel avenir pour l'amélioration des plantes ? AUPELF-UREF. Mont rouge (France), London (England), Rome (Italy), 1994, Ch. 38.
- [16] W. Friedt, in: Steven E Ullrich © (Ed.), BARLEY Production, Improvement and Uses, Oxford (U.S.A), 2011, Ch. 8.
- [17] A. Jähne-Gärtner, H. Lörz, in: Hall RD ©, (Ed.), Methods in Molecular Biology, vol. 111, Totowa, 1999,Ch. 24.
- [18] I. Szarejko, in: I.Szarejko, R. Neil. Jones, (Ed), Manual on general genetics and basic methods in plant biotechnology, Katowice (Poland), 2001, Ch. 10.
- [19] I. Szarejko, in: M. Maluszynski, K.J. Kasha, B.P. Forster and I. Szarejko, (Ed.), Doubled haploid production in crop plants: a manual, Netherlands, 2003, Ch. 2.5.
- [20] L. Cistué, M.P. Vallés, B. Echavarri, J. M. Sanz, A. Castillo, in: M. Maluszynski, K.J. Kasha, B.P. Forster and I. Szarejko, (Ed.), Doubled haploid production in crop plants: a manual, Netherlands, 2003, Ch. 2.4.
- [21] A.P. Mordhorst, H. Lörz, J. Plant Physiol. 142 (1993) 485-492.
- [22] A.M. Castillo, M.P. Vallés, L. Cistué, Euphytica113 (2000) 1-8.
- [23] C. Jacquard, R. Asakaviciute, A.M. Hamalian, R.S. Sangwan, P. Devaux, C. Clément, Plant Cell Rep 25 (2006) 375-381.
- [24] T. Murashige, F. Skoog,Physiol Plant 15 (1962) 473-497.
- [25] K.J. Kasha, E. Simion, R. Oro, Q.A. Yao, T.C. Hu, A.R. Carlson, Euphytica120 (2001) 379-385.
- [26] V. Urbano, K.J. Frey, Euphytica29 (1980) 585-594.
- [27] L.H. Rieseberg, A. Widmer, A.M. Arntz, J.M. Burke, Phil. Trans. R. Sco. Land B (2003) 03TB010M.1-03TB010M.7.
- [28] M. Benmoussa, A. Achouch, Journal of Central European Agriculture, 6 (2005). 427-434.
- [29] G. Arnaud, P. Monneveux, D. This, L Alegre, Photosynthetica34 (1997) 67-76.
- [30] D.A. Laurie, J.W. Snape, TheorAppl Genet 79 (1990) 813-816.
- [31] P. Turcotte, C.A. ST-Pierre, K.M. Ho, Can.J.Plant Sci 60 (1980) 79-85.
- [32] T.M. Choo, A. Kotecha, E. Reinbergs, L.S.P. Song, S.O Ffjer, Plant Breeding 97 (1986) 129-137.
- [33] D. Mao, T. Liu, C. Xu, X. Li, Y. Xing, Euphytica 180 (2011) 261-271.