

Diagnostic de l'effet hétérosis chez les hybrides alloctoplasmiques de blé d'été et d'hiver

Mahamadou SAWADOGO¹, Didier BALMA² et Oleg Gregorevich SEMENOV³

Résumé

Une étude de l'effet hétérosis dit « plasmique » a été réalisée grâce à des hybrides alloctoplasmiques (HAC) de blé tendre pour les éléments de la structure du rendement de la plante tels que le nombre de talles utiles, la taille de la plante, le nombre de grains par plante, le poids de grains par épi, le rendement grains par plante et le poids de 1 000 grains. Une tendance à la conservation de l'effet hétérosis pour le rendement grains par plante et le poids de 1 000 grains a été observée au cours de la première à la quatrième génération d'autofécondation des HAC-1 comportant un noyau de la plante cultivée Enita mais dont le cytoplasme est celui de *Secale cereale* L-92.

Une analyse électrophorétique de la gliadine des hybrides alloctoplasmiques contenant un noyau de blé tendre et un cytoplasme de plantes sauvages (*Aegilops ovata*) ou proche parent a permis d'améliorer d'une part la compréhension de l'interaction pouvant exister entre le noyau et le cytoplasme et d'autre part les mécanismes qui gouvernent l'apparition de nouveaux indices de productivité des hybrides. Une paire d'allèles sur le chromosome ID serait responsable de la performance et de la vigueur des HAC sur leurs parents. Elle permettrait la fixation de l'effet hétérosis de la F₁ à la F₄ chez les HAC de blé tendre d'été.

Mots-clés : Effet hétérosis, hybride alloctoplasmique, noyau, blé.

Diagnostic of heterosis effect on alloctoplasmic hybrids of spring and winter wheats

Abstract

A study of heterosis effect called “plasmic” has been realised using alloctoplasmic hybrids of *Triticum aestivum* for plant productivity traits such as productive tillers, plant height, number of grains per plant, grain weight per spike, grain yield per plant and the 1000 grains weight. A tendency to maintain heterosis effect for the yield of grains per plant and the 1000 grains weight has been observed from the first to the fourth generation of autofecondation of ACH-1 having one of crop Enita nucleus whose cytoplasm belongs to *Secale cereale* L-92.

Electroforetic analysis of alloctoplasmic hybrids gliadin containing a nucleus of *Triticum aestivum* and one cytoplasm of wild plant species (*Aegilops ovata*) or wild relative has allowed to improve on the one hand the understanding of interaction between the nucleus and the cytoplasm and on the other hand the mechanism which leads new indicators of hybrids' productivity. A two of alleles found on the chromosome ID could be responsible for the performance of ACH vigour acting on their parents. It could permit the fixation of heterosis effect of F₁ to F₄ at ACH of *Triticum aestivum*.

Keywords: Heterosis effect, alloctoplasmic hybrid, nucleus, wheat.

¹UFR-Sciences de la Vie et de la Terre, Université de Ouagadougou, 03 B.P. 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso

²INERA, Département Productions Végétales, 04 B.P. 8645 Ouagadougou 04, Burkina Faso

³ Université de Russie de l'Amitié des Peuples (URAP), 113198 rue Miklouha - Miklaya, bat.6

Introduction

Il demeure sans équivoque que le succès dans l'amélioration des plantes repose sur la grande variabilité génétique du matériel de base (GALLAIS, 1990). C'est ainsi que toute méthode qui conduirait d'une part à l'activation des processus de formation d'une grande diversité de formes et d'autre part à l'élargissement du potentiel adaptatif des nouveaux individus obtenus aurait une grande portée dans l'amélioration génétique des plantes. L'une de ces méthodes selon DOUCE (1985) pourrait être l'utilisation du pouvoir d'induction de nouvelles propriétés et d'indices de valeur sur la base des interactions entre le noyau et le cytoplasme des hybrides alloctoplasmiques (HAC) de blé tendre avec différents types de cytoplasme des proches parents sauvages de l'espèce considérée et de certaines variétés de blé ou autres cultures telle que l'orge.

Hormis cela, l'amélioration des nouvelles formes des HAC de blé semble être un tremplin dans la résolution du problème de la conservation (fixation) de l'effet hétérosis "plasmique" ou cytoplasmique qui se maintient d'une génération à l'autre. Les perspectives d'utilisation de ces hybrides (HAC) dans la production dépendra de leur système complexe de défense-adaptation aux caractéristiques physiques du milieu et à l'effet des facteurs "extrémalistes" de celui-ci, en particulier du déficit hydrique dans le sol pendant les périodes ontogénétiques dites critiques chez la plante. Compte tenu de la nature polygénique des propriétés biologiques importantes déterminant la production et la résistance des plantes au stress, une étude complexe des HAC est nécessaire pour appréhender leur spécificité et mieux encore, pour comprendre le modèle de matériel de sélection qu'ils représentent pour l'expression de l'interaction noyau-cytoplasme, même si celle-ci n'est pas encore déterminée.

Cette préoccupation majeure pourrait trouver une réponse à travers nos travaux de recherche avec l'application non seulement de méthodes en génétique et sélection des plantes dont deux analyses électrophorétiques en système continu, l'un sur gel d'amidon et l'autre sur un support d'acrylamide. Comme critère d'évaluation des HAC et de leurs parents à la tolérance au déficit hydrique nous avons utilisé aussi un complexe de méthodes physiologiques, entre autres les composantes de la structure du rendement, le potentiel hydrique et la résistance membranaire à la sortie des électrolytes.

Matériel et méthodes

Les travaux ont été menés à la chaire de génétique et amélioration des plantes à la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université de Russie de l'Amitié entre les Peuples (URAP) et à la chaire de physiologie des plantes de l'Académie Timiriazev des Sciences Agronomiques de Moscou (ATSAM).

Matériel végétal

Les Hybrides Alloctoplasmiques (HAC) de blé d'hiver ont servi de matériel d'expérimentation. Ces nouvelles formes des HAC ont été obtenues par notre équipe sur la base d'hybridation entre les HAC de base obtenus par KIHARA (1979) et SEMENOV (1989) et des variétés de blé tendre de différentes zones agro-écologiques de Russie. Les caractéristiques des parents donneurs de noyau et de cytoplasme sont connues (tableau I).

Tableau I. Caractéristiques des formes HAC de base

Donneur de cytoplasme			Donneur de noyau	Nombre de backcross	Type de développement	Auteur
Espèce	Nombre N chromosomes	Genome haploïde				
<i>Aegilops squarrosa</i>	7	D	Tchaniz sprint	9	Blé d'été	Kihara (1979)
<i>Aegilops comosa</i>	7	M	-----"	5	-----"	-----"
<i>Aegilops speltoïdes</i>	7	S	-----"	8	-----"	-----"
<i>Triticum timopheevi</i>	14	AG	Mascovka	8	-----"	-----"
<i>Secale cereale</i>	7	R	Saratovka 29	8	-----"	Semenov (1988)
<i>Aegilops ovata</i>	14	C ^{UM}	Moscovka Igen-3	4	Blé d'hiver	Semenov (1988)

Méthodes

– Dans un premier temps, au début de la floraison, nous avons éliminé les anthères (castration) des parents donneurs de cytoplasme (forme maternelle, ex. *Secale cereale* ou *Aegilops ovata*). Nous les avons fécondé ensuite avec le pollen, pris du donneur de noyau (forme paternelle, ex. Saratovka ou Igen-3).

– Dans la deuxième étape, la nouvelle forme obtenue a été fécondée de la même manière avec le pollen du donneur de noyau. Cette opération a été répétée plusieurs fois (tableau 1) et comme résultat, lors du 7^e backcross le matériel du noyau a été substitué à 99 %. Ainsi donc les HAC de base comprennent une information génétique obtenue à partir du donneur de noyau d'une part et du donneur de cytoplasme d'autre part.

A l'issue de ces sept backcross le matériel nucléaire a été reconstitué à 100% par celui du donneur de pollen alors que chaque HAC-1 (HAC *Secale cereale* X Enita ou HAC *Aegilops ovata* X Stuart) diffère de chaque HAC-2 (Enita X HAC *Secale cereale* ou Stuart X HAC *Aegilops ovata*) par le cytoplasme.

– Dans la troisième étape, la forme obtenue après 7 backcross (HAC de base) et pouvant être considérée comme une lignée fixée a été utilisée dans un croisement diallèle ; ce qui a permis l'obtention de deux hybrides HAC-1 et HAC-2 (ex. HAC *Secale cereale* X Enita et Enita X HAC *Secale cereale*).

L'effet hétérosis a été calculé selon la méthode de GOULIAEV et GOUJOV (1988). Elle permet d'évaluer la vigueur hybride en fonction du meilleur des deux parents dont la variété témoin (variété standard de la région).

L'électrophorèse en système continu des protéines a été réalisée sur deux supports différents : électrophorèse sur gel d'amidon et sur acrylamide. Ces types de support permettent non seulement de révéler à partir d'un extrait brut un grand nombre de protéines différentes mais ils permettent aussi de caractériser quelques types moléculaires possédant les mêmes propriétés catalytiques (isozymes). Ceci est d'autant plus important que chaque phénotype enzymatique observé peut être traduit en terme de génotypes, de gènes ou d'allèles.

Dispositif expérimental

La répartition des HAC sur les parcelles s'est réalisée selon le même schéma appelé «Bloc de 4» (tableau II) en quatre répétitions de quatre lignes par variante (var.).

Les deux meilleures variétés de la zone d'étude (Moscou et région de Moscou) ont été semées comme témoins après chaque deux blocs, chaque bloc contenant quatre variantes. Ce sont pour le blé d'hiver Zaria, pour le blé d'été Enita et Moskovskaya-35. Le tableau II montre la disposition des deux meilleurs blocs étudiés.

Un échantillonnage des plantes a été effectué dans les deux lignes centrales de chaque variante. Pour toutes les variables sur la biomasse sèche, les éléments de la productivité ont été évalués sur ces mêmes échantillons selon la méthode de KOUPERMAN (1974). L'effet hétérosis et la variabilité des indices de valeur ont été évalués et calculés selon la méthode DOWKER (1983), GOULIAEV et GOUJOV (1988). L'électrophorèse de la gliadine sur gel d'amidon et de polyacrylamide a été réalisée selon la méthode testée et approuvée dans les travaux de KOUPERMAN (1974).

Tableau II. Schéma des essais (disposition des variantes).

Variante	Type de combinaison	Nombre de lignes
BLE D'ETE		
3.1	HAC Secale cereale L-92	4
3.2	HAC Secale cereale L-92 X Enita (HAC-1)	4(F ₁), 4(F ₂) 4(F ₃)
3.3	Enita X HAC Secale cereale L-92 (HAC-2)	4(F ₁), 4(F ₂) 4(F ₃)
3.4	Enita (variété témoin 1)	4
Témoin 2	Zaria (variété témoin 2)	4
BLE D'HIVER		
4.1	HAC Aegilops ovata	
4.2	HAC Aegilops ovata X Stuart (HAC-1)	4(F ₁), 4(F ₂), 4(F ₃), 4(F ₄)
4.3	Stuart X HAC Aegilops ovata (HAC-2)	4(F ₁), 4(F ₂), 4(F ₃), 4(F ₄)
4.4	Stuart (variété témoin 1)	4
Témoin 2	Zaria (variété témoin 2)	4

F₁- première génération hybride ; F₂- deuxième génération hybride

F₃- troisième génération hybride ; F₄- quatrième génération hybride

Mesure des caractères

Les mesures ont porté sur six caractères quantitatifs associés au rendement de la plante. Le rendement en grains par plante (RGP) mesuré par rapport au poids en grains de toute la plante ; le poids de 1 000 grains (PMG) ; le nombre de grains par plante (NGP) obtenu à partir de la tige principale et des talles utiles ; le poids des grains de l'épi principal (PGE) mesuré à partir de la production de la tige principale ; le nombre de talles utiles (NTU) constitué des talles productives et la hauteur de la plante (HP) mesurée depuis le sol jusqu'au sommet de l'épi le plus haut.

Résultats

Effet hétérosis

L'étude de l'effet hétérosis chez les hybrides obtenus concerne les six éléments les plus importants dans la structure du rendement de la plante. Il s'agit du rendement en grains par plante (RGP), du poids de 1 000 grains (PMG), du nombre de grains par plante (NGP), du poids des grains de l'épi principal (PGE), du nombre de talles utiles (NTU) et de la hauteur de la plante (HP). Compte tenu de la complexité de la nature génétique de ces éléments cités plus haut, leurs effets hétérosis de la première génération (F₁) à la quatrième génération (F₄) étaient différents. De manière évidente, l'effet hétérosis a varié en fonction du type d'hybride (HAC-1 ou HAC-2), de la génération et du facteur analysé.

Pour la hauteur de la plante (fig.1), l'effet hétérosis des HAC de blé tendre d'été a été observé chez l'hybride HAC-2 (Var. 3.3). En F₁, l'effet représente +10,3 %. Même si de génération en génération la valeur de la vigueur de cet effet tend à diminuer, cela n'a pas empêché HAC-2 de conserver toujours sa suprématie en hauteur par rapport au meilleur des deux parents utilisés dans le croisement. Ce qui n'a pas été le cas pour HAC-1 qui a présenté une diminution de hauteur de -8,2% en F₁ à -5,8 en F₄. Cela est très important en sélection des plantes dans la mesure où de ce facteur-hauteur de la plante dépend sa prédisposition à la verse et de là, l'utilisation des moyens modernes pour sa récolte.

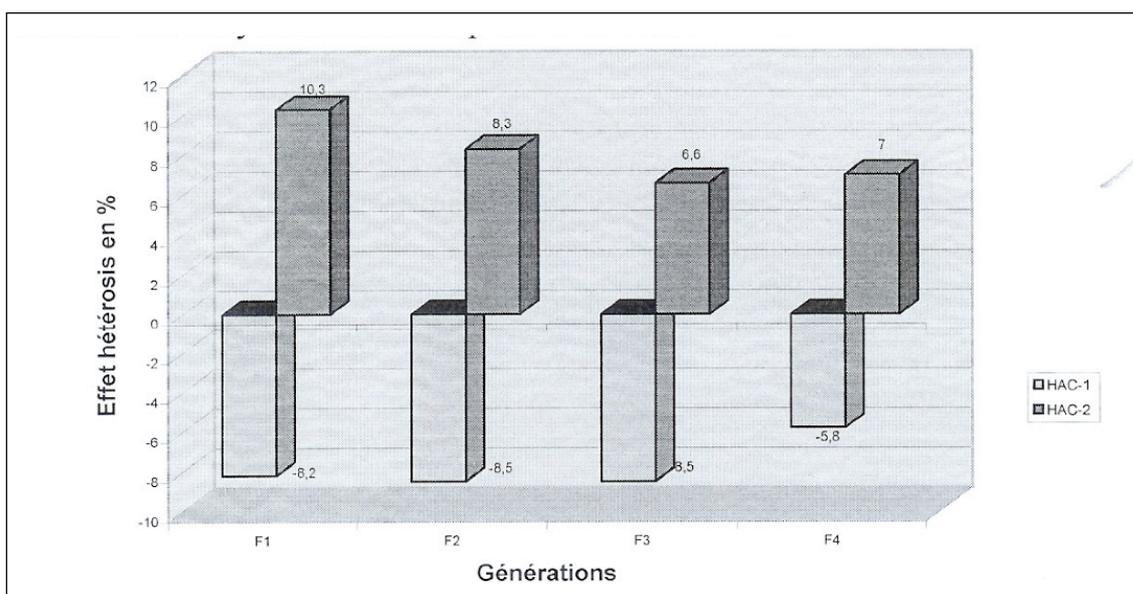


Figure 1. Effet hétérosis sur la hauteur de la plante des HAC de blé tendre d'été.

Pour le nombre de talles utiles (NTU), la vigueur de l'hybride HAC-2 observée en F₁ a vite disparu pour faire place à une égalité de vigueur en F₃ (fig. 2). La quatrième génération a été surtout caractérisée par une régression du nombre de talles utiles des deux hybrides par rapport aux parents. D'ailleurs dans beaucoup de cas ce critère a fluctué d'une année à l'autre en fonction du stress du milieu.

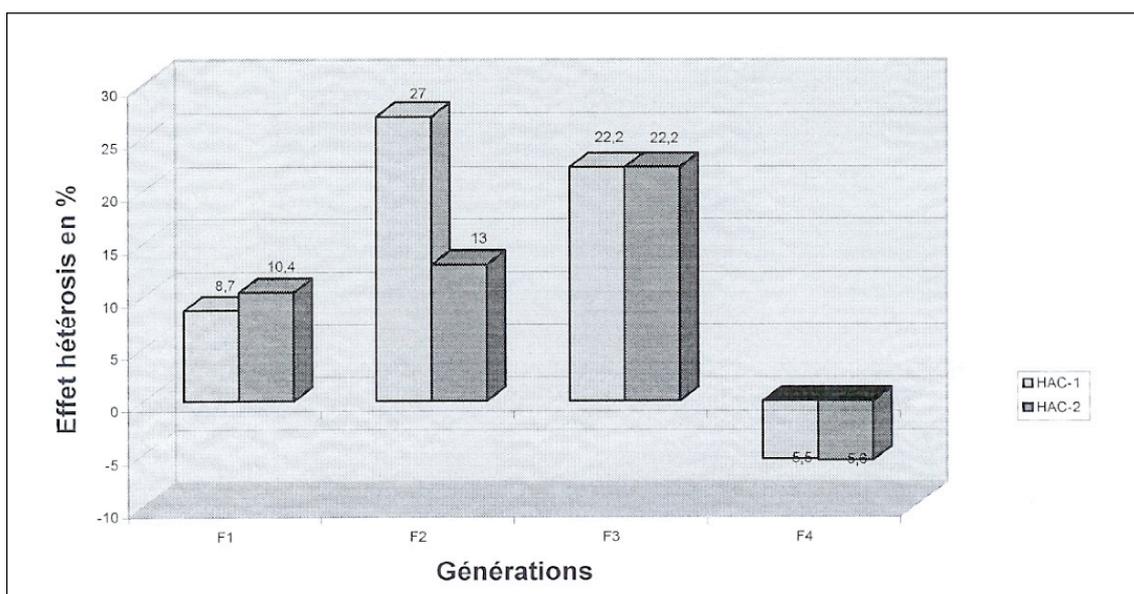


Figure 2. Effet hétérosis sur le nombre de talles utiles des HAC de blé tendre d'été.

Pour le rendement en grains par plante (RGP), on remarque un très bon rendement en grains chez l'hybride HAC-1 par rapport à son homologue HAC-2 (fig. 3). L'effet hétérosis en F₁ est de +58,3% et +37,5% respectivement pour HAC-1 et HAC-2. Il ressort de l'analyse que la vigueur de l'effet hétérosis chez HAC-2 tend à baisser de génération en génération pour prendre des valeurs négatives en F₃ (-16,9%) et F₄ (-32,2%). La perte de vigueur représente 63,0% de F₁ à F₂ pour HAC-2 (Var. 3.3) et de 23,7% de F₁ à F₂ pour HAC-1 (var. 3.2). Ce facteur, élément clé de la production montre l'avantage de HAC-1.

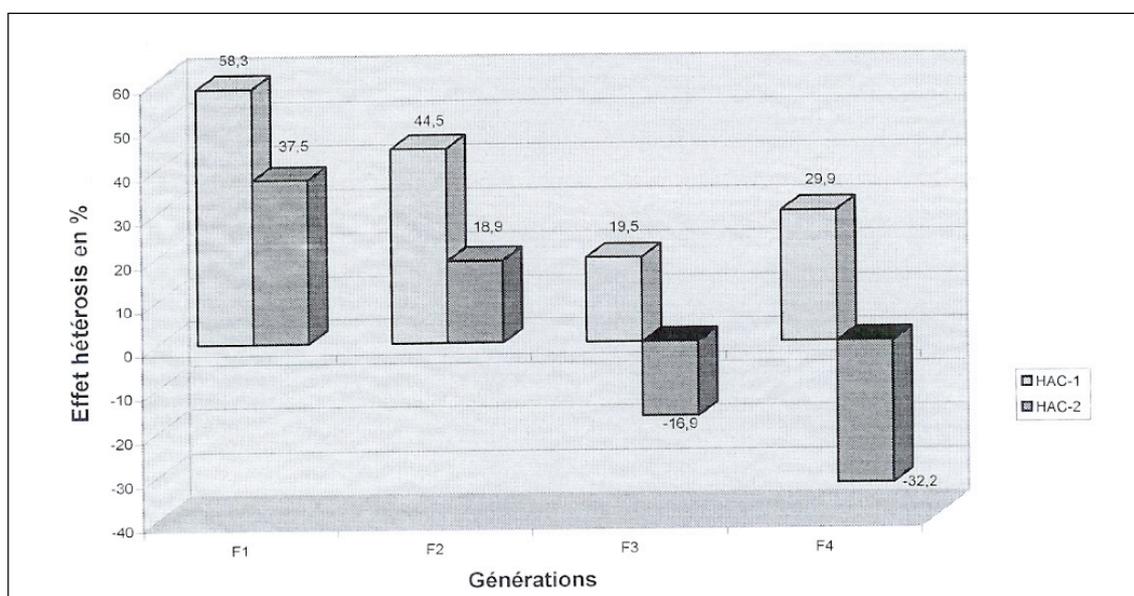


Figure 3. Effet hétérosis sur le rendement en grains par plante des HAC de blé tendre d'été.

Pour le poids de 1 000 grains, il apparaît que même si la vigueur de l'effet hétérosis pour ce facteur est moyenne, elle demeure presque invariable au cours des générations. Ainsi l'effet hétérosis chez HAC-1 a varié de +12,2% en F₁ à +12,0% en F₂ puis +11,9% en F₃ et enfin de +10,4% en F₄ (fig. 4). Cela est important vu les difficultés en amélioration des plantes pour augmenter la valeur du poids de 1000 grains de 2-3 grammes. Alors qu'elle a augmenté de 5-6 grammes chez HAC-1.

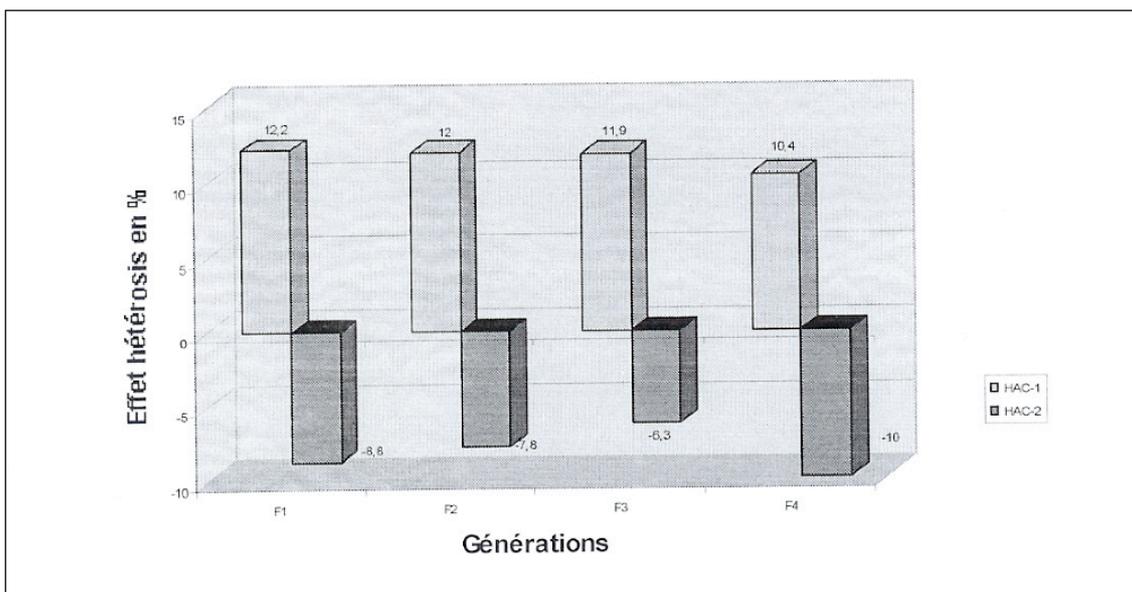


Figure 4. Effet hétérosis sur le poids de 1 000 grains des HAC de blé tendre d'été.

Polymorphisme des protéines des HAC

L'analyse du polymorphisme par électrophorèse a donné différentes formules moléculaires des protéines et a révélé une différence allélique pour la protéine de la gliadine. Cette protéine est pour le blé d'une importance capitale comme une des protéines la plus recherchée pour l'amélioration de la qualité nutritionnelle de la farine. Nous remarquons que les résultats des deux tableaux (III et IV) montrent bien le caractère hétérogène des hybrides HAC obtenus. Par contre, toutes les formes parentales des HAC (var. 3.1 et var. 4.1) sont homogènes. Ces formes parentales ont été obtenues après 8-9 retrocroisements (backcross) de telle sorte que var. 3.1 (HAC *Secale cereale* 1-92) et var. 4.1 (HAC *Aegilops ovata*) ne possèdent qu'un seul biotype à 100% (tableaux III et IV).

Le tableau III révèle que l'hybride HAC *Secale cereale* X Enita (var. 3.4) possède un génome à trois biotypes différents avec une proportion de 70%, 20% et 10% alors que l'hybride Enita X HAC *Secale cereale* (var. 3.3) n'a que deux biotypes avec un pourcentage de 80 et 20. Il est surtout important de constater dans la formule moléculaire de la gliadine de la variante 3.2 la présence dans la zone w d'une combinaison protéique spécifique à *Secale cereale* (-234). Il en est de même pour la variante 3.3 avec une même proportion (20%).

Tableau III. Formule de la gliadine des HAC de blé dans un gel de polyacrilamide.

Variante	Formule protéinique/zone				Biotype %
	α	β	γ	ω	
HAC de blé tendre d'été					
Secale cereale	0	2 4 5	5	2 3 4 6 7 8	100
3.1.	5 6 7	2 3 ₁ 4 5	2 3 4	3 4 6 ₁ 6 ₂ 8 9	100
3.2.	2 4 6 7	2 3 ₁ 4 5	2 3 4	2 3 5 6 ₁ 6 ₂ 8 9	70
	5 6 7	2 3 ₁ 4 5	2 3 4	2 3 5 6 ₁ 6 ₂ 8 9	20
	5 6 7	2 3 ₁ 4 5	2 3 4	2 3 5 6 ₁ 6 ₂ 8 9	10
3.3.	5 6 7	2 3 4 5	2 3 4	3 4 6 ₁ 6 ₂ 8 9	80
	5 6 7	2 3 4 5	2 3 4	2 3 4 6 ₁ 6 ₂ 8 9	20
3.4. (témoin 1)	2 4 6 7	2 3 ₁ 4 5	2 3 4	2 3 5 6 ₁ 6 ₂ 8 9 7 8 9 10	70
	5 6 7	2 3 ₁ 4 5	2 3 4	2 3 5 6 ₁ 6 ₂ 8 9	30
HAC de blé tendre d'hiver					
4.1.	5 6 7	2 3 ₁ 4 5	2 3 4	2 3 5 6 ₁ 6 ₂ 8 9	100
4.2.	5 6 7	2 3 4 5	2 3 4	2 3 6 ₁ 6 ₂ 8 9	90
	2 4 6 7	2 3 ₁ 4 5	2 3 4	2 3 6 ₁ 6 ₂ 8 9	10
4.3.	5 6 7	2 3 ₁ 4 5	2 3 4	2 3 5 6 ₁ 6 ₂ 8 9	70
	5 6 7	2 3 ₁ 4 5	2 3 4	3 4 6 ₁ 6 ₂ 7 8 9 ₁ 9 ₂ 10	20
	2 4 6 7	2 3 ₁ 4 5	2 3 4	2 4 6 ₁ 6 ₂ 7 8 9 ₁ 9 ₂ 10	10
4.4.	2 4 5 6 7	2 3 ₁ 4 5	2 3 4	2 3 5 6 ₁ 6 ₂ 8 9	40
	5 6 7	2 3 ₁ 4 5	2 3 4	2 3 5 6 ₁ 6 ₂ 8 9 ₁ 9 ₂ 10	40
	2 4 6 7	2 3 ₁ 4 5	2 3 4	2 3 5 6 ₁ 6 ₂ 8 9	10
	5 6 7	1 3 ₁ 4 5	2 3 4	2 4 6 ₁ 6 ₂ 7 8 9 ₁ 9 ₂ 10	10
Zaria (témoin)	2 4 5 6 7	2 3 4 5	2 3 4	2 4 6 ₁ 6 ₂ 7 8 9 ₁ 9 ₂ 10	100

α β γ et ω sont les différents locus polymorphiques

les chiffres 1,2,3,4,5 etc. indiquent les différents allèles au locus considéré.

Une analyse similaire du polymorphisme de la gliadine des variétés du bloc IV (tableau III) montre une présence de 90 % du biotype de la forme maternelle dans le génome de l'hybride HAC-1 (HAC *Aegilops ovata* X Stuart).

Les différentes formules protéiniques ont ainsi permis d'identifier et de quantifier les différents biotypes existant dans chaque génome. Elles ont servi ainsi de formules moléculaires pour l'identification des variétés et des hybrides obtenus.

Polymorphisme de la formule des HAC

Si l'analyse du polymorphisme de la gliadine a apporté une réponse à la formule protéinique des différents morphobiotypes, celle du polymorphisme de la formule des HAC (tableau IV) nous situe sur l'apport allélique de certains chromosomes bien définis.

Tableau IV. Formule variétale des HAC de blé dans un gel d'amidon.

Variante	Formule variétale/chromosome						Biotype %
	IA ₁	IB	ID	6A	6B	6D	
3.1	IA ₄	IB ₂	ID ₁	6A ₁	6B ₁	6D ₁	100
	5	2	2	1	1	1	30
3.2	IA ₅	IA ₂	ID ₂	6A ₁₊₃	6B ₁	6D ₁₊₂	
	5	5	2	1	1	1	70
3.3	4	9	1	1	1	1	20
	1	2	7	1	1	1	10
	IA ₁₊₄₊₅	IB ₂	ID ₁₊₄₊₇	6A	6B ₁	6D ₁	
3.4 (témoin)	ID ₃	IB ₃	ID ₃	6A ₃	6B ₁	6B ₂	100
4.1	IA ₁	IB ₁	ID ₁	6A ₁	6B ₁	6D ₁	100
4.2	4	1	1	1	1	1	
	1	3	7	1	1	1	100
	IA ₁₊₄	IB ₁₊₃	ID ₁₊₇	6B ₁	6B ₁	6D ₁	
4.3	1	3	7	1	1	1	40
	4	1	1	1	1	1	30
	3	1	5	2	1	2	20
	4	1	3	2	1	2	10
	IA ₁₊₄₊₃₊₄	IB ₁₊₃	ID ₁₊₃₊₅₊₇	6A ₁₊₂	6B ₁	6B ₁₊₂	
4.4	3	2	5	1	1	2	70
	3	2	5	1	1	1	20
	4	2	1	3	1	1	10
	IA ₃₊₄	IB ₂	ID ₁₊₅	5A ₁₊₃	6B ₁	6D ₁₊₂	
Zaria (témoin)	IA ₃	IB ₁	ID ₅	6A ₃	6B ₁	6D ₂	100

IA – chromosome 1 A ; IB – chromosome 1 B ; ID – chromosome 1 B ;
6A – chromosome 1 B ; 6B – chromosome 1 B ; 6D – chromosome 1 B

Les blocs IA5 (tableau 4) sont dominants sur les chromosomes IA chez les variantes 3.2 et 3. qui se caractérisent par une bonne qualité de la clécovine et une résistance à la sécheresse avoisinant celle de la variété témoin. La clécovine est une substance dont la quantité élevée dans la farine de blé assure sa qualité boulangère. Selon les constituants des chromosomes 6A, l'hybride HAC-1 (var. 3.2) est caractérisé par deux allèles: 6A1 (allèle de la variété témoin) et

6A₃ (allèle dont la présence améliorerait la qualité des grains). Hormis cet avantage, il possède dans le chromosome 6D l'allèle 6D₂ capable de faire baisser la vitesse de sédimentation. Cet allèle absent dans le génome de la variante 3.3 est présent sur le chromosome 6D de toutes les variétés témoins pour la qualité du blé.

Dans cette deuxième analyse du spectre électrophorétique de la gliadine il faut préciser que la dominance de telle ou telle variante sur une autre a été réalisée par le pourcentage (%) élevé des allèles de qualité dudit génome. Ainsi donc les hybrides HAC-1 (var. 3.2) et HAC-1 (var. 4.2) respectivement hybride de blé tendre d'été et d'hiver, possédant le plus de blocs à allèles positifs ont été retenus comme meilleurs hybrides par rapport à leurs homologues respectifs HAC-2 (var.3.3) et HAC-2 (var.4.3).

Discussion

Effet hétérosis ou vigueur hybride

L'analyse de l'ensemble des résultats présentés met l'accent sur la vigueur hybride de HAC-1 pour les éléments de productivité tels que le rendement en grains par plante, le nombre de talles utiles et le poids de 1000 grains. On note une dominance de HAC-1 sur HAC-2 pour ces mêmes éléments de productivité.

L'hybride HAC-1 (var. 3.2) aurait donc un grand avantage sur l'hybride HAC-2 (var. 3.3) compte tenu de sa taille naine, de son rendement et du poids de 1000 grains. Puisque ces deux hybrides HAC-1 et HAC-2 ont été obtenus par croisement réciproque des mêmes parents, cet avantage de HAC-1 sur HAC-2 serait l'effet des interactions pouvant exister entre le noyau des plantes cultivées d'une part et le cytoplasme de la plante sauvage d'autre part.

Cela est d'autant plus vraisemblable que HAC-1 et HAC-2 ne diffèrent que par le cytoplasme (fig.1). Parmi les six cytoplasmes (*Aegilops squarrosa*, *Aegilops comosa*, *Aegilops speltoïdes*, *Triticum timopheevi*, *Secale cereale* et *Aegilops ovata*), il est ressorti que seules les combinaisons du bloc 3 (tableau II) entre HAC *Secale cereale* et Enita présentent un effet hétérosis et que sa vigueur aurait tendance à se conserver chez HAC-1 de la F₁ à la F₄ pour les éléments de production tels que le rendement en grains et le poids de 1000 grains. Sachant que la variété de blé tendre utilisée comme donneur de noyau dans la lignée HAC *Aegilops ovata* a été la variété Igen-3, il serait aisé d'expliquer son bon rendement puisque les précédents travaux ont montré la prédominance de HAC *Aegilops ovata* sur la variété standard (témoin) Zaria, soit une augmentation de 700 kg de grains par hectare (SEMENOV,1988).

Cette dominance de l'hybride HAC-1 par rapport au meilleur parent tend à se conserver pendant les 4 générations d'autofécondation. Entre autres, la vigueur hybride HAC-1 demeure presque inchangée pour le caractère « poids de 1000 grains » et « hauteur de la plante » pour les quatre premières générations, pendant lesquelles la suprématie en poids de 1000 grains de HAC-1 est établie à 12,2% en F₁, 12% en F₂, 11,9% en F₃, et 10,4% en F₄. Ce caractère selon GOULIAEV et GOUJOV (1988) est difficile à améliorer génétiquement par la sélection traditionnelle ce qui certifie l'importance de cette suprématie en poids de l'hybride HAC-1.

En rappel les deux hybrides ne diffèrent que par le cytoplasme. Ceci nous amène à poser le problème de l'interaction entre le noyau et le cytoplasme (et ses organites) dans l'apparition des

caractères quantitatifs de productivité des hybrides (DOUCE, 1985; KOUPERMAN, 1974). En d'autres termes, le cytoplasme de HAC-1 ne contribue-t-il pas à une meilleure expression des gènes contenus dans le noyau ? ou encore, cet effet hétérosis n'est-il pas dû au cytoplasme ? et si tel est le cas, comment appeler cet effet de dominance acquis grâce au cytoplasme ? c'est ce que SEMENOV (1989) a appelé dans ses travaux «effet hétérosis plasmique». Cette prédominance de l'hybride HAC-1, possédant un cytoplasme «étranger» de *Secale cereale* L-92 est donc appelée effet hétérosis plasmique dans nos travaux.

En revanche, une réduction considérable de la hauteur des plants de l'hybride HAC-1 est observée par rapport à son meilleur parent. Ce qui n'est pas le cas chez l'hybride HAC-2 qui est caractérisé par des plants de grande taille (fig. 1) ce qui le prédispose à la verse.

Polymorphisme des protéines

L'état du polymorphisme de la gliadine des hybrides allocytoplasmiques de blé et de celui de leurs parents a été fait à partir des résultats du tableau 3. Pour les 4 bandes ou zones de la gliadine observées, il ressort que pour le blé tendre d'été, le parent HAC (var. 3.1) est homogène et caractérisé par un seul biotype. Ce qui n'est pas le cas de la variété témoin (var. 3.4) qui présente 2 biotypes de 70 et 30%.

Quant aux deux hybrides obtenus par croisement diallèle entre les deux précédentes variantes (var.3.1 et var. 3.4), ils se caractérisent par une hétérogénéité au niveau de toutes les bandes. Par ailleurs l'hybride HAC-1 (var. 3.2) est plus polymorphe avec 3 biotypes de représentativité différente : 70%, 20% et 10%. L'hybride HAC-2 est moins polymorphe avec 2 biotypes et une dominance nette de l'un avec une représentativité de 80%. Ce polymorphisme pourrait expliquer partiellement la vigueur hybride observée dans les tableaux 1 et 2.

En effet, comme le prouve Aksel (1973), partant du rôle des allèles codifiant les locus de la prolamine dans l'appréciation des indices de valeur et de propriétés génétiquement définies, nous sommes parvenus à localiser certains blocs de gènes pouvant justifier certains avantages ou influences pour certains organismes.

Cela nous amène à supposer que la présence de ce biotype de *Secale cereale* aurait pour conséquence la résistance ou la tolérance des HAC-1 et HAC-2 au *Puccinia striiformes*, *Puccinia recondita* et à la sécheresse. La présence du biotype dominant (70%) de la variété témoin Enita (Standard-témoin) dans le génome de HAC-1 (var. 3.2) quant à lui expliquerait son meilleur rendement par rapport à HAC-2.

Ceci atteste de l'originalité quant à leur appartenance à la descendance de la variété *Secale cereale* L-92 qui a été utilisée dans le schéma de croisement comme donneur de cytoplasme.

Les résultats du tableau IV montrent le polymorphisme sur les bandes électrophorétiques de 6 chromosomes. Il ressort que le polymorphisme varie en fonction des variantes ; il faut surtout retenir que HAC-1 (var. 3.2) est caractérisé par 2 biotypes dus surtout au polymorphisme observé sur les chromosomes 6A et 6D. L'hybride HAC-2 (var. 3.3) est polymorphe par les chromosomes 1A1, 1B2 et 1D. Même si ces deux hybrides présentent par moment au niveau de certains chromosomes tel que 1B des blocs d'allèles dont la présence chez certaines variétés affecte les rendements, il n'en demeure pas moins que ces résultats de l'électrophorèse réalisés dans deux milieux différents confirment ceux de notre analyse de l'effet hétérosis.

Le polymorphisme des variantes de blé tendre d'hiver présentent les mêmes tendances des hybrides de blé tendre d'été à la seule différence que le polymorphisme est plus accentué : l'hybride HAC-2 (var. 4.3) est polymorphe à 4 biotypes.

Il serait peut être intéressant de notre point de vue de réduire l'hétérogénéité du génome des meilleurs hybrides afin d'améliorer la sélection de ces nouveaux morphobiotypes de blé. Cela est possible dans la mesure où nous pouvons réaliser une culture séparée de l'endosperme et de l'embryon de chaque graine type par hybride et par la suite faire une sélection individuelle selon le spectre électrophorétique.

Conclusion

1) Nous avons déterminé une spécificité des interactions entre le noyau et le cytoplasme des plantes sauvages (*Aegilops ovata*) ou des plantes de compartiments génétiques différents dans l'induction des indices de valeur biologique et agronomique chez les HAC de blé tendre en fonction du type de cytoplasme et du génome de la forme paternelle.

2) La forme HAC-1 de blé d'été (HAC Secale cereale X Enita) a été sélectionnée pour la vigueur de son effet hétérosis plasmique et sa tendance à se conserver jusqu'à la quatrième génération (F₄).

3) La formule protéinique des HAC et leurs parents a permis de conclure que :

- les hybrides et leurs parents peuvent être sélectionnés sur la base des composantes des zones ω et g de la molécule de la gliadine pour lesquelles ils diffèrent beaucoup.
- $\omega - 234$ (20%) chez HAC-1 et HAC-2 de blé d'été témoignent de l'originalité de ses hybrides par rapport à leurs parents alors que la zone $w - 235$ présente chez HAC-1 (var. 3.2) à 70% justifie son bon rendement en grains.

4) La formule variétale obtenue a permis de constater la présence d'une paire d'allèles 6D₂ (chez HAC-1 de blé d'été) qui serait responsable de la bonne qualité et du bon rendement en grains chez le blé.

5) La dominance à 80% de biotype comportant les paires d'allèles 6A (var. 3.2) et IA₄ (var. 4.2) déterminant la qualité supérieure des grains, de la clécovine et augmentant la résistance à la sécheresse chez les variétés témoins de blé, font de ces deux hybrides les meilleurs parmi les 56 hybrides obtenus.

6) L'étude comparative des HAC-1 (var. 3.2 et var. 4.2) avec leurs homologues HAC-2 a montré un avantage tant sur le plan du rendement en grains que sur le plan du potentiel adaptatif des hybrides HAC-1 sur les hybrides HAC-2.

Références citées

AKSEL R., 1973. The effect of genes located in chromosomes 4A and 3D of Chinese Spring and Timstein wheats on the number of spikelets per spike. Proceedings of International Wheat Genetics Symposium, Columbia, Missouri, 6-11 August, 1973.

DOUCE R., 1985. Mitochondria in higher plants. Orlando ; N. Y., London : Académie presse, 329 p.

DOWKER E., 1983. Hétérosis. Springer-verlag. Berlin Heidelberg New-York, Tokyo, 347 p.

GALLAIS A., 1990. Théorie de la Sélection en Amélioration des Plantes. Collection sciences agronomiques. Masson, Paris Milan Barcelon Mexico, p.7-111.

GOULIAEV G.V. et GOUJOV Y.L., 1988. Sélection et amélioration des cultures agronomiques. Moscou, BO agropromizdat, 447 p.

KIHARA H., 1979. Nucleo-cytoplasmic hybrids and nucleo-cytoplasmic heterosis. Report of Kihara inst. for biol. Res. 27 (28) : p. 1-14.

KOUPERMAN F.M., 1974. Propriétés morphologiques et physiologiques de l'organogenèse des talles chez les plantes à fleurs. Questions génétiques. Sélection et production des semences. Odessa, B.2, p. 57-59.

SEMENOV O.G., 1988. Quelques résultats des études sur le blé alloctoplasmique dans différentes conditions agroécologiques. II conf. sur la méthodologie d'amélioration. Moscou, URAP, 198 p.

SEMENOV O. G., 1989. Résultats et perspectives des études des blés alloctoplasmiques. Recueil des travaux scientifiques : objectifs et moyens de la sélection de cultures agronomiques dans les zones tropicales et subtropicales. Moscou : URAP, p. 32-38.