

Etude comparative de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) et analyse diallèle de leurs hybrides F₁

Présenté par : Melle CHETMI Dalel

Promotrice : M^{me} MEKLICHE L. Maître de conférence I.N.A EL-Harrach.
Année Universitaire : 2008- 2009

Jury : Président : M^r ABDELGUERFI A. Professeur I.N.A EL-Harrach. Examineurs : M^r KHELIFI L. Maître de conférence I.N.A EL-Harrach. M^r AISSAT A. Maître de conférence, Université de Blida.

Table des matières

remerciements . . .	5
Dédicace . . .	6
ص غ ل م ل ا . . .	7
Résumé . . .	8
Summary . . .	9
Liste des abréviations . . .	10
Introduction : . . .	12
Données bibliographiques . . .	14
Chapitre 1: Présentation de l'espèce . . .	14
I- Origines et classification du blé dur . . .	14
II- Importance de blé dur en Algérie . . .	16
III- Zones de production . . .	17
IV- Les contraintes de production . . .	18
Chapitre 2 : Amélioration génétique de blé dur . . .	19
I- Historique . . .	20
II- Définition . . .	20
III- Objectifs de l'amélioration du blé . . .	20
IV- Méthodes de sélection . . .	21
V- Les critères de sélection . . .	25
VI- Les blés hybrides . . .	26
VII- Etude des croisements diallèles . . .	28
Conclusion . . .	31
Chapitre 3 : Formation du rendement chez le blé . . .	32
I- Physiologie du rendement . . .	32
II- Composantes du rendement . . .	33
III- Principaux caractères morphologiques . . .	34
Matériels et méthodes . . .	36
I - Description du site expérimental . . .	36
I-1- Conditions climatiques . . .	36
I-2- Conditions édaphiques . . .	38
PREMIERE ANNEE D'EXPERIMENTATION : 2006 / 2007 . . .	38
I- Matériel végétal . . .	39
II- Hybridation . . .	40
III- Dispositif expérimental . . .	40
IV- Conduite de l'essai . . .	43
V- Techniques expérimentales utilisées . . .	45
VI- Etude des caractères phénologiques . . .	48
VII- Etude des caractères morphologiques . . .	48
VIII- Etude des caractères de production . . .	48
DEUXIEME ANNEE DE L'EXPERIMENTATION 2007-2008 . . .	50

I- Matériel végétal . . .	50
II Dispositif expérimental . . .	50
III Conduite de l'essai . . .	51
IV Notations . . .	51
V- Analyse statistique . . .	52
VI Analyse génétique . . .	52
Résultats et discussions . . .	55
I- Etude des caractéristiques des variétés et de leur stabilité (essai 2006/2007 et 2007/2008) . . .	55
I-1 Rendement en grain, en paille et indice de récolte . . .	55
I-2 Composantes du rendement en grain . . .	57
I-3 Caractères phénologiques . . .	60
I-4 Caractères morphologiques . . .	61
I-5 Etude des corrélations . . .	64
Conclusion : . . .	67
II- Etude comparative des hybrides F ₁ et des variétés parentales . . .	69
II-1 Caractères morphologiques . . .	69
II-2 Caractères agronomiques et phénologiques . . .	71
II-3 Corrélations phénotypiques, génotypiques et environnementales . . .	76
III- Analyse génétique des différents caractères étudiés au niveau du diallèle . . .	79
III-1 Héritéité des caractères selon l'analyse de Griffing . . .	79
III-2 Hétérosis . . .	87
III-3 Héritéité des caractères selon l'analyse de Hayman . . .	89
III-4 Héritabilité des caractères . . .	93
Conclusion générale . . .	95
Références bibliographiques . . .	97
ANNEXES . . .	108

remerciements

A Dieu, pour m'avoir donné la force, la santé, la patience, les moyens et l'aide afin que je puisse accomplir ce modeste travail.

Je tiens à remercier **M^{me} MEKLIICHE L.** Maître de conférence à l'I.N.A d'El-Harrach d'avoir accepté de diriger ce travail et pour ces précieux conseils, la compréhension qu'elle m'a cessé de me manifester et pour tous le temps qu'elle m'a consacré. Je lui exprime ici ma sincère et profonde reconnaissance.

Mes plus vifs remerciements et ma profonde gratitude s'adressent à **M^r Abdelguerfi A.** Professeur à l'I.N.A d'El-Harrach pour avoir honoré de sa présence ce jury en acceptant de présider et d'examiner ce travail.

M^r KHELIFIL . Maître de conférence à l'I.N.A d'El-Harrach, pour avoir accepté de juger ce travail.

Je tiens à remercier vivement **M^r AISSAT A.** Maître de conférence de l'université de Blida pour avoir voulu accepter de se déplacer pour participer à ce jury et de juger ce travail.

Je remercie également, **M^r SELEM,** pour son aide précieuse ; ainsi que les bibliothécaires du département de Phytotechnie et de l'ITGC pour leur aide et leur gentillesse.

Je remercie tous les professeurs de l'I.N.A qui ont contribué à ma formation. Ainsi qu'au membres du personnel de la station expérimentale.

Je tiens à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Le fruit de ce travail est dédié à l'être le plus cher au monde : mon défunt père que j'aurais aimé voir présent parmi nous aujourd'hui acclamant sa fierté à mon égard. Que Dieu puisse le cueillir dans son grand paradis. Ma très chère mère pour son amour, son affection, sa tendresse et ses prières pour avoir la force et la volonté pour terminer ce document, que Dieu Grand et Puissant la bénisse et lui accorde une très longue vie. Amen. A mes chers frères : Fouad, Aissam, Adel et Abdelaziz. A Assia et son mari Nourredine. A ma sœur Hadjer. A toute la famille Chetmi et Biskri. A ma promotrice M^{me} Mekliche. A mes copines : Wafa, Karima, Fatima Zohra, Londja, Rafika, Samira, Oula, Lamia. Dalel

ص خل مل ا

أجريت تجربة تختصي تزاوج بين 6 أصناف من القمح مختلفة البيئة و الأصل تم تمت مقارنة الجيل الأول مع أصوله فيما يخص عدة صفات فينولوجية، مرفولوجية و زراعية. أبرزت النتائج عن خاصية تغير الأصناف الأولية و تفوق الجيل الأول على أصوله في بعض الخصائص المدروسة، كما تشخصت شدة قوة الجيل الأول في قابلية فعالة للتأليف الخصوصية.

أظهرت تحاليل (Griffing, Hayman, Héritabilité) أن الخصائص الأكثر تورثا هي الإزهار المبكر، طول السنبلة، طول عنق السنبلة، طول الساق، وزن حبات السنبلة، مردود القش و مؤشر الحصاد. أما: الإسيال المبكر، طول أهداب السنبلة، عدد حبات السنبلة و وزن الكتلة الحية فان لهم معدل التورث متوسط. بينما وزن ألف حبة، مردود القمح المتوقع و الحقيقي فهم أقل تورثا.

أسفرت النتائج أيضا على احتمالات كبيرة لتجاوزات الجيل الأول بالنسبة لأصوله في الخصائص التالية: الإزهار المبكر، طول الساق، طول أهداب السنبلة، عدد حبات السنبلة، وزن الكتلة الحية، مردود القش و مردود الحب المتوقع و الحقيقي. يعد طول السنبلة و عدد حبات السنبلة خاصيتين شديتتي التورث و جد مرتبطة مع مردود الحب مما يجعلها محل اختيار في الانتخاب الغير المباشر لمردود الحب الذي تعد وراثته ضئيلة.

مفتاح الكلمات

القمح الصلب، التطوير، المردود و مكوناته، مورفولوجي، فينولوجي.

Résumé

Un croisement diallèle a été réalisé entre 6 variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) de différentes origines. Les hybrides obtenus ainsi que leur parents respectifs ont fait l'objet d'une étude comparative des divers caractères phénologiques, morphologiques et agronomiques.

Les résultats de notre étude indiquent une certaine variabilité entre les génotypes parentaux mis en jeu et une supériorité de la F₁ par rapport aux variétés pour certains caractères étudiés. Une forte vigueur hybride a été obtenue traduisant une bonne aptitude spécifique à la combinaison.

Les différentes analyses réalisées (Griffing, Hayman, Héritabilité) montrent que les caractères les plus additifs sont la précocité de floraison, la hauteur de la tige, la longueur de l'épi, la longueur du col, le poids de grains par épi, le rendement en paille et l'indice de récolte.

La précocité d'épiaison, la longueur de barbes, le nombre de grains par épi et le poids de la biomasse sont moyennement additifs. Le poids de mille grains, les rendements en grain estimé et réel sont les moins additifs.

Des possibilités de transgression ont été identifiés pour les caractères : floraison, longueur de l'épi, longueur de barbes, nombre d'épillets par épi, nombre de grains, poids de la biomasse aérienne, rendement en paille, rendement en grain estimé et réel.

La hauteur de la tige et le nombre de grains par épi sont des caractères très héréditaires et fortement corrélés au rendement en grain, ce qui en fait des critères de choix pour la sélection indirecte d'un caractère aussi complexe et de faible héritabilité que le rendement.

Mots clés

Blé dur, Amélioration, Rendement et composantes, morphologie, phénologie.

Summary

A diallel cross was achieved using six varieties of Durum wheat (*Triticum durum* Desf.) from different origins. Hybrids and their parents were conducted comparatively for different phenological, morphological and agronomical traits.

Parental genotypes shows a variability and hybrids were higher than parents for the most characters studied. The hybrid vigor was strongly expressed which means a high specific combining ability.

Heritability, Griffing and Hayman's analysis indicate that earliness of heading, stem length, ear neck length, spike length, grain weight per ear, straw yield and harvest index are governed exclusively by additive genic system.

The earliness of heading, awns length, number of kernels per spike, and ground biomass are mildly additive. 1000 grains weight and grain yield are governed by non additive gene action.

We have identified a possibility of transgression for different traits: earliness of heading, ear neck length, awns length, number of kernels per spike, ground biomass, grain and straw yield.

The length stem and number of kernels per spike are highly correlated with grain yield and their heritability is very high. So, this result makes them as important for indirect selection yield.

Key- Words

Durum wheat, Amelioration, Yield and its components, phenology, morphology.

Liste des abréviations

- **AGC** :Aptitude générale à la combinaison.
- **Ar** :Ardente.
- **ASC** :Aptitude spécifique à la combinaison.
- **B.A.C** :Bloc aléatoire complet.
- **C°** :Degrés celsius.
- **C%** :Taux de carbone.
- **Car** :Carioca
- **Ch** :Chen's.
- **CM** :Carré moyen.
- **CV** :Coefficient de variation.
- **ddl** :Degré de liberté.
- **EM** :Espérance de carré moyen.
- **EPI** : Précocité d'épiaison.
- **ET** :Ecart type.
- **Fig** :Figure.
- **FLO** : Précocité de floraison.
- **GH** :Groupe homogène.
- **GTA** :GTA dur.
- **h** :Heure.
- **H²** :Héritabilité au sens large.
- **h²** :Héritabilité au sens étroit.
- **HS** :Hautement significative.
- **HT** :Hauteur de la tige.
- **IR** :Indice de récolte.
- **ITGC** : Institut technique des grandes cultures.
- **K** :Potassium.
- **La** :Latino
- **L.A.S** : Limono argilo-sableux.
- **LB** :Longueur de barbes.
- **LC** : Longueur du col.
- **LE** : Longueur de l'épi.
- **MO** :Matière organique.
- **NEP / m** : Nombre d'épis par mètre linéaire.
- **NEPF** : Nombre d'épillets fertiles par épi.
- **NEPS** :Nombre d'épillets stériles par épi.
- **NEPT** :Nombre total d'épillets par épi.
- **NG** :Nombre de grains par épi.

- **NP / m** :Nombre de plants par mètre linéaire.
- **NS** :Non significative.
- **Obs** :Observé.
- **P** :Phosphore.
- **PB** :Poids de la biomasse aérienne par mètre linéaire.
- **PG** :Poids des grains par épi.
- **PMG** :Poids de mille grains.
- **Prob** :Probabilité.
- **RE** :Rendement en grain estimé.
- **RPAI** :Rendement en paille.
- **RR** :Rendement en grain réel.
- **S** :Significative.
- **SCE** :Somme des carrés des écarts.
- **Sign** :Signification.
- **Sim** :Siméto.
- **T° maxi** :Température maximale.
- **T° mini** :Température minimale.
- **THS** :Très hautement significative.
- **Var** :Varianc

Introduction :

La culture des céréales a été et restera la spéculation prédominante de l'agriculture algérienne. Elle fait partie de nos mœurs et constitue l'alimentation de base de notre peuple, en effet, les céréales fournissent plus de 60 p.100 de l'apport calorique et 75 à 80 p.100 de l'apport protéique de la ration alimentaire nationale (ITGC, 1996).

Parmi les céréales, le blé dur est l'aliment de base pour la majeure partie de la population algérienne.

La production de blé en Algérie n'arrive pas, à elle seule, à satisfaire tous les besoins domestiques ; elle ne couvre que près de 25 p.100 des besoins nationaux (Malki et Redjel, 2000). Face à une telle situation, il est fait recours, annuellement à des importations massives de céréales pour combler le déficit demande- offre national, exacerbant ainsi la dépendance du pays sur le plan alimentaire vis-à-vis de l'extérieur (Feliachi, 2000).

Les rendements fortement soumis aux aléas climatiques de la région méditerranéenne oscillent autour de 10 q/ha.

Cette faiblesse des rendements peut être expliquée par la non maîtrise des itinéraires techniques (mauvaise préparation du sol, protection insuffisante des cultures contre les prédateurs, les maladies et les mauvaises herbes, la non maîtrise de la fertilisation du point de vue dose et date d'apport). De plus la monoculture blé-blé est devenue une pratique courante.

A toutes ces contraintes s'ajoutent les contraintes climatiques telle que la pluviométrie. En effet, le manque d'eau est le facteur le plus limitant auquel fait et doit faire face la céréaliculture algérienne. Tout progrès sensible des agro systèmes basés sur la culture des céréales, dans l'étage bioclimatique semi-aride, semble conditionné par une meilleure gestion des eaux pluviales (Richards *et al*, 1997). La pluviométrie connaît une grande variabilité intra et inter annuelle. Ainsi la culture de blé dur est sujette à un manque d'eau durant l'ensemble des phases de son cycle végétatif (Benlaribi, 1984 et Abbassene, 1997). A ce sujet, Grignac (1981) rapporte qu'en conditions semi-arides le blé est sensible au manque d'eau pendant les mois de Mars et Avril, période correspondant à la phase montaison. D'autres auteurs, Hachemi (1979), Baldy (1984), Mekliche (1988) notent que le blé est sensible au stress hydrique du début montaison jusqu'au grossissement du grain.

Une autre contrainte qui affecte la production de blé sont les gelées printanières fréquentes, et l'apparition du sirroco en fin de cycle (Baldy, 1974).

Dans la perspective de pallier le déficit croissant, les centres de décision ont depuis les années soixante dix misé sur l'introduction de variétés avec une productivité largement supérieure aux variétés locales. Ces variétés introduites n'ont pas donné les résultats escomptés

chez les producteurs du fait que leur potentiel génétique ne peut s'exprimer que dans un milieu particulier et un itinéraire technique approprié (ITGC, 1996).

En réalité cette situation ne peut être débloquée que par une augmentation réelle et effective des rendements, grâce à l'application d'une meilleure conduite des itinéraires techniques (préparation du sol, date et dose de semis, irrigation, fertilisation, lutte contre

les adventices, lutte contre les maladies) adaptés, et à l'amélioration génétique des céréales permettant de créer de variétés adaptées aux conditions environnementales de culture. C'est aujourd'hui une science qui regroupe l'ensemble des progrès biologiques et biotechnologiques appropriés, dans un même objectif essentiellement économique, celui de l'augmentation quantitative et qualitative de la production. Le sélectionneur se doit de choisir une stratégie d'action qui peut maximiser ses chances de sorties d'une bonne variété en utilisant au mieux, les ressources génétiques, les méthodes de sélection classiques ainsi que les nouvelles techniques de laboratoire.

Plusieurs auteurs s'accordent à dire comme Gallais et Bannerot (1992) que le blé encore première céréale mondiale devant le riz et le maïs, est l'une des espèces pour laquelle les progrès biotechnologiques sont certainement les plus bénéfiques. Associer dans un même génotype des caractères antagonistes tels qu'un rendement élevé et, par exemple, une haute teneur en protéines, ou bien, accumuler dans le même génotype plusieurs gènes de résistance aux maladies est désormais accessible. Il suffit de rechercher la bonne balance interne qui permet cette valeur intrinsèque des allèles, soit dans leurs arrangements, soit dans leurs dosages.

Les programmes d'amélioration menés essentiellement par les stations expérimentales agricoles de l'ITGC visent en premier lieu, la sélection de variétés localement bien adaptées aux conditions de culture.

Riviere et Lecq ont souligné dès 1900 la réputation des espèces céréalières cultivées en Algérie pour leur rusticité et leur adaptation au climat du pays prévenant contre leur éventuel remplacement. Cependant si tel doit être le cas aujourd'hui, les variétés introduites ou créées doivent faire l'objet d'études approfondies.

Actuellement l'exploitation des ressources existantes paraît insuffisante par rapport à la diversité écologique du pays et aux exigences d'une agriculture moderne. En effet, la grande variété des sols et des climats du pays et particulièrement l'importance des zones arides et semi-arides nous incite à la recherche de génotypes adaptés.

Parmi les différentes sources de variation génétique pouvant servir à l'amélioration du blé dur, les cultivars traditionnels se révèlent riche en diversité et plus facilement accessible pour être utilisé dans la création variétale.

Tout programme de sélection devra dès lors être basé sur l'estimation des ressources céréalières locales afin d'isoler des cultivars intéressants auxquels on associera certains caractères, pouvant être trouvés chez d'autres variétés locales ou introduites.

L'hybridation s'avère être dans ce cas un outil remarquable pour accroître la productivité de nos variétés, la qualité des produits qui en découlent et leur adaptation dans les différentes régions agro-climatiques du pays.

Le travail qu'on se propose de réaliser comprend deux objectifs essentiels à savoir :

- Caractériser six variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) introduites, à l'aide de mesures des principaux caractères agronomiques. Ces variétés sont Latino, Carioca, Ardente, Siméto, GTA dur, Chen's.

- Déterminer la valeur de ces variétés en tant que géniteurs dans le cadre d'un croisement diallèle incluant toutes les combinaisons possibles et ce, dans les conditions environnementales de la Mitidja.

Données bibliographiques

Chapitre 1: Présentation de l'espèce

I- Origines et classification du blé dur

La culture de blé est très ancienne, on trouve ses traces dès le néolithique. Le blé a été cultivé 2700 ans avant notre ère en Chine. Les civilisations babyloniennes et égyptiennes se sont développées autour du blé (Moule, 1980).

I-1 Origine génétique

L'allopoloïdie a joué un rôle fondamental dans l'évolution des plantes en permettant l'apparition de type nouveaux qui n'ont souvent que de lointains rapports avec les espèces qui leurs ont donné naissance (Prevost, 1976).

De part leur constitution chromosomique, Boyeldieu (1980) ; Simon *et al.* (1989) distinguent l'existence de trois sous groupes de céréales :

Le groupe diploïde ($2n = 14$ chromosomes) ou engrain.

- *Triticum beoticum* ;
- *Triticum monococcum*.

Le groupe tétraploïdes ($2n = 28$ chromosomes) ou groupe de *Triticum dicoccum* (amidonier) ; on distingue :

- *Triticum diccocoïdes* ou amidonnier sauvage ;
- *Triticum turgidum* ou blé poulard ;
- *Triticum polonicum* ou blé de Pologne ;
- *Triticum durum* ou blé dur.

Le groupe hexaploïdes ($2n = 42$) ou groupe de *Triticum spelta* (épeautre) ; on distingue :

- *Triticum vulgare* ou blé tendre ;
- *Triticum compactum* ou blé hérisson.

Selon Prevost (1976), les blés à 28 chromosomes sont des allotétraploïdes possédant les génomes A et B.

Prevost (1976) et Grignac (1978), soulignent l'origine hybride des tétraploïdes dont le blé dur (*Triticum durum*), ceux-ci proviendraient du croisement suivi du doublement des chromosomes entre *Triticum monococcum*, apportant le génome A, et *Eagilops speltoïdes* apportant le génome B.

Une telle hybridation aurait donné naissance au *Triticum diccocoïdes* qui serait diversifié en *Triticum dicoccum* et *Triticum durum* (Moule, 1980).

I-2 Origine géographique

Vavilov cité par Erroux et Laumont (1961) situe l'origine du blé dur en Abyssinie, ce dernier considérait trois centres d'origine distincts pour les trois groupes d'espèces du genre *Triticum* :

- Le foyer Syrien et nord Palestinien pour le groupe diploïde ;
- Le foyer Abyssinien pour la diversification des blé tétraploïdes ;
- Le foyer Afghano-Indien pour la diversification des blés hexaploïdes.

L'Algérie se trouvant à proximité de ce centre primaire d'origine, la diversification et le polymorphisme considérable de l'espèce blé dur dans nos région ont invité Vavilov à considérer l'Afrique du nord comme centre secondaire d'origine du *Triticum durum*.

Grignac (1978), désigne, quant à lui, le Moyen-Orient comme l'origine géographique ou coexisteraient les espèces parentales. Selon le même auteur, c'est à partir de cette zone d'origine que l'espèce s'est différenciée vers trois différentes régions : le bassin occidental de la méditerranée, le sud de l'ex URSS et le proche orient, chaque centre de différenciation donne des caractères morphologiques et physiologiques particuliers.

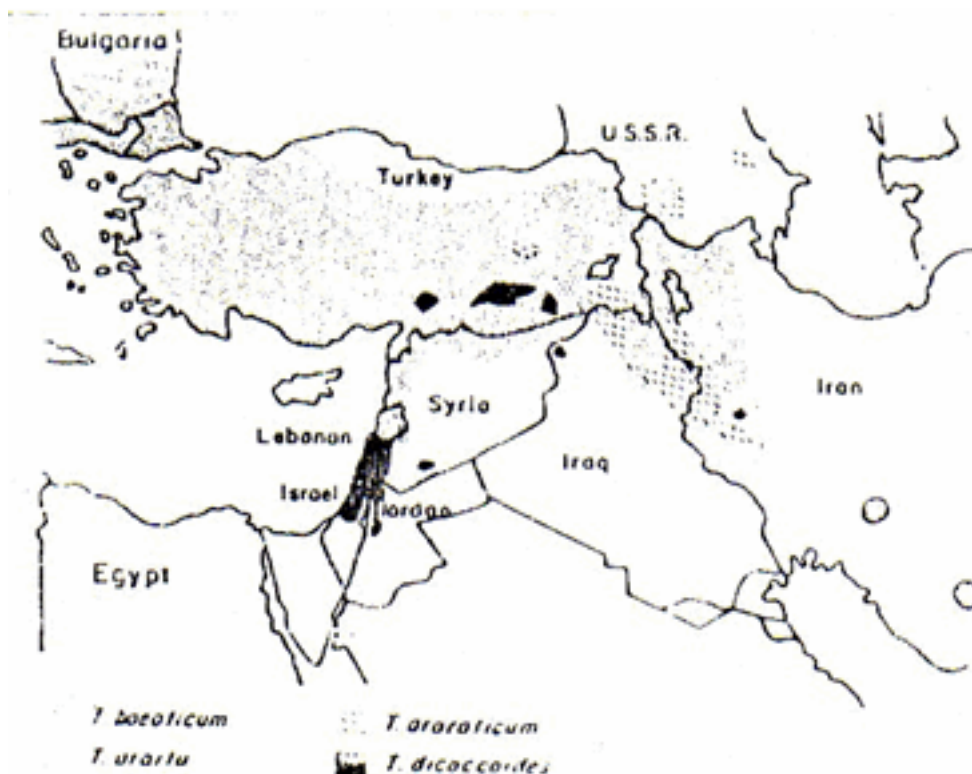


Figure 1 : Distribution des diploïdes sauvages. *Triticum monococum* Var. *Boeoticum*. *T. urartu* et tétraploïdes *T. Timopheevi* var. *Araraticum*, et *T. Turgidum* var. *Dicoccoïdes* au proche orient (Waines, 1983 in Mekhlouf, 1998).

I-3 Classification

Le blé dur appartient au groupe des Spermaphytes et au groupe des Angiospermes, à la classe des Monocotylédones (Grignac, 1965 ; Prats, 1966).

D'après la classification proposée par Dhalgren et Clifford (1985, cité par Zerari, 1992), le blé appartient à :

Etude comparative de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) et analyse diallèle de leurs hybrides F1

Superordre : Commeliniflorales ;

Ordre : Poales ;

Famille : Poaceae ;

Genre : *Triticum* ;

Espèce : *Triticum durum* Desf.

D'après Prats (1966), on distingue trois sous espèces : *Mediterraneum*, *Syriacum* et *Europeum*.

Tableau 1 : Classification des espèces du genre *Triticum* (Mackee, 1968)

Génome	Espèce	Sous espèce	Forme
AA	<i>T. urarta. Tum T. monococcum L</i>	beiticum monococcum	Sauvage Sauvage Cultivée
AABB	<i>T. turgidum Thell (L)</i>	dicoccoïdes (Korn) Thell Dicoccum Thell (Shrank) Paleocolchicum (Men) Carthlicum L Turgidum L conv, turgidum L conv, durum Desf conv, turanicum (Jakubz) conv, polonicum L. conv, aerhiopicum (Jakubz)	Sauvage Cultivée Cultivée Cultivée
AAGG	<i>T. timophéevi Zhuk</i>	araraticum (Jakubz) timophéevi (Zhuk)	Sauvage Cultivée
AABBDD	<i>T. aestivum L</i>	compactum (Host) macha (Dek et Men) spelta Thell (L) sphaerococcum (Perc) vavilovum (Tum) Sears vulgare (Vill) MK. (Will).	Cultivée Cultivée Cultivée Cultivée
AAAABB	<i>T. Zhukovskyi Men et Er.</i>		Cultivée

II- Importance de blé dur en Algérie

L'importance du blé dur réside dans le fait qu'il participe d'une façon importante et diversifiée à l'alimentation humaine, à la superficie qu'il occupe et à l'emploi qu'il génère en tant que principale culture céréalière (ITGC, 1999), le tableau 2 illustre les superficies, la production, les rendements de blé dur en Algérie.

Tableau 2 : Evolution de la superficie récoltée, de la production et du rendement du blé dur durant la période 1995 - 2006

Année	Superficie (ha)	Production (q)	Rendement (q/ha)
1995	1 175 860	11 886 700	10,1
1996	1 585 500	20 345 700	12,8
1997	590 920	4 554 640	7,7
1998	1 707 240	15 000 000	8,8
1999	889 090	9 000 000	10,1
2000	544 470	4 863 340	8,9
2001	1 112 180	12 388 650	11,1
2002	813 890	9 509 670	11,7
2003	1 265 370	18 022 930	14,2
2004	1 307 590	20 017 000	15,3
2005	1 042 894	15 687 090	15,0
2006	1 162 880	17 728 000	15,2

Ministère de l'agriculture 2006.

La production locale connaît une stagnation remarquable, et les rendements moyens n'accusent pas d'amélioration sensible, par contre la consommation augmente sans cesse et rapidement.

Ces deux facteurs de production / consommation situent l'Algérie comme premier importateur mondial de blé dur avec un taux d'achat de 40 à 50 % des quantités échangées sur le marché mondial (2 à 2,5 millions de tonnes sur 5 à 6 millions de tonnes échangées), (Rachedi, 2003).

L'évolution des superficies, de la production et du rendement moyen du blé dur en Algérie montre une importante fluctuation d'une année à une autre.

En ce qui concerne le rendement, il peut être qualifié comme étant faible, à savoir que la moyenne des rendements de 1995 à 2006 est de 11,74 q / ha. Il est à noter qu'une légère

augmentation des rendements moyens passant de 11,1 q / ha en 2001 à environ 15 q / ha (2004, 2005 et 2006) a été enregistrée (tableau 2).

III- Zones de production

Les 2/3 des cultures céréalières se trouvent sur les hautes plaines, caractérisées par une altitude assez élevée de 800 à 1200 m d'altitude, des hivers froids et des précipitations irrégulières et insuffisantes. Cette région est aussi marquée par des gelées printanières fréquentes et des vents chauds et desséchants en fin de cycle de la plante (Baldy, 1974). L'aire de production des céréales est subdivisée en 05 grandes zones aux potentialités très différentes (tableau 3 ; ITGC, 1992).

Tableau 3 : Zones de culture des céréales en Algérie. (ITGC, 1992).

Etude comparative de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) et analyse diallèle de leurs hybrides F1

	Zones	Pluies (mm)	Céréales (a)	Céréales (%)	Jachères (a)	Risques climatiques
A	Littorale	600	64	2	388	Très faible
B	Plaines intérieures	450-600	850	27	380	Gels, sécheresse
C	Haute plaines	350-450	1400	45	780	Gels, sirroccos, réchauffement des sols
D	Agropastorale	200-350	480	15	—	+ accentués que C.
E	Montagne	350-600	330	11	300	Gels, réchauffement des sols

a : 10³ ha.

IV- Les contraintes de production

La culture de blé dur est concentrée en zone semi-aride. Elle est confrontée à plusieurs contraintes de natures pédoclimatiques, économiques et même structurelles qui ont une incidence sur le niveau de la production.

IV-1 Le milieu physique

Le climat des zones de production des céréales se caractérise par une grande variabilité climatique (Baldy, 1974). Il faut dire qu'en Algérie quelle que soit la zone cultivée, la pluviométrie reste un facteur prédominant qui conditionne fortement les récoltes (Feliachi, 2000).

L'irrégularité des précipitations d'automne rendent l'opération préparation du sol difficile et l'installation de la culture se fait souvent dans des conditions médiocres. Le stress hydrique peut intervenir à n'importe quel stade du cycle de la culture (Baldy, 1992).

L'absence de pluie printanière engendre toujours une mauvaise récolte, en effet en Algérie la pluie ne tombe qu'en hiver et fait défaut au moment où la végétation activée par la chaleur exige des chutes d'eau (Rivière, 1928).

Les basses températures hivernales, au niveau des hauts plateaux, entravent la croissance en début du cycle où on enregistre des températures minimales de l'ordre -10°C, sous abri et qui se traduisent par des températures de -15°C au niveau de la plante, en plein champ (Oultache, 1991). Les cultivars se développent peu, au cours de la période où se concentrent plus de 70% des eaux de pluies qui sont de ce fait non valorisées (Abbassene, 1997).

Les gelées tardives du printemps constituent une autre contrainte pour les céréales localisées en zones d'altitudes. Ces dernières coïncident généralement avec le stade méiose-épiaison, stérilisant le grain de pollen et détruisant l'ovaire naissant (Abbassene, 1997). Quoique ce phénomène touche plus les orges et les variétés précoces de blé, il est, néanmoins présent et sa variabilité inter annuelle, participe à la variation de la production. Bœuf (1932) a soulevé l'importance des dégâts causés par les gelées tardives sur les blés au niveau des hauts plateau sétifien, qui réduisent parfois le rendement à 1q / ha.

Le manque d'eau est plus à craindre dès le mois de Mai, à partir duquel les pluies se font rares et les températures de plus en plus fortes, dont les effets sont accentués le plus souvent par des vents chauds et desséchants en fin de cycle (Hachemi, 1979). Ceci se traduit par une forte demande climatique qui accroît les besoins en eau de la plante au moment où se détermine le rendement (Baldy, 1974 ; Kribaa, 1990).

IV-2 Les techniques culturales

La faiblesse des rendements, due essentiellement aux contraintes du milieu, pousse l'agriculteur à prendre le moins de risque en ce qui concerne les techniques culturales. Il réduit le plus souvent l'itinéraire technique de plusieurs opérations culturales pour diminuer les charges (Moris *et al.*, 1991).

On signale à ce sujet le peu de souci accordé à la préparation du sol et celle du lit de semence, opérations qui interviennent certes après cinq mois de sécheresse, mais qui conditionnent le rendement en grain (Mouret *et al.*, 1991). Ces contraintes constituent un handicap majeure à l'amélioration des rendements.

IV-3 Les variétés

L'amélioration de la production en blé dur est liée à deux paramètres essentiels. D'une part, les techniques culturales doivent être raisonnées selon les objectifs de production, tout en tenant compte des potentialités du milieu. D'autre part, elle est liée aussi, au potentiel de production du matériel végétal utilisé. En effet, des résultats satisfaisants peuvent être obtenus en zones plus favorables, suite à l'adoption de techniques culturales appropriées et l'utilisation de variétés plus performantes (Benbelkacem, 1996).

La faiblesse des rendements réalisés en blé dur est à attribuer en partie au matériel génétique utilisé, constitué essentiellement de variétés ancienne (Hachemi, 1979). Le matériel d'introduction, au haut potentiel génétique, très exigeant, éprouve des difficultés d'adaptation aux conditions très variables du milieu de culture (Bouzerzour et Djekoun, 1996). Il ne présente pas toujours les caractéristiques recherchées par les agriculteurs, dont le système de production dominant est l'association céréaliculture- élevage. Ces caractéristiques sont une production de paille et de grain acceptable, même en années difficiles (Ceccarelli *et al.*, 1992).

En effet, les variétés nouvelles se caractérisent par une réduction de la hauteur, suite à l'introduction des gènes de nanisme, qui semble s'accompagner aussi d'une réduction du système racinaire (Hurd, 1974 ; Berger et Planchon, 1990). La masse et le volume racinaire plus réduit de ce matériel, relativement aux variétés locales, semblent expliquer en partie ce comportement (Benlaribi *et al.*, 1990).

Compte tenu des contraintes rencontrées, il est nécessaire d'identifier les caractères morpho-physiologiques qui doivent caractériser une variété idéotype pour s'adapter à ces zones assez spécifiques. L'amélioration doit donc s'orienter vers la recherche de variétés plus stables, en ce qui concerne les productions de grain et de paille, et plus adaptées vis-à-vis des aléas climatiques majeurs (évitement du gel, une plus grande tolérance à une sécheresse de nature intermittente).

Chapitre 2 : Amélioration génétique de blé dur

I- Historique

La domestication des plantes, commencée il y a plus de 9000 ans était le résultat d'une sélection qui a pris la forme d'un choix d'espèces, puis d'un choix de plantes.

La sélection végétale a commencé lorsque l'homme a appris à choisir des plantes capables de le nourrir et de nourrir son bétail.

Des formes modernes de l'amélioration des plantes sont apparues au XIXème siècle comme l'aboutissement d'un long processus d'élaboration d'une méthode de sélection, dont la première étape commença avec la démonstration faite par CAMERARIUS de l'existence d'un sexe chez la plante (Zahour, 1992).

II- Définition

L'amélioration des plantes est définie comme étant l'art et la science de la création de variétés. Du point de vue génétique, elle peut être considérée comme l'ensemble des processus qui, à partir d'un groupe d'individus (population, écotype) n'ayant pas certains caractères au niveau recherché, permet d'obtenir un autre groupe d'individu -variété- apportant un progrès (Gallais, 1990).

Selon Herve, (1989) sélectionner, c'est choisir à l'intérieur d'une espèce constituée d'un mélange de plantes parfois très différentes. On repère les phénotypes intéressants et on récolte leurs semences.

Vavilov (1935 cité par Zahour, 1992) définit la sélection végétale comme étant l'évolution des plantes dirigée par la volonté de l'homme.

Frankel (1958 cité par Zahour, 1992) la définit comme étant l'ajustement génétique des plantes au service de l'homme.

III- Objectifs de l'amélioration du blé

Toutes les nouvelles variétés de blé doivent égaler ou dépasser les normes de qualité, de comportement agronomique et de résistance aux maladies avant d'être considérées pour l'enregistrement (CRC, 2002). Ce sont là, les trois grands objectifs majeurs de la sélection.

Pour le facteur rendement nous recherchons :

-La productivité qui est la capacité potentielle d'une variété à produire des rendements élevés quand les conditions optimales sont réalisées (Lafon, 1987).

-La rusticité assurant la régularité des rendements, comprenant

- L'adaptation au milieu physique : le froid, la sécheresse, la pluie, la précocité et la tolérance au sel,...etc.
- L'adaptation au milieu biologique : la création de variétés génétiquement résistantes aux parasites et agents pathogènes.

Et pour le facteur qualité, les critères sont multiples (la qualité boulangère, la couleur, la texture, le goût,...etc), ils sont en étroite relation avec l'utilisation du produit pour la consommation humaine et l'alimentation animale ou pour la transformation (Lafon *et al.*, 1987; Zahour,1992).

IV- Méthodes de sélection

La biologie florale chez le blé lui confère un régime de reproduction en autogamie strict ; c'est-à-dire que le pollen d'une fleur féconde préférentiellement, voire de manière quasi-exclusive et de façon forcée, le pistil de la même fleur. Ceci a deux conséquences importantes (Demarly, 1977 ; Henry et Debuyser, 1982 ; Bonjean et Picard, 1990) :

- Du point de vue ressources génétiques de l'espèce, les populations naturelles où les variétés de pays sont principalement constituées de lignées pures ; le brassage génétique naturel entre populations est de ce fait limité. Ceci est à l'origine d'une différence considérable entre la variabilité potentiellement élargie ;
- Du point de vue amélioration génétique de l'espèce, l'échange génétique naturel est provoqué par des fécondations croisées. L'hybridation intra-spécifique permet de regrouper dans un même génotype, le potentiel génétique de plusieurs lignées pures. Les autofécondations successives permettent de mettre à profit des combinaisons nouvelles et de fixer les meilleures.

IV-1 La sélection classique

En premier lieu, il faut définir les critères de ce choix, ensuite, il faut disposer d'un éventail de choix assez large, c'est-à-dire de plantes suffisamment différentes entre elles c'est ce qu'on appelle la variabilité de départ. Plus cette variabilité est importante, plus on a de chances de trouver les plantes correspondantes à nos exigences et enfin utiliser la méthode de sélection la mieux adaptée à l'espèce.

L'objectif est de créer de nouvelles populations cultivables (variétés lignées) présentant des caractéristiques supérieures, tout en conservant le potentiel génétique des plantes de départ, en vue d'autres progrès. (Hanifi Mekliche, 1983). Les principales techniques de sélection appliquées aux céréales autogames sont présentées dans les paragraphes suivants

A - Sélection massale

On procède à un choix phénotypique d'un certain nombre d'individus, lorsque les individus préférés participent seuls à la réalisation de la génération suivante, l'opération prend le nom de sélection massale. Les cycles de sélection massale peuvent être répétés et donner pendant un certain nombre de génération, un gain appréciable, cette méthode s'adresse à des caractères en nombre limité, en bonne corrélation positive et possédant une bonne héritabilité (Demarly, 1977).

B - Sélection généalogique

La sélection généalogique consiste à choisir les individus d'après les caractéristiques de leur descendance (Hervé, 1976).

Cette méthode est caractérisée par la sélection du matériel végétal et fixation de celui-ci à chaque génération, on choisit des plantes intéressantes, et on attend la génération suivante pour voir si le caractère retenu s'extériorise à nouveau et de façon homogène (Maciejewski, 1991).

La sélection généalogique est de loin la méthode la plus utilisée, elle est efficace pour fixer les caractères à déterminisme génétique simple, et permet l'élimination progressive du

matériel et les essais finaux ne sont à envisager qu'avec un nombre restreint de lignées. (Gallais, 1990).

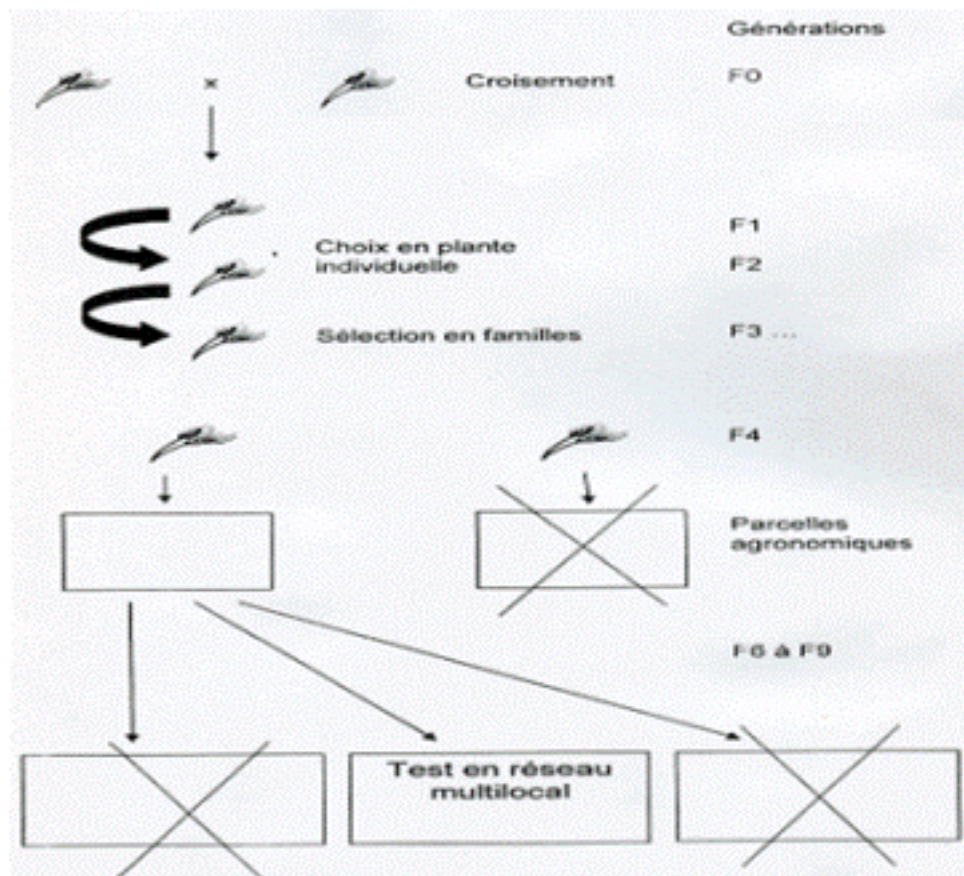


Figure 2 : Schéma d'une sélection généalogique avec sélection dès la F₂ (diapositive expérimentation, 2005).

C - Sélection en bulk

C'est une sélection après une phase d'autofécondation sans sélection. Le passage d'une génération à l'autre est réalisé par récolte en mélange (bulk) de l'ensemble des grains d'une génération et prélèvement aléatoire des grains pour constituer la génération suivante.

Ce processus se poursuit jusqu'en F₅ ou F₆. La sortie se fait alors par sélection généalogique (Gallais, 1990). (figure 1 ; annexe 1).

D - La SSD (single seed descent)

Egalement appelée sélection par filiation unipare, c'est une méthode qui consiste en un prélèvement d'une graine de chacune des plantes, et ce d'une génération à l'autre. Le but est d'obtenir le maximum de lignées à partir d'un maximum de plantes F₂ (Zahour, 1992).

E - Rétrocroisement ou back cross

C'est une forme d'hybridation récurrente, durant laquelle une caractéristique désirable est transférée à une variété adaptée et productive.

L'hybride F₁ est recroisé avec le parent récurrent. C'est le back cross 1. Le produit de ce croisement servira de partenaire pour le back cross 2. Au 5^{ème} ou 6^{ème} back cross une autofécondation à lieu.

IV-2 Les biotechnologies et la création variétale chez le blé

L'amélioration génétique regroupe aujourd'hui l'ensemble des procédés biologiques et biotechnologiques qui permettent au sélectionneur de bien choisir sa stratégie d'action en utilisant au mieux les ressources génétiques et les moyens matériels disponibles (tableau 4). La culture *in vitro*, le clonage, l'haplodiploïdisation, la fusion cellulaire et le transfert de gènes qui constituent selon Demarly et Sibi (1989), Bonjean et Picard (1990) et Demarly (1990) des techniques nouvelles et complémentaires aux méthodes conventionnelles permettant dans leurs synergies, une plus grande efficacité pour introduire une nouvelle diversité génétique.

Tableau 4 : Place des biotechnologies dans un programme d'amélioration des plantes (Demarly, 1990)

Étape	Voies classiques	Apport des biotechnologies
1- Ressources	- Protection des populations naturelles - Collections	- Vitrothèque - Banque d'ADN cloné - Sondes
2- Recombinaison et réorganisation	- Hybridations sexuées - Mutagenèse	- Hybridations somatiques - Vitrovariation - Transfert de gènes
3- Sélection et stabilisation	- Choix progressifs dans les familles. - Consanguinité.	- RFLP pour assister les choix - Haplodiploïdisation
4- Multiplication fidèle	- Reprise en lignées et entretien des stocks parentaux.	- Clonage ; vitroplants et semences artificielles.

A - La mutagenèse

C'est l'une des sources de la variation génétique dans une population. Elle peut être génique ou chromosomique. Les mutations peuvent être spontanées ou artificiellement induites.

Elle est appliquée afin d'obtenir des modifications morphologiques et physiologiques des plantes, la production de nombreux allèles pour un gène donné, la recombinaison de gènes étroitement liés, le transfert de gènes et l'augmentation du degré de croisements naturels chez les plantes autogames (Bonjean et Picard, 1990).

B - La variation somaclonale

Des expériences menées sur les céréales ont montré une large proportion de transformations somaclonales stables. Les variations génétiques, qualitatives et quantitatives, analysées chez le maïs, le riz et le blé incluent les caractères phénotypiques et biochimiques (Demarly, 1977).

C - La culture des cellules et des tissus

La majeure partie des céréales peut être multipliée *in vitro* par la culture des cellules isolées (protoplastes) ou par la culture de tissus. Cette méthode permet une sélection pour la résistance à certains stress, aux maladies, et à la salinité des sols au moment de la culture (Zahour, 1992). Les cellules communément isolées à partir des tissus du mésophylle, perdent leur pouvoir de totipotence durant le processus de développement et de différenciation ainsi que leur capacité à initier un processus de division dans

des conditions de culture artificielles (Vasil, 1994). L'utilisation des protoplastes d'origine méristématique comme alternative à ce problème, n'est pas

plus facile. A ce jour, seul le riz régénère régulièrement des plantules vertes d'origine protoplastique mais la recherche de conditions adéquates pour les autres espèces se multiplie.

D - Transgénèse

C'est la seule technique du génie génétique. Elle permet le transfert de gène d'un organisme « plante » à un autre. On obtient ainsi de nouvelles caractéristiques exprimées par le ou les gènes introduits appelés transgènes.

Cette technique permet l'apport de caractères d'intérêt jusque là inaccessible à certaines espèces avec une grande précision (Housset, 2002 ; Le Poivre, 2003).

E - Sélection assisté par les marqueurs moléculaires

Les marqueurs moléculaires offrent aux sélectionneurs les moyens de rechange efficaces pour obtenir des caractéristiques particulières lorsque les techniques de sélection traditionnelle sont difficiles ou lentes. La régénération d'une plante de céréales à partir d'un tissu embryonnaire transformé élimine la nécessité de transférer les gènes seulement par croisement, on peut alors intégrer les gènes de divers organismes à un génome. (Somers, 2004).

F - L'haplodiploïdisation (HD)

C'est l'ensemble des techniques qui permettent d'induire la formation de plantes à partir de cellules gamétiques sans passer par la fécondation (Anonyme, 1987).

L'haplodiploïdisation est un système de reproduction en consanguinité qui permet à partir d'un génotype hétérozygote d'obtenir directement les lignées homozygotes dérivables de ce génotype (Gallais, 1990). Cette technique est applicable à toutes les générations au cours de la sélection classique (Bonjean et Picard, 1990). Elle permet d'accélérer la fixation des caractères, ce qui présente un gain de temps par rapport aux croisement traditionnels, l'haploïdisation permet de raccourcir le cycle d'obtention variétale (Maciejewski, 1991).

Il existe trois voies possibles d'haploïdisation :

- La méthode *bulbosum*
- L'androgenèse « culture d'anthers »
- La gynogenèse « culture d'ovaires » ou « la culture d'ovules *in vitro* »

Méthode « *bulbosum* »

Un taux élevé d'haploïdes doublés peut être obtenu chez l'orge. Des embryons, provenant de croisements entre *Hordeum vulgare* et *Hordeum bulbosum*, et après expulsion des chromosomes de l'espèce *bulbosum* peuvent être récupérés et régénérer *in vitro* des plantes vertes haploïdes. (Bonjean et Picard, 1990).

Culture d'anthere et de grains de pollen *in vitro* « Androgenèse »

L'androgenèse *in vitro* consiste à mettre en culture des grains de pollen ou des anthers dans un milieu artificiel. Le grain de pollen haploïde (n chromosome) donne naissance à une plante à n chromosome (haploïde). Durant la croissance on double le nombre des chromosomes de la plante. Celle-ci devient diploïde (2n chromosomes). Cette duplication

des chromosomes s'effectue en trempant momentanément la plante dans de la colchicine (Belaid, 1986 ; Zahour, 1992).

Cette méthode a été utilisée par Aissa (1977), Boutouchent (1999) sur le blé et qui a permis d'obtenir des plantes haploïdes.

Culture des ovaires

La culture d'ovaires non fécondés ou d'ovules immatures est un processus similaire à celui de l'androgenèse *in vitro*, elle est utilisée sur plusieurs espèces telles que le blé, l'orge et le riz.

Cette technique peut se faire soit *in vitro* dans un milieu artificiel soit *in vivo* qui consiste à obtenir une espèce haploïde à partir d'un ovule non fécondé évolué en embryon sans l'extraire de l'ovaire (Zahour, 1992).

Elle permet aussi d'envisager et de mettre au point des systèmes haploïdes monocellulaires ouvrant la voie non seulement à des productions en masse d'haploïdes doublés, mais aussi à des expériences *in vitro* ou de manipulation génétique avec des chances de réussite accrues par rapport aux autres méthodes existantes (Picard *et al.*, 1994).

V- Les critères de sélection

En Algérie, quelle que soit la zone dans laquelle le blé est cultivé, il subit un déficit hydrique à un moment de son cycle, car même si la quantité totale de pluies est suffisante (cas du littoral avec une pluviométrie moyenne de 600 mm/an) pour le développement de cette culture, sa répartition reste irrégulière. Cependant, ce déficit est plus important dans les hautes plaines avec une pluviométrie moyenne de 350 à 450 mm/an, suivies des plaines intérieures avec une pluviométrie moyenne de 450 à 600 mm/an (ITGC, 1992).

La plupart des critères de sélection proposés (développement phénologique rapide, sensibilité à la photopériode, conductance stomatique, caractéristique racinaire, teneur relative en eau,

paramètres photosynthétiques, hauteur de la tige, les composantes de rendement, ect....) pour augmenter la résistance de nos cultures à la sécheresse ont eu peu, pour ne pas dire aucun impact sur l'amélioration des rendements (Richards, 1996). De plus, ils sont très difficiles à mesurer. D'autre part, les plus grands succès ont été obtenus dans des milieux où l'eau n'est pas un facteur limitant (Richards, 1996).

Dans les zones semi-arides, les efforts de recherches convergent vers l'obtention de cultivars ayant une bonne tolérance à la sécheresse et un rendement stable et satisfaisant (Srivastava, 1987). Il est important dans ce cas d'identifier les critères qui confèrent à la plante une adaptation « large » et d'étudier leurs interactions avec les conditions environnementales dominantes (Ozgen, 1991). Les critères de sélection choisis doivent avoir une héritabilité suffisante pour donner prise à la sélection (Monneveux et This, 1997).

A cet effet, certains auteurs optent pour les critères phénologiques comme la précocité (Fisher et Maurer, 1978 ; Garcia Del Moral *et al.*, 1993 ; Bouzerzour *et al.*, 1997) alors que d'autres (Hurd, 1976 ; Acevedo, 1991 ; Johnson *et al.*, 1983 ; Nachit et ketata, 1989 ; Monneveux, 1991) pensent que la sélection de traits morpho-physiologiques d'adaptation à la sécheresse devra donner des cultivars ayant un bon rendement.

VI- Les blés hybrides

Les variétés F₁ permettent de cumuler dans un même génotype des caractéristiques différentes mais complémentaires, notamment des résistances aux parasites et aux contraintes de milieu en plus de l'augmentation de la biomasse. La production de semences hybrides chez les céréales autogames suppose une modification génétique sinon chimique de la biologie florale.

Des essais sur les hybrides fabriqués par gamétocide montrent que la composante du rendement la plus régulièrement impliquée dans l'hétérosis, est celle du poids du grain. Les capacités de remplissage du grain de l'hybride sont plus importantes que celles des parents ; l'indice de récolte n'est pas affecté car c'est toute la biomasse qui augmente. L'hybride a cependant une qualité de panification inférieure (Auriau *et al.*, 1992).

VI-1 L'hybridation interspécifique

L'amélioration des plantes cultivées par hybridations interspécifiques reste un problème difficile, surtout lorsqu'il s'agit de croisements entre espèces génétiquement éloignées (Cauderon, 1971, cité par Cauderon, 1978).

Les difficultés de croisements résident dans les biologies florales complexes, la compétition pollinique, l'incompatibilité, la non fécondation, etc..... (Demarly, 1977). Aussi l'absence ou la faible fréquence d'appariement entre les chromosomes conduit le plus souvent à des formes stériles à la première génération (Cauderon, 1978).

Cependant, les genres *Aegilops*, *Agropyron*, *Sécale*, et *Haynaldia*, tous issus de la sous-tribu des triticeinae dont fait partie le genre *Triticum*, constituent une source de gène d'un intérêt agronomique certain (résistance aux maladies, au froid, à la sécheresse.....). Ceci permet d'envisager d'ambitieux programmes d'amélioration par hybridations interspécifiques. De nombreuses expérimentations furent d'ailleurs réalisées mais en raison du faible taux d'appariement des chromosomes lors de la méiose, seuls quelques chercheurs ont pu isoler des formes valables : Blé Zorba (issu du croisement blé-seigle), résistant à la rouille et l'oïdium, blé Agrus (issus du croisement blé-agropyron), résistant à la rouille noire.

Le cas le plus classique des croisements interspécifiques est celui du blé dur x blé tendre (F₁: 2n=35), exploité systématiquement dès les années 1920, pour introduire notamment des gènes de résistance à la rouille noire sur blé tendre et blé dur (Cauderon, 1978).

VI-2 L'hybridation intervariétale

VI-2-1 Définition

L'hybridation intervariétale est une opération qui consiste à croiser artificiellement deux variétés de façon à obtenir une nouvelle variété qui présente les qualités choisies chez les deux parents (Flandrin, 1949).

Pour entreprendre une amélioration basée sur le croisement de deux variétés entre elles, il est nécessaire de tenir compte de 2 règles dans le choix des géniteurs :

- Posséder des lignées pures, absolument stables, dont les caractères morphologiques et physiologiques ainsi que les exigences culturales sont connues avec précision.

- Autant que possible choisir au moins un des géniteurs parmi les races locales anciennement adaptées aux conditions du milieu (Bœuf, 1927).

VI-2-2 Les modes d'hybridation

Aujourd'hui nous disposons de 3 voies pour créer des hybrides chez les céréales à paille.

La castration manuelle

La pollinisation est également manuelle. Elle a été utilisée au début des recherches chez le blé pour produire des petites quantités de semences hybrides.

La voie génétique

Pour le blé, la voie génétique utilise la stérilité mâle cytoplasmique ou bien provoquée par des gènes nucléaires (Bonjean et Picard, 1990).

Les stérilités mâles se traduisent par l'absence d'anthère, ou la stérilité du pollen, rendant inutile l'opération de castration (Ferrière, 1981).

Pour obtenir un hybride fertile, il faudra des gènes de restauration de la fertilité apportés par le mâle dans la combinaison (Bonjean et Picard, 1990).

Pour le blé, la stérilité cytoplasmique est déterminée par le cytoplasme de *Triticum timopheevi* Zuckovsky (Rousset, 1978).

La voie chimique :

La voie chimique utilise les effets de certains régulateurs de croissance. Quand ils sont appliqués aux céréales à un stade donné de son cycle, ils génèrent une stérilité mâle sans perturbation grave de la fertilité femelle (Bonjean et Picard, 1990).

VI-2-3 L'hétérosis

Définition

Depuis longtemps, de nombreux sélectionneurs de blé ont observé des phénomènes de vigueur hybride sur la première génération des croisements qu'ils ont réalisés (Auriau *et al.*, 1975).

Dès 1914 SHULL, cité par Gallais, (1990), définit l'hétérosis au niveau d'un croisement de deux lignées homozygotes, comme la supériorité de l'hybride F_1 par rapport au meilleur des deux parents.

Si les parents sont homozygotes et différents, la génération F_1 après hybridation intervariétale sera hétérozygote mais homogène (Zahour, 1992). Cette hétérozygotie provoque chez les espèces une vigueur remarquable (Scheisguth, 1969).

Les deux termes, hétérosis et vigueur hybride, sont ensuite reconnus synonymes, bien que l'hétérosis soit en fait la cause de la vigueur hybride (Shuli, 1948 cité par Lefort-Buson, 1985).

En passant de la F_1 à la F_2 par autofécondation, ou fécondation libre, il y a perte de vigueur, c'est la dépression due à la consanguinité (Gallais, 1990).

Estimation de l'hétérosis

Certains auteurs ont montré comme Varenisita (1971), cité par Auriau *et al.*, (1975), la forte influence de la densité de semis sur les manifestations de la vigueur hybride. Notons à

ce propos que les premiers travaux réalisés avec des semences obtenues par croisements manuels et sur de

très petites surfaces ont montré de fortes augmentations de rendement par rapport aux parents. Les rendements étant ramenés à la plante et non à l'unité de surface (Auriau *et al.*, 1975).

L'estimation de la vigueur hybride pose aussi un problème de référence (Lefort-Buson, 1985). La supériorité de l'hybride pouvant être estimée relativement à la moyenne, ou à la meilleure des deux lignées parentales.

Si l'on s'en tient aux seules théories géniques, la référence à la moyenne des deux parents met en évidence les écarts à l'additivité (dominance partielle et totale), et la référence au meilleur parent souligne les effets de superdominance.

Dans les études effectuées généralement, la référence au parent moyen a presque toujours été utilisée.

Manifestations de l'hétérosis

L'hétérosis se manifeste chez le blé sur différents caractères. Des études menées par Goujon et Paquet (1968), sur le blé tendre ont montré des augmentations de taille de 10% à la F₁ par rapport au parent le plus haut.

Ingold (1974), et Oury *et al.*, (1990), ont également observé une manifestation de l'hétérosis pour le rendement par rapport au meilleur parent. Ces augmentations ont atteint 25% pour le blé tendre lors des études effectuées par Sharma et Singh (1989), et même 61% lorsque l'on considère le rendement par plante (Tarkeshwar et Mishra., 1990).

VII- Etude des croisements diallèles

Les croisements diallèles conduisent à un schéma d'interprétation très complet et permettent d'obtenir le maximum de renseignements génétiques sur certains caractères qui sont couramment appelés « quantitatifs » (Cousin, 1969). Hayman (1954) propose un modèle fixe qui s'applique aux variétés fixes des espèces autogames et aussi aux lignées homozygotes imbreed d'espèces allogames.

L'analyse de Griffing (1956) permet de tester les effets fixés (modèle 1) ou aléatoire (modèle 2) en terme d'aptitude à la combinaison. Quatre méthodes de croisements diallèles sont proposés :

- Méthode 1 (diallèle complet). Les parents, F₁ et réciproques soit p² combinaisons 2 à 2, ou p est le nombre de parents.
- Méthode 2 (demi-diallèle). Les parents et les F₁ sont inclus mais pas les réciproques, soit $(p(p + 1) / 2)$ combinaisons.
- Méthode 3. Les F₁ et les réciproques sont inclus mais pas les parents, soit $(p^2 - p)$ combinaisons.
- Méthode 4. Seules les F₁ sont inclus, mais pas les réciproques ni les parents, soit $(p(p - 1) / 2)$ combinaisons.

Avant d'entamer les méthodes d'interprétations des croisements diallèles, il est important de donner quelques définitions concernant les modes d'action des gènes.

VII-1 Modes d'actions des gènes

Effets additifs

L'effet d'additivité d'une structure représente la part constante que sa présence apporte dans la réalisation d'un phénotype (Demarly, 1977). Selon Gallais (1990), il y'a additivité stricte ou biologique lorsque la valeur d'un hétérozygote à un locus est exactement égale à la moyenne des deux homozygotes correspondants :

$$Aa = (AA + aa) / 2$$

C'est la composante la plus importante puisque c'est la principale cause de ressemblance entre apparentés (Falconer, 1974).

Effet de dominance

La dominance représente l'écart entre les valeurs réelles et les valeurs additives. C'est une somme d'interactions entre les segments homologues.

Un allèle dominant n'est naturellement favorisé que s'il constitue un avantage sélectif (Demarly, 1963 ; Gallais, 1978). (fig 3)

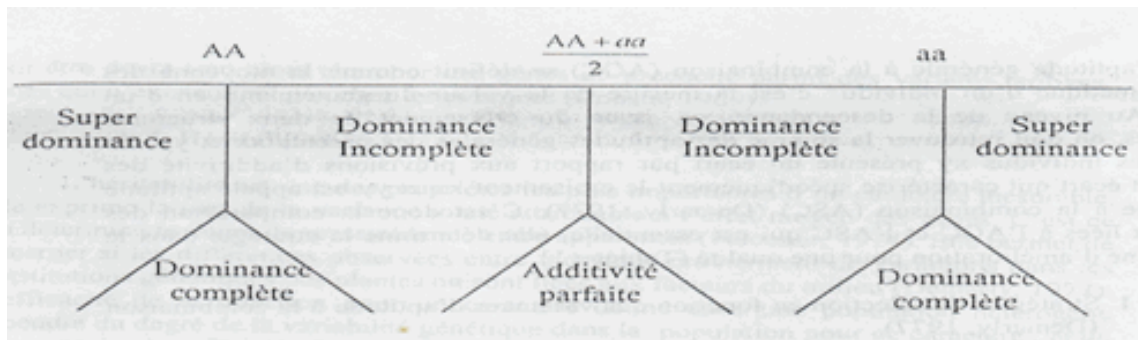


Fig 3 : Domaines de définition de l'hétérozygote (Demarly, 1977).

La dominance est complète dans le cas où la valeur moyenne de l'hybride F₁ est égale à la valeur moyenne du parent possédant l'allèle dominant ($Aa = AA$).

Pour la dominance partielle, la valeur de l'hétérozygote (Aa) se situe quelque part entre la valeur moyenne des deux homozygotes et celle de l'un d'entre eux (AA par exemple).

Il y a superdominance lorsque la valeur moyenne de l'hybride F₁ est supérieure à la valeur moyenne du parent possédant l'allèle dominant ($Aa \gg AA$) ou inférieure au parent possédant l'allèle récessif ($Aa \ll aa$).

Effet d'épistasie

L'interaction entre allèles non homologues est dite épistasie. Ces interactions peuvent intervenir entre les effets additives $A \times A \times A \times \dots$, entre les effets de dominance $D \times D \times D \times \dots$, ou être mixte $A \times D$ (Demarly, 1977). Il existe deux types d'épistasie, l'épistasie cis et l'épistasie trans.

L'épistasie « cis » a un linkage assez étroit. Ces effets sont intéressants en sélection, du fait de leur permanence parfois considérée comme de l'additivité.

L'épistasie « trans » qui se produit entre les loci plus éloignés. Elle est aléatoirement modifiée à chaque génération en fonction des rencontres gamétiques.

Pour un caractère dépendent de plusieurs gènes, Falconer (1974), Demarly (1977) et Gallais (1978) ont formulé la variance phénotypique comme suit :

$V_p = V_G + V_E$, avec V_p , V_G et V_E étant respectivement les variances phénotypiques génotypiques et environnementales.

Et $V_G = V_A + V_D + V_I$ avec V_A , V_D et V_I étant respectivement les variances additive, dominance et d'épistasie.

VII-2 Méthodes d'interprétation du diallèle

Deux méthodes peuvent être utilisées pour interpréter le diallèle. Ce sont les méthodes de Griffing (1956) et de Hayman (1954).

Méthode de Griffing

Cette méthode permet la mesure des aptitudes générale et spécifique à la combinaisons ainsi que des effets de réciprocité.

L'aptitude générale à la combinaison (AGC) se définit comme la moyenne des effets gamétiques d'un individu : c'est la mesure de la valeur du gamète moyen d'un parent. Au niveau de la descendance xy, issue du croisement de deux structures parentales, on doit retrouver la somme des aptitudes générales des parents xx et yy (Demarly, 1977).

La valeur des individus xy présente un écart par rapport aux prévisions d'additivité des AGC, cet écart qui caractérise spécifiquement le croisement xx et yy est appelé aptitude spécifique à la combinaison (ASC). (Demarly, 1977).

Selon cet auteur c'est la comparaison des variances liées à l'AGC et l'ASC qui est essentielle, elle détermine la stratégie dans le programme d'amélioration pour une qualité (Tableau 5).

Tableau 5 : Stratégies de sélection en fonction des variances d'aptitudes à la combinaison (Demarly, 1977).

Variance AGC		Variance ASC	
Faible	Peu de choix dans les formules parentales	Forte	Faire de nombreux croisements et choisir ensuite
Forte	Choix efficace dans les formules parentales	Faible	Le choix des parents avant hybridation reste prioritaire.

Méthode de Hayman

C'est une méthode qui apporte les informations suivantes ;

- Composition en gènes dominants et en gènes récessifs des parents du diallèle.
- Dominance globale des caractères étudiés et sens de cette dominance.
- Progrès génétique possible à partir du pool génétique mis en essais.
- Estimation du nombre de locus intervenant sur le caractère étudié.
- Choix des géniteurs pour un programme ultérieur (Cousin, 1969).

L'essai diallèle ne peut être analysé que lorsque certaines conditions se trouvent vérifiées :

1. Les plantes doivent avoir des ségrégations de diploïdes.
2. Les croisements réciproques doivent être identiques.
3. Action indépendantes des gènes en cause (pas d'épistasie).
4. Pas de multiallélisme (à un locus l, seulement 2 allèles l et i).
5. Les parents doivent être homozygotes.

6. Les différents gènes en cause doivent être distribués indépendamment chez les parents.

A l'exception de l'hypothèse 1, les autres apparaissent comme difficiles à contrôler avant la réalisation des croisements. Cependant, la plupart d'entre elles se vérifient au cours de l'analyse statistique. L'hypothèse (6) concernant le choix doit répartir d'une manière aléatoire, au niveau de n parents, un pool de gènes dont on ignore l'importance. Ainsi dans l'étude de la précocité par exemple on pourrait se limiter aux géniteurs les plus précoces, mais si l'essai n'indique pas de transgression possible cela ne veut pas dire qu'il n'en existe pas dans l'espèce et peut être devra-t-on alors chercher des gènes de précocité parmi des variétés tardives : gènes qui n'existeraient pas chez les précoces (Cousin, 1969).

VII-3 Héritabilité

L'héritabilité est une des propriétés les plus importantes d'un caractère mesurable. Elle exprime la part de la variance totale attribuable à l'effet moyen des gènes. C'est ce qui détermine le degré de ressemblance entre apparentés. (Falconer, 1974). Elle permet de discerner si les différences observées entre individus proviennent de variations dans les constitutions génétiques des plantes ou sont liées aux facteurs du milieu (Demarly, 1977).

On distingue l'héritabilité au sens large et au sens étroit ;

- Au sens large, l'héritabilité renferme l'action de tout type de gènes incluant la dominance (VD), l'additivité (VA) et l'épistasie (VI), d'où l'on note :

$H^2 = VG / VP$ ou $VP = VG + VE$ (variance génotypique + variance environnementale)
et $VG = VA + VD + VI$.

- Au sens étroit, elle ne renferme que l'action additive des gènes, $h^2 = VA / VP$.

Théoriquement, les valeurs d'héritabilité peuvent varier de 1 lorsque la variation est entièrement génétique à zero lorsque la variation est due à l'environnement.

Conclusion

L'amélioration des cultures pour les conditions de sécheresse demande une appréciation et une connaissance des facteurs de l'environnement (déficit hydrique) qui sont en interaction avec le génotype.

Reitz (1974) distingue trois types de variétés :

- Les variétés maintenant des rendements élevés dans une large gamme d'environnement.

- Les variétés assurant une production en grain relativement élevée dans les zones défavorables.

-Celles ne donnant de bon rendements qu'en conditions très favorables (variétés à haute productivité).

Des croisements réalisés entre la lignée à améliorer et celle supposée apporter un niveau élevé de tolérance à la sécheresse permet de repérer dans la population ségréante, les individus ayant conservé un niveau de résistance intéressant. Par ailleurs, l'efficacité de la sélection pour un caractère donné, dans une population en ségrégation dépend du degré de la variabilité génétique existante à l'intérieur de la population pour le caractère en question et de l'importance des effets de l'environnements dans le lieu ou la sélection

est pratiquée Zahour (1992). Pour cela, il est nécessaire de disposer de critères simples et fiables étroitement corrélés à la tolérance à la sécheresse et susceptibles d'être appliqués à un grand nombre d'individus.

Chapitre 3 : Formation du rendement chez le blé

I- Physiologie du rendement

L'objectif principal dans un programme d'amélioration des plantes vise en premier lieu à accroître le rendement qui est un caractère polygénique (Picard, 1991), très variable selon les conditions éco-climatique et techniques (Bœuf, 1948).

L'expression de ce caractère résulte du fonctionnement d'un peuplement, c'est-à-dire de l'ensemble des plantes qui, pendant la durée du cycle végétatif sont en concurrence pour l'utilisation des ressources du milieu (Masle *et al*, 1981).

Le rendement s'élabore tout au long du cycle de développement de la plante (Couvreur et Masse, 1983 ; Amboulet *et al*, 1983) ; c'est le résultat de l'interaction d'un certain nombre de composantes et de nombreux effets physiologiques qui se forment successivement ou simultanément durant le cycle végétatif, entre lesquels des phénomènes de compensation interviennent (Ingoat et Couvreur, 1979). Dans certaines limites, les composantes du rendement entrent en concurrence entre elles, ce qui peut affecter le rendement (Grignac, 1978 et Vilain, 1987).

La progression génétique dans l'accroissement du rendement en grain est le résultat de deux facteurs essentiels :

- Accroissement du rendement biologique : le progrès génétique doit résulter d'une augmentation de l'efficience photosynthétique des céréales qui est la résultante de l'effort consenti sur les caractères morphologiques et physiologiques (Amboulet *et al*, 1983) ;
- Accroissement de la ration grain par rapport à la paille du blé, toute la valeur avoisine les 50 % (Balla *et al*, 1989) ce qui est dans certains cas un objectif de sélection.

Le cas le plus extrême dans ce domaine c'est la sélection de variétés naines pour lesquelles le rapport grain sur paille est le plus élevé possible. Cependant, dans ce cas une baisse de la taille des plantes risque d'entraîner une réduction des autres organes de la plante (épi, graines) et peut même avoir des conséquences quant à la sensibilité aux maladies ainsi que la qualité technologique (Paquet, 1968) par des effets de corrélations négatives.

La qualité technologique est un caractère variétal très influencé par les facteurs du milieu (Bœuf, 1948 ; Sadli, 1993). C'est ainsi qu'une nutrition azotée et potassique convenable engendre une bonne formation du grain ainsi qu'une bonne qualité (Rousset, 1986 et Roy, 1989) ; de même qu'un sol riche

en phosphore accélère la précocité et donne une bonne qualité du grain avec plus de résistance à la verse (Grignac, 1978).

En conditions humides, lors de la maturation, les grains du blé dur deviennent farineux à cause des fissurations intercellulaires (Percival, cité par Grignac, 1970) : c'est le mitadinage.

Une forte évapotranspiration pendant le remplissage des grains engendre des grains ridés : c'est l'échaudage (Chevalier, 1957 ; Boyeldieu, 1980 et Masle, 1982).

II- Composantes du rendement

Chez les céréales un certain nombre de caractéristiques mesurables constituent les composantes de rendement que l'on peut schématiser selon la formule suivante :

Nombre d'épis /m² x Nombre de grains /épi x Poids de 1000 grains (Vilain, 1987)

La part de chaque composante dans l'élaboration du rendement dépend du génotype ainsi que des conditions du milieu. De nombreux travaux relatifs aux liaisons entre différentes composantes du rendement ont été réalisés.

II-1 Nombre d'épis par plante

Bensalem *et al* (1991) ont établi une liaison entre le tallage épi et le rendement ; par contre ils n'ont pas trouvé de liaison entre le tallage herbacé et le rendement en grain. Selon Austenson et Walton cités par Nass (1973), le nombre d'épis par plante est la composante la plus prépondérante du rendement.

L'accroissement du nombre d'épis n'entraîne pas toujours une augmentation du rendement à cause de la compétition induite par le nombre de grains par épi (Combe, 1981). C'est ainsi que le rendement chez l'orge est pratiquement identique pour des peuplements allant de 50 à 800 plants par mètre carré (Boyeldieu, 1980).

Pour Bouzerzour (1992), le nombre d'épis par mètre carré est négativement corrélé au rendement en grain, au nombre de grains /m² et au nombre de grains par épi, ceci vient probablement du fait que les conditions du milieu des hauts plateaux favorisent la production d'épis par unité de surface qui agissent négativement sur la fertilité et indirectement sur le rendement.

II-2 Nombre de grains par épi

Selon Dunder (1976), le rendement du blé est très dépendant du nombre de grains par épi, le coefficient de corrélation entre les deux caractères est de 0,917.

Le nombre de grains par épi est influencé par le nombre d'épis par m², par les caractéristiques variétales, par la disponibilité en eau et par la nutrition azotée et phosphopotassique (Belaid, 1986). Aussi le nombre de grains par épi est fonction du nombre d'épillets par épi et du nombre de grains par épillets (INA, 1979), chez le blé tendre, on peut trouver 3 à 5 grains par épillets alors que chez l'orge, il n'y a qu'un grain par épillet (Lafarge et Gaul., 1985).

Selon Bendjama (1977), le nombre de grains par épi varie fortement, il diminue avec l'augmentation de la densité de semis.

II-3 Poids de mille grains

Le poids de 1000 grains dépend des conditions de nutrition et de peuplement (Masle, 1982). Un coefficient de corrélation variable de 0,08 à 0,80 est trouvé par Aissani (1989) entre le rendement et le poids de 1000 grains, dans les conditions des hauts plateaux sétifiens.

Un poids de mille grains faible peut être le résultat de maladies de fin de cycle (fusariose), ou de pluies tardives associées à de fortes chaleurs et à un degré moindre

à la verse (Gate *et al.*, 1991). Une élévation brusque de la température durant la phase d'accumulation des réserves cause l'échaudage fait chuter le taux d'azote dans le grain et le rend léger (Chevalier, 1957 et Paquet, 1961). Selon Grignac (1970) cette baisse du taux d'azote dans le grain ne favoriserait pas la formation d'un grain vitreux, ce même auteur relève une relation étroite entre le poids de 1000 grains et le mitadinage.

Un apport de la fumure azotée pendant la croissance des grains accroît le poids de 1000 grains (Combe, 1981). Une relation positive a été établie entre le niveau moyen du palier d'eau du grain et le poids spécifique à la maturité (Malet et Gurnade, 1981), cependant, Sadli (1993) n'a trouvé aucune relation entre le rendement et le mitadinage.

Fonseca et Paterson (1968) ont trouvé une héritabilité au sens étroit de poids de 1000 grains de 0,472.

III- Principaux caractères morphologiques

Hormi les composantes du rendement, leur valeur et leurs interactions ; la plante présente un certain nombre de caractères morphologiques qui confèrent un aspect particulier à la plante tel que le port par exemple ou à la variété lorsque celui-ci est fixé et qu'il en devient une caractéristique.

Ces caractères ont une incidence sur le rendement en grain ou sur la qualité du grain, même si elle est parfois indirecte.

III-1 Feuilles

Selon Thorne cité par Auriau (1978) les hydrates de carbone du grain sont issus de l'activité photosynthétique des parties supérieures de la plante au moment même de la formation du grain. C'est ainsi que les dernières feuilles, le col de l'épi et l'épi lui-même fournissent la presque totalité des hydrates de carbone des grains ; le rôle de l'avant dernière feuille sans être nul, est généralement faible.

La taille de l'épi et la gaine de la dernière feuille ont une liaison étroite, les gaines sont mieux corrélées au rendement que les feuilles (Ledent, 1978).

Boyeldieu (1980) a trouvé que les meilleurs rendements en grain chez le blé étaient obtenus avec des indices foliaires de 8 à 10, à condition que le couvert végétal ne verse pas, ce même auteur cite l'importance des feuilles dressées.

Quand aux deux premières feuilles et l'épi, ils fournissent après floraison leurs assimilats aux grains tandis que les feuilles inférieures plus âgées alimentent les racines. Si les feuilles supérieures sont supprimées les feuilles inférieures les relaient pour alimenter le grain.

Gauthiers et Joudrier (1991) constatent que les blés tétraploïdes et hexaploïdes présentent une activité photosynthétique plus accrue jusqu'au début de l'épiaison, mais lors du développement du grain, cette activité baisse chez les formes sauvages et s'accroît chez les formes cultivées.

La surface du limbe est associée positivement avec le rendement en grain en quintaux par hectare, Le rendement en grain par plante et le poids de 1000 grains (Ledent, 1978).

Planchon cité par Oulie (1986) a montré que le rendement en grain est lié à l'activité photosynthétique de la dernière feuille. Ledent (1978) a établi une corrélation positive entre le poids sec de la graine et de la dernière feuille et le rendement, de même qu'il a établi

une liaison plus étroite entre la deuxième et la troisième feuille avec le rendement par épi plutôt qu'avec la feuille sommitale.

III-2 Dernier entre-nœud (col de l'épi)

La longueur du dernier entre nœud est importante du fait qu'elle éloigne l'épi du feuillage limitant ainsi les risques d'infestation par d'éventuelles maladies de même que le col de l'épi se situe en pleine lumière, ce qui augmente l'intensité de la photosynthèse (Baldy, 1974 ; Doussinault, 1978).

La longueur du col de l'épi est associée positivement au rendement de l'épi (Delecolle et Gurnade, 1980). Wardlaw *et al*, cité par Auriau (1978), ont souligné l'importance non seulement du rôle du col de l'épi mais aussi des barbes, dans la finition du grain. Le col jouerait le rôle d'un organe provisoire dans la translocation des assimilats vers l'épi, ils ont trouvé une corrélation positive entre la longueur du col de l'épi et le rendement.

Grignac (1978) a mis en évidence une liaison positive mais faible entre le rendement et la longueur du dernier entre-nœud ainsi qu'avec le rapport de la longueur du dernier entre-nœud et celle de la tige.

III-3 Hauteur de la paille

Ledent (1978) a établi une bonne corrélation entre le poids sec total (sans l'épi) et celui de l'épi ; ceci montre nettement que les talles bien développées portent les plus beaux épis.

Selon Simpson (1968) les plantes courtes sont plus productives que les plantes hautes car la capacité de tallage des premières est plus importantes.

Le coefficient de corrélation entre le rendement et la hauteur de la tige est très variable selon les géotypes de blé tendre, il varie de : $r = 0,53$ à $r = 0,82$ (Hanifi- Mekliche, 1983). Fonseca et Paterson (1968) ont établi des corrélations positives entre la hauteur de la plante, les composantes du rendement et le rendement en grain, qui varient selon l'année d'essai et la lignée utilisée.

La hauteur de la plante et les composantes de rendement ainsi que la précocité présentent des corrélations hautement significatives. Les coefficients de corrélation entre d'une part la hauteur de la tige, et d'autre part le nombre d'épis par plante, le poids du grain et la précocité, ont respectivement les coefficients suivants : $r = 0,206$; $r = 0,484$ et $r = -0,222$ (Johnson., 1966).

Matériels et méthodes

I - Description du site expérimental

Les essais ont été réalisés à la station expérimentale de l'Institut National Agronomique, El Harrach (Alger) dans l'unité 8 de la station horticole destiné aux cultures expérimentales, sous un abri grillagée, se trouvant à une altitude de 48 m à 3' 08" de longitude Est et 36' 43" de latitude Nord.

I-1- Conditions climatiques

Cette zone est caractérisée par un climat méditerranéen à hiver doux et humide avec une pluviométrie moyenne de 600 mm et des gelées rares, avec l'alternance d'une saison sèche et chaude et des risques de sirocco réduits.

Les conditions climatiques qui ont caractérisé les campagnes agricole 2006 / 2007 et 2007 / 2008 sont mentionnées dans le tableau 6 et illustrées par la figure 4.

Campagnes		Mois										Total (mm)
		Sép	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	
2006 / 2007	Précipitations	31,3	9,7	16,1	237,1	27,4	66,7	139,6	71,8	15,2	3,1	618
	T mini	17,7	17,8	12,9	8,4	6,4	8,9	7,4	12,6	13,9	18,2	
	T maxi	28,7	27,5	23,0	16,9	18,1	19,0	16,3	20,4	25,3	27,8	
	T moy	23,2	22,7	17,9	12,7	12,2	14,0	11,8	16,6	19,6	23,0	
2007 / 2008	Précipitations	33,2	98,4	297,8	74,6	29,7	23,8	55,9	20,5	68,5	6,8	709,2
	T mini	19,0	15,2	8,9	6,8	6,4	7,9	8,6	10,8	12,8	19,0	
	T maxi	28,9	25,8	17,5	16,2	17,8	18,3	19,1	21,6	22,4	26,4	
	T moy	23,9	20,5	13,2	11,5	12,1	13,1	14,8	16,2	17,6	22,7	

Tableau 6 : Pluviométrie et températures des campagnes 2006 / 2007 et 2007 / 2008

Source : données de la station météorologique de l'INA, 2008

Pluviométrie

Le climat de l'année 2006/2007 se caractérise par une pluviométrie annuelle qui est de 618 mm, on note un mois d'octobre et novembre peu pluvieux, un mois de décembre avec une pluviométrie abondante dont plus de la moitié en l'espace de 5 jours. Il est à signaler que la pluviométrie enregistrée en décembre est égale à deux fois et demi la moyenne de la décennie 1995-2005 (figure 4 et tableau 1 en annexe 1). Le mois de janvier peut être qualifié aisément de sec car la pluviométrie n'atteint même pas le tiers de la moyenne de la dernière décennie. Le mois de mars est également caractéristique, une pluviométrie encore une fois largement supérieure à la moyenne, et elle est équivalente à 3 fois et demi la moyenne de la dernière décennie.

Le total des précipitations durant la campagne agricole 2007/2008 est de 709,2 mm. Les pluies ont été concentrées durant les mois d'octobre, novembre et décembre de l'année 2007, la pluviométrie enregistrée en décembre est égale à trois fois la moyenne de la décennie 1995-2005 (figure 4 et tableau 1 en annexe 1).

Températures

Les températures de l'année 2006/2007 se démarquent d'une façon beaucoup moins accentuée que la pluviométrie, avec une température moyenne un peu plus élevée que la normale pour le mois de février, et des températures moyennes en dessous de la normale pour le mois de mars.

La gamme des températures moyennes de l'année 2007/2008 varie de 11,5°C pour le mois de décembre à 23,9°C pour le mois de septembre, qui correspondent successivement au mois le plus froid et au mois le plus chaud de la campagne. Les températures les plus basses ont été enregistrées durant le mois de janvier avec une moyenne de 6,4°C. Durant la période du pallier hydrique, nous avons relevé une température maximale moyenne, pour les mois d'avril et mai de 22°C. Ces températures ne sont pas néfastes pour la phase du pallier hydrique puisqu'elles ne dépassent pas 25°C.

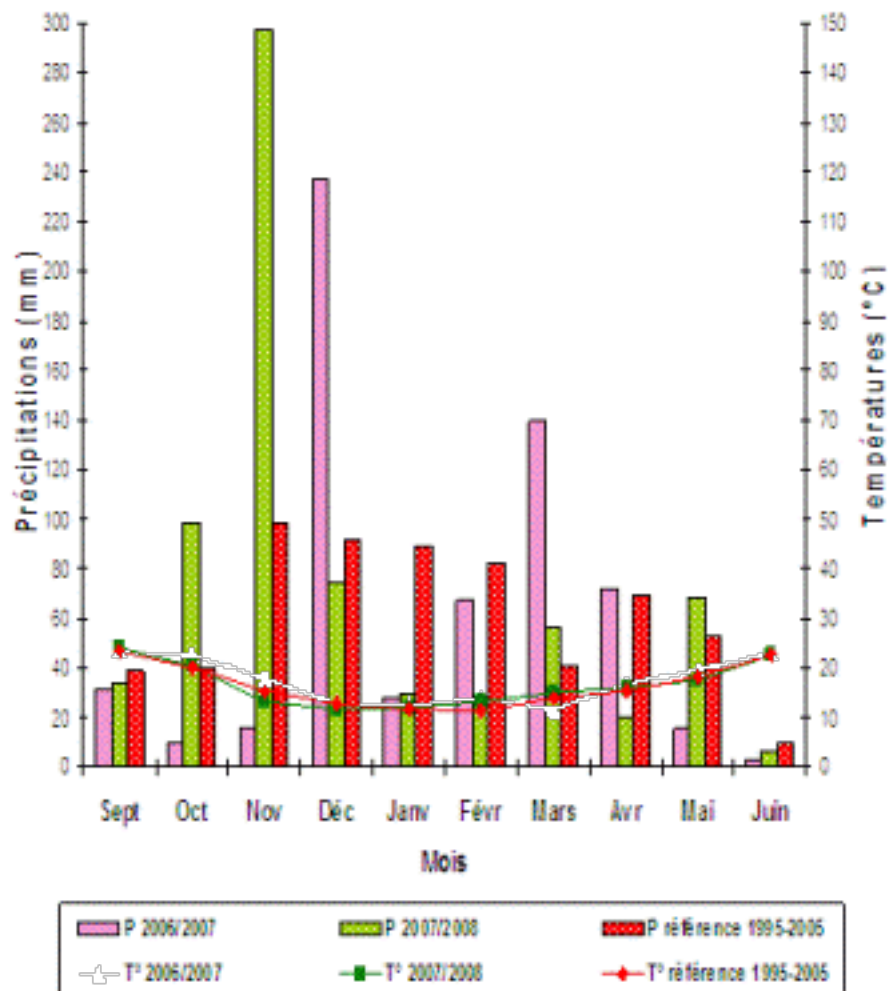


Figure 4 : Diagramme Ombrothermique.

I-2- Conditions édaphiques

Dans le but de bien connaître les caractères physico-chimiques de notre parcelle expérimentale, nous avons effectué une série d'analyses granulométriques et chimiques. Les prélèvements ont été effectués à la tarière sur une profondeur de 0-30 cm.

Tous les échantillons ont été mélangés puis mis à sécher dans l'étuve. Les résultats analytiques sont notés dans le tableau 7.

Caractéristiques du sol	Résultats analytiques
Caractéristiques chimiques	
Calcaire total (p.100)	0,9
CE (mmohs / cm)	0,18
pH eau	8,1
pH KCl	7,9
P ₂ O ₅ (ppm)	18,66
K ₂ O (m eq / 100g de terre)	1,87
Caractéristiques biochimiques	
C (p.100)	0,82
MO (p.100)	1,41
N total (p.100)	0,07
C/N	11,71
Caractéristiques physiques	
Argile (p.100)	20,5
Limon fin (p.100)	13,5
Limon grossier (p.100)	28,74
Sable fin (p.100)	35,4
Sable grossier (p.100)	1,86
Classe texturale	Limon Sablo- Argileux

Tableau 7 : Résultats des caractéristiques du sol.

- Selon le triangle de texture de Henin (1969), notre sol a une texture Limono Sablo-Argileuse.
- Le pH est légèrement alcalin ;
- Le taux de calcaire total est très faible (0,9 p.100).
- La conductivité électrique présente un taux très faible, elle est inférieure à la norme de 0,6 mmhos / cm proposée par Calvet et Viellemin (1986). Donc, notre sol est non salin ;
- Le taux de matière organique est faible par rapport à la norme proposée par Calvet et Viellemin (1986).
- Le sol est assez riche en P₂O₅ (18,66 ppm), mais pauvre en K₂O (1,87 m eq / 100g de terre).

PREMIERE ANNEE D'EXPERIMENTATION : 2006 / 2007

Nous avons réalisé deux essais :

- Un essai de comportement variétal.

Un essai d'hybridation.

Essai de comportement variétal

L'objectif de cet essai est de faire une étude comparative des caractéristiques phénologiques, morphologiques et de production de six variétés de blé dur.

Essai d'hybridation

L'objectif de cet essai est de produire de semences hybrides F₁ par la réalisation de croisements diallèles entre les différentes variétés.

I- Matériel végétal

Notre étude a portée sur six génotypes (parents) de blé dur (*Triticum durum*) qui sont Siméto, Ardente, Carioca, Latino, GTA dur, Chen's.

Variétés	Siméto	Ardente	Carioca	Latmo	GTA dur	Chen's
Caractères						
Origine	Introduite d'Italie	Introduite de France	SERASEM- France	-----	CIMMYT (Mexique)	CIMMYT (Mexique)
Caractères morphologiques	Compacité de l'épi : demi-lâche Couleur de l'épi : Blanc hauteur de la plante à la maturité : 90-100cm.	Compacité de l'épi : compact Couleur de l'épi : blanc hauteur de la plante à la maturité : 90-100cm	Compacité de l'épi : compact Couleur de l'épi : blanc hauteur de la plante à la maturité : 65-75 cm	Compacité de l'épi : compact Couleur de l'épi : blanc hauteur de la plante à la maturité : 80- 90 cm	Compacité de l'épi : compact Couleur de l'épi : blanc hauteur de la plante à la maturité : 80- 90 cm	Compacité de l'épi : compact Couleur de l'épi : blanc à roux pâle hauteur de la plante à la maturité : 65 à 75cm
Caractéristiques culturales	Cycle végétatif : semi- précoce tallage : fort	Cycle végétatif : précoce à très précoce tallage : moyen	Cycle végétatif : précoce tallage : faible	Cycle végétatif : précoce tallage : moyen	Cycle végétatif : précoce tallage : fort	Cycle végétatif : précoce tallage : moyen à fort
Tolérances aux maladies et aux différentes conditions climatiques	Rouille brune : sensible Oïdium : résistante Septoriose : sensible Fusariose : sensible Froid : résistante Sécheresse : résistante Verse : moyennement résistante	Rouille brune : très tolérante Oïdium : peu sensible Septoriose : assez sensible Fusariose : assez sensible Froid : sensible Sécheresse : tolérante Verse : sensible	Rouille brune : sensible à assez sensible Oïdium : sensible Septoriose : sensible Fusariose : assez sensible Froid : moyennement résistant Sécheresse : moyennement tolérante Verse : bonne résistance	Rouille brune : sensible Oïdium : / Septoriose : sensible Fusariose : assez sensible Froid : résistante Sécheresse : résistante Verse : moyennement résistante	Rouille brune : moyennement résistante Oïdium : résistante Septoriose : résistante Fusariose : résistante Froid : résistante Sécheresse : résistante Verse : moyennement résistante	Rouille brune : moyennement sensible Oïdium : moyennement sensible Septoriose : sensible Fusariose : sensible Froid : tolérante Sécheresse : moyennement tolérante Verse : résistante
Caractères technologiques	Qualité semoulière : très bonne PMG : 48g Mitadimage et moucheture : bonne résistance	Qualité semoulière : PMG : Mitadimage : résistante Moucheture : résistance moyenne	Qualité semoulière : bonne PMG : Mitadimage : peu sensible Moucheture : peu sensible	Qualité semoulière : PMG : 35- 40g Mitadimage : résistante Moucheture : résistance moyenne	Qualité semoulière : PMG : 45g Mitadimage : moyennement résistante Moucheture : résistante	Qualité semoulière : PMG : 35 à 45g Mitadimage : moyennement résistante Moucheture : résistante

Tableau 8 : Caractéristiques des différentes variétés

Source : ITGC ; 2006

II-Hybridation

En vue de produire des semences F₁, nous avons réalisé des croisements entre les six variétés fixées pour obtenir des hybrides. Les croisements effectués sont les suivants.

Femelle \ Male	Siméto	Carioca	Latino	GTA dur	Ardente	Chen's
Siméto	—	Sim / Car	Sim / La	Sim / GTA	Sim / Ar	Sim / Ch
Carioca	Car / Sim	—	Car / La	Car / GTA	Car / Ar	Car / Ch
Latino	La / Sim	La / Car	—	La / GTA	La / Ar	La / Ch
GTA dur	GTA / Sim	GTA / Car	GTA / La	—	GTA / Ar	GTA / Ch
Ardente	Ar / Sim	Ar / Car	Ar / La	Ar / GTA	—	Ar / Ch
Chen's	Ch / Sim	Ch / Car	Ch / La	Ch / GTA	Ch / Ar	—

Tableau 9 : Croisements diallèles.

III-Dispositif expérimental

1^{er} essai :

Nous avons échelonné cinq dates de semis avec un écart de 10 jours, pour faire coïncider le stade floraison des différentes variétés.

- La première date de semis est faite le : 03-12-2006.
- La deuxième date de semis est faite le : 18-12-2006.
- La troisième date de semis est faite le : 03-01-2007.
- La quatrième date de semis est faite le : 13-01-2007.
- La cinquième date de semis est faite le : 23-01-2007.

Nous avons cinq blocs, comprenant chacun six variétés, chaque variété est semée sur une ligne de 2 m.

Le dispositif expérimental comprend:

- Longueur du bloc : 3 m.
- Largeur du bloc : 2 m.
- Ecartement entre les blocs : 1 m.
- Ecartement entre les lignes : 0,5 m
- Nombre de lignes : 6
- Surface du bloc : 6 m².

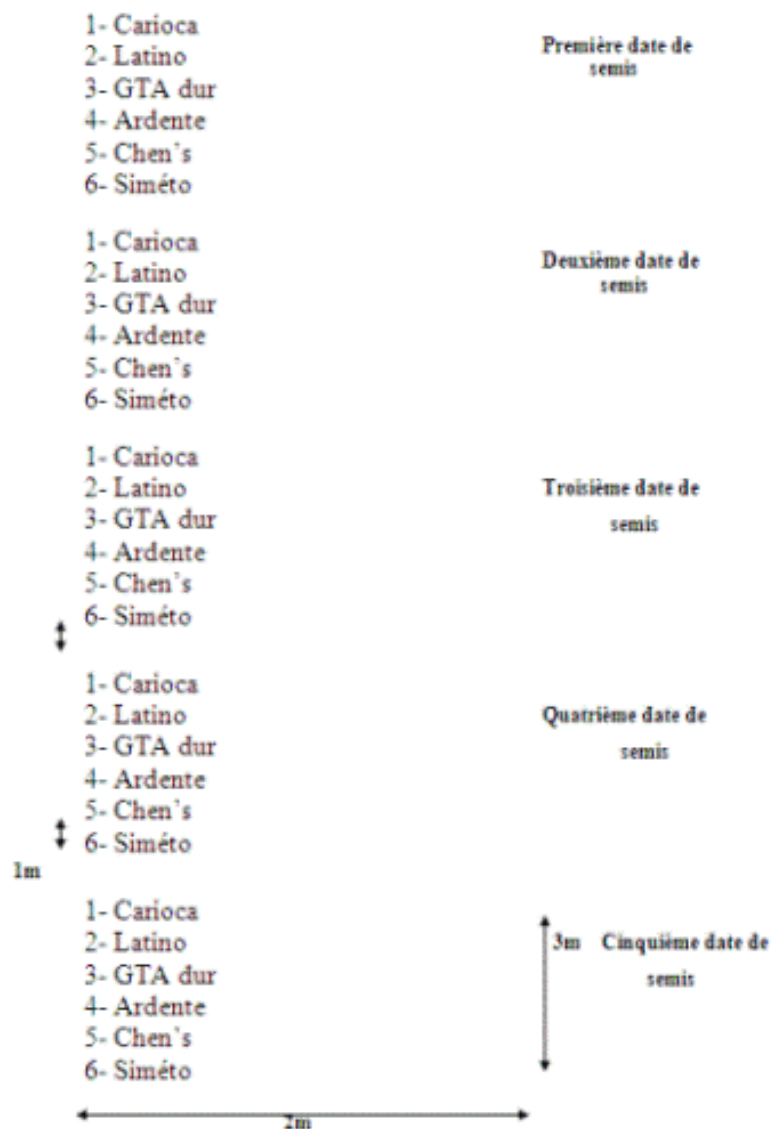


Fig 5 : Schéma du dispositif expérimental de l'essai utilisé pour les croisements

2^{eme} essai

Pour étudier le comportement des six variétés déjà citées, nous avons utilisé un dispositif en bloc aléatoire complet, avec trois répétitions.

Le semis a été réalisé le 10-01- 2007.

Chaque bloc est divisé en six parcelles élémentaires correspondants aux six variétés et chaque parcelle comprend une ligne de 2 m de long.

- Longueur du bloc : 3 m.
- Largeur du bloc : 2 m.
- Ecartement entre les lignes : 0,5 m.
- Nombre de lignes par bloc : 6.
- Ecartement entre blocs : 1 m.

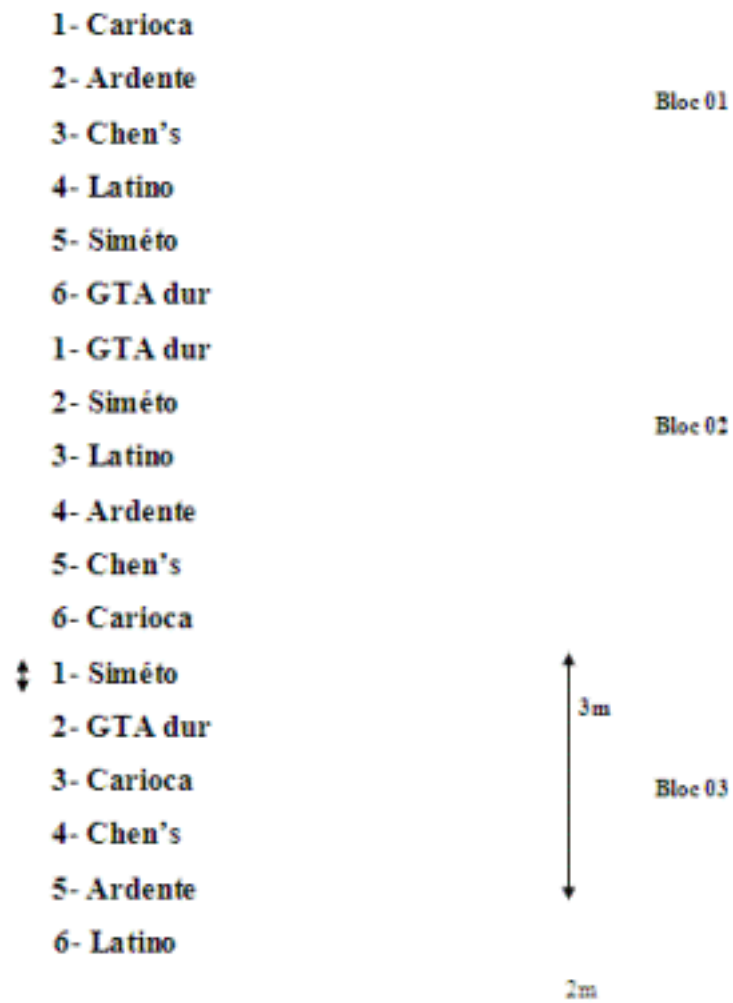


Fig 6 : Shéma du dispositif expérimental de l'essai comparatif des variétés parentales

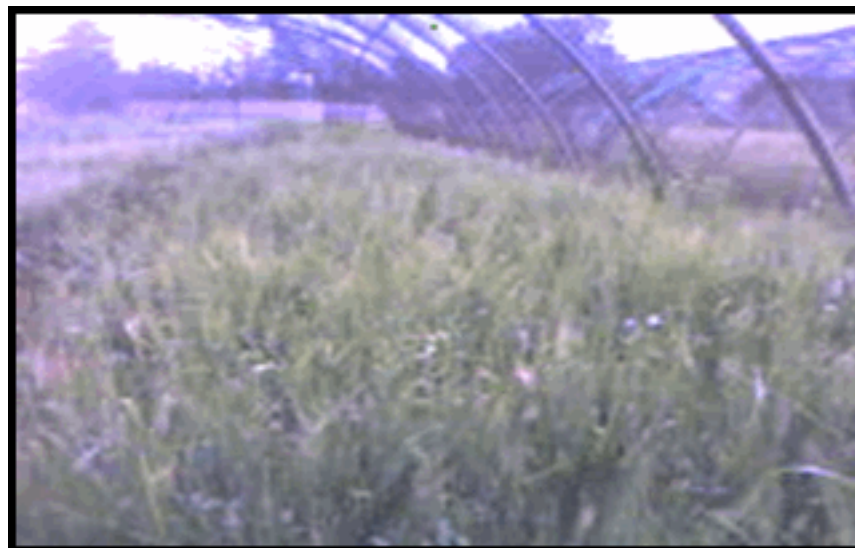


Photo 1 : Vue générale de l'essai comparatif des variétés parentales.

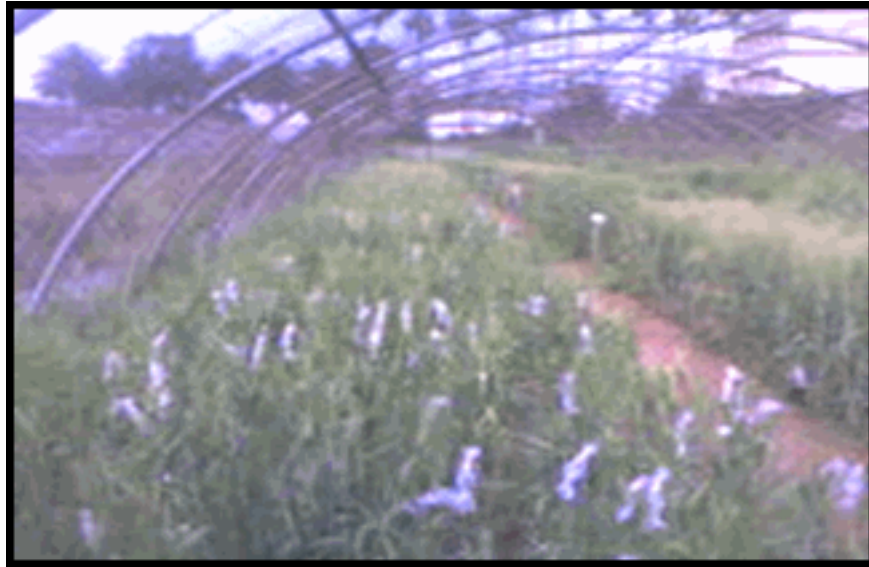


Photo 2 : Vue générale de l'essai utilisé pour les croisements.

IV-Conduite de l'essai

IV-1 précédent cultural

Le précédent cultural est une culture de blé.

IV-2 Préparation du sol

- **Le labour** a été effectué le 04-11-2006 à l'aide d'une charrue à soc, à une profondeur allant de 25 à 35 cm.

- **Les façons superficielles** ont été réalisées le 25-11-2006 ; une série de passages d'outils à disques et à dents ont été effectués dans le but d'ameublir le sol.

IV-3 Semis

Nous avons réalisé un semis manuel en prenant compte des recommandations suivantes :

- Répartir les grains de manière régulière selon des lignes parallèles.
- Utiliser une profondeur de semis régulière.

IV-4 Fertilisation

IV-4-1 Fertilisation potassique et phosphatée

La fumure de fond a été apportée au moment de la préparation du lit de semence, le 10-01-2007, l'engrais utilisé est le **super 46** à raison de 2q / ha.

Une fertilisation foliaire avec **Agriphos** à raison de 2,5 l / ha a été apportée le 15-03-2007 et le 25-03-2007.

Le 16-04-2007, pulvérisation d'**Agripotash** à une dose de 2,5 l / ha.

IV-4-2 La fertilisation azotée

Les produits utilisés sont le **Safe N** et l'**Urée**.

Les périodes d'application des engrais sont déterminées par le stade de développement de la culture.

IV-4-3 Caractéristiques des produits utilisés

- Agriphos

C'est un engrais phosphaté liquide de composition : 43 % P₂O₅ , 2,0 % Zn, 1,5 % Cu, 0,5 % Fe.

Agriphos est de couleur verte, se dilue facilement dans l'eau, à pH faible. Son apport en début de végétation donne une réponse immédiate et favorise une bonne installation de la culture.

- Agripotash

C'est une solution liquide à base de potassium (33% = 500 g / l de K₂O). Il est utilisé pour le traitement foliaire de la carence en potassium et l'amélioration de la qualité des productions.

- Safe N

C'est un engrais foliaire azoté à libération lente en solution dont la composition est la suivante :

- Urée poly méthylène à 63,7 %.
- Diurée méthylène à 5,2%.
- Urée monométhylol à 1,3%.
- Biuret à 0,1%.
- Urée à 29,7%.
- L'urée

C'est un corps du groupe des amides, qui dose 4,6 % d'azote uréique. L'urée est conditionnée en petites perles de un à deux mm, d'où le nom de perlurée donné à cet engrais.

Sous l'action d'une diastase particulière, l'uréase secrétée par certaines bactéries, l'urée s'hydrolyse dans le sol et passe à l'état d'azote ammoniacal qui nitrifie à son tour (Gros., 1979).

IV-5 Traitements phytosanitaires

Des traitements préventifs et curatifs ont été réalisés. Les produits utilisés sont donnés dans le tableau 10.

Tableau 10 : Les produits phytosanitaires utilisées

Date	Produits	Matière active	Dose	utilisation
25-04-2007	Pychlorex 48	Chlorpyriphos-Ethyl	480g / l.	Insecticide
02-05-2007	Punch		250g / l	Fongicide

IV-6 Déserbage

Les mauvaises herbes sont éliminées manuellement au fur et à mesure de leur apparition.

IV-7 Irrigation

L'irrigation a été faite grâce à un système d'aspersion installé dans notre parcelle. La dose d'irrigation est de 2 mm / heure pendant 3 heures. L'irrigation est effectuée en fonction de l'humidité du sol.

IV-8 Récolte

La récolte est effectuée le 12-06-2007, elle est faite manuellement en fonction de la maturité de la plante qui se caractérise par :

- Un jaunissement généralisé de la végétation.
- Une casse facile des grains.

V-Techniques expérimentales utilisées

1 er essai

Nous avons effectué les mesures sur trois placettes prises au hasard dans chaque parcelle élémentaire sur lesquelles nous avons déterminé (par comptages, mesures et pesées) les paramètres à étudier.

Dates de réalisation des stades de développement

Tableau 11: Dates de réalisation des stades de développement du blé sur notre champ expérimental.

Dénomination des stades repères	Dates de réalisation des stades
Semis	10/01/2007
Levée	07/02/2007
Stade 2 à 3 feuilles	17/02/2007
Début tallage	10/03/2007
Plein tallage	25/03/2007
Fin tallage	02/04/2007
Stade épi 1 cm	05/04/2007
Stade 1 à 2 nœuds	11/04/2007
Stade méiose pollinique	19/04/2007
Epiaison	28/04/2007
Floraison	09/05/2007
La formation du grain Grain formé Grain laiteux Grain pâteux Grain jaune	15/05/2007 22/05/2007 28/05/2007 10/06/2007
Récolte (grain mûr).	12/06/2007

2 eme essai

V-1 Technique d'hybridation

Les semis échelonnés nous ont permis d'avoir à notre disposition des épis du blé sur une large période, depuis la mi- mars jusqu'à la fin avril 2007.

La technique d'hybridation consiste à croiser les six variétés entre elle chacune d'elle est considérée tantôt comme parent mâle tantôt comme parent femelle.

Pour réaliser cette technique nous avons procédé à la castration de la variété choisie comme parent femelle ensuite elle est polinisée par le pollen du parent mâle.

V-1-1 Castration

La castration est effectuée selon les étapes suivantes :

- Elimination du tier supérieur des épillets.
- Supprimer les épillets de la base et du sommet puis les fleurs du milieu avec une pince.
- Ouvrir la fleur par écartement des glumes et glumelles pour ôter toutes les étamines avec la pince sans endommager le stigmate.

L'épi castré est aussitôt couvert avec un sachet.

V-1-2 Pollinisation

Deux à trois jours après la castration on a placé avec l'épi castré, 3 épis de la variété choisie comme mâle à l'intérieur du sachet. Afin d'éviter le dessèchement des épis mâles avant leur utilisation , ces derniers sont mis dans un flacon rempli d'eau.



Photo 3 : Elimination du tier supérieur des glumelles



Photo 4 : Elimination des étamines



Photo 5 : *Un épi castré (parent femelle)*



Photo 6 : *La collecte des étamines sur l'épi « parent mâle »*



Photo 7 : *La pollinisation de l'épi « parent femelle »*



Photo 8 : Ensachage et étiquetage de l'épi pollinisé

VI- Etude des caractères phénologiques

Deux caractères ont été notés ; la précocité à l'épiaison et à la floraison. Pour cela, nous calculons le nombre de jours entre le semis et la date de réalisation du stade.

VII- Etude des caractères morphologiques

VII-1 Hauteur de la tige (HT)

La hauteur de la tige est mesurée en centimètre de la base de la tige à la base de l'épi.

VII-2 Longueur du col (LC)

Ce caractère est mesuré en centimètre à partir du dernier nœud jusqu'à la base du rachis.

VII-3 Longueur de l'épi (LE)

Elle est mesurée en centimètre de la base de l'épi à l'extrémité du dernier épillet sans les barbes.

VII-4 Longueur des barbes (LB)

La longueur de la barbe est exprimée en centimètre de l'extrémité du dernier épillet vers l'extrémité des barbes.

VIII- Etude des caractères de production

VIII-1 Nombre de plantes par mètre linéaire (Np / m)

Nous avons comptabilisé le nombre de plantes par mètre linéaire pour chaque parcelle (ligne) et au niveau de chaque bloc.

VIII-2 Nombre d'épis par mètre linéaire (Nép / m)

Nous avons compté le nombre d'épis par mètre linéaire pour chaque parcelle élémentaires et au niveau de chaque bloc.

VIII-3 Nombre d'épillets fertiles et stériles par épi

Pour chaque épi, nous comptons le nombre d'épillets fertiles et stériles.

VIII-4 Nombre de grains par épi (NG / épi)

Le nombre d'épillets fertiles sur chaque épi récolté est compté.

VIII-5 Poids de grains par épi (PG / épi)

Les épillets ont été dégrainés et les grains ont été pesés.

VIII-6 Poids total de la biomasse aérienne (PB)

Après la récolte, nous avons pesé le poids total de la biomasse récoltée au niveau de chaque parcelle élémentaire de chacun des blocs.

VIII-7 Rendement en paille par mètre linéaire (RPAI/ m)

Le poids de la paille est réalisé au niveau de chaque parcelle élémentaire de chacun des blocs. Nous avons soustrait le poids des épis du poids total :

$$\text{Rendement en paille} = \text{poids biomasse total} - \text{poids total des épis.}$$

VIII-8 Poids de mille grains (PMG)

Nous avons pesé mille grains issus des plantes de chacune des parcelles élémentaires.

VIII-9 Rendement en grain estimé (Rend. E)

Ce rendement est calculé par la formule suivante :

$$\text{Ren} = (\text{Nb d'épis} / \text{mètre linéaire}) \times (\text{Nb de grains} / \text{épi}) \times (\text{PMG} / 1000).$$

VIII-10 Rendement en grain réel (Rend R)

L'ensemble des grains de chacune des parcelles élémentaires est pesé séparément.

VIII-11 Indice de récolte (Ind R)

Cet indice est obtenu par le rapport du poids des épis sur le poids total suivant cette formule :

$$\text{Indice de récolte} = \text{Poids des grains} / \text{Poids total.}$$

DEUXIEME ANNEE DE L'EXPERIMENTATION 2007-2008

L'expérimentation mise en place en 2007 / 2008 est constituée de l'ensemble des variétés testées la première année avec les 30 hybrides issus des croisements entre ces variétés.

L'objectif de cet essai est l'évaluation des performances agronomiques de ces génotypes puis faire une comparaison entre elles afin de tirer la ou les combinaisons les plus intéressantes.

I- Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est « *Triticum durum* » composé de

Six variétés fixes qui sont Siméto, Ardente, Carioca, Latino, GTA dur, Chen's.

30 hybrides

Siméto/Latino, Siméto/Carioca, Siméto/GTA dur, Siméto/Ardente, Siméto/Chen's, Carioca/Siméto, Carioca/Latino, Carioca/GTA dur, Carioca/Ardente, Carioca/Chen's, Latino/Siméto, Latino/Carioca, Latino/GTA dur, Latino/Ardente, Latino/Chen's,

GTA dur/Siméto, GTA dur/Carioca, GTA dur/Latino, GTA dur/Ardente, GTA dur/Chen's, Ardente/Siméto, Ardente/Carioca, Ardente/Latino, Ardente/GTA dur, Ardente/Chen's, Chen's/Siméto, Chen's/Carioca, Chen's/GTA dur, Chen's/Ardente, Chen's/Latino.

II Dispositif expérimental

L'essai a été mené selon un dispositif en bloc aléatoire complet (B.A.C), qui comporte un facteur étudié : le génotype, et un facteur contrôlé, le bloc à 3 répétitions.

Le dispositif expérimental comprend

- Longueur du bloc : 7,20 m
- Largeur du bloc : 2 m
- Ecartement entre les blocs : 1 m
- Ecartement entre les lignes : 0,20 m
- Nombre de ligne : 36
- Surface du bloc : 14,4 m²



Figure 7: Schéma du dispositif expérimental

III Conduite de l'essai

Le précédent cultural est le blé.

Un labour avec une charrue à soc est suivi de deux passages de cover crop, L'épandage de l'engrais phosphaté à raison de 100 kg par hectare a été réalisé après le labour.

Le semis à été réalisé le 02/ 01/ 2008.

Le désherbage à été réalisé manuellement et l'engrais azoté apporté au cours du stade tallage à raison de 120 kg / ha de sulfate d'ammonium.

La récolte à été faite le 10 juin 2008.

IV Notations

Les mêmes notations que celle faites au cours de la campagne précédente ont été réalisées au cours de la seconde campagne d'étude.

V- Analyse statistique

Le traitement statistique des données est réalisé à l'aide du logiciel STAT-ITCF pour l'analyse de la variance.

Pour les résultats des deux années concernant les parents, une analyse de variance avec deux facteurs étudiés (génotypes x année) dans un dispositif en bloc est menée pour détecter l'interaction génotype x année (GxE).

Lorsque l'interaction GxE est significative, pour un caractère donné, l'étude génétique est menée sur les résultats des deux années séparément. En absence d'interaction GxE, l'étude génétique est menée sur la moyenne pondérée des deux années. L'étude génétique est menée pour un caractère lorsque l'analyse de variance indique un effet génotype significatif.

VI Analyse génétique

VI-1 Analyse diallèle de Griffing (1956)

Le modèle utilisé dans l'analyse diallèle Griffing est le modèle 1 où les effets variétés et blocs sont considérés comme des variables fixes. Le diallèle comprend que les hybrides F₁ (méthode 4 de Griffing, 1956).

Le modèle II où l'effet variété est considéré comme une variable aléatoire a été utilisé pour le calcul de l'héritabilité.

Sources de variation	ddl	SCE	CM	Espérances des CM	
				Modèle I (fixe)	Modèle II (aléatoire)
AGC	p-1	Sg	Mg	$\sigma^2 + (p-2)\left(\frac{1}{p-1}\right)\sum_i g_i^2$	$\sigma^2 + \sigma_i^2 + (p-2)\sigma_i^2$
ASC	p(p-3)/2	Ss	Ms	$\sigma^2 + \left(\frac{2}{p(p-3)}\right)\sum_{i < j} S_{ij}^2$	$\sigma^2 + \sigma_i^2$
Erreur (σ^2/b)	m	Se	M'e	σ^2	σ^2

Tableau 12 : Analyse de la variance des aptitudes générale et spécifique à la combinaison (méthode 4 modèle fixe = I et modèle aléatoire = II)

$$Sg = \frac{1}{p-2} \sum_i Y_{i+}^2 - \frac{4}{p(p-2)} Y_{++}^2$$

$$Ss = \sum_i \sum_{j < i} Y_{ij}^2 - \frac{1}{p-2} \sum_i Y_{i+}^2 + \frac{2}{(p-1)(p-2)} Y_{++}^2$$

Cas du modèle I (fixe)

Composante d'additivité

$$\left(\frac{1}{p-1}\right) \sum_i g_i^2 - \frac{1}{s-1} \left(\frac{Mg - M'e}{p-2}\right) - \frac{1}{3} \left(\frac{Mg - M'e}{4}\right) \quad (A)$$

Composante de dominance

$$\left(\frac{2}{p(p-3)}\right) \sum_{i < j} S_{ij}^2 - \left(\frac{2}{s(s-3)}\right) Mg - M'e - \frac{1}{s} (Mg - M'e) \quad (B)$$

$$\left(\frac{2AGC}{ASC}\right) - \left(\frac{2A}{B}\right)$$

Cas du modèle II (aléatoire); calcul d'héritabilités

$$\sigma_s^2 = \sigma^2 \text{ de dominance} = CMs - CMe$$

$$\sigma_g^2 = \frac{CMg - CMs}{(p-2)}$$

$$\sigma_A^2 = 2\sigma_g^2$$

$$h^2 = \frac{2\sigma_g^2}{2\sigma_g^2 + \sigma_s^2 + \frac{\sigma_e^2}{b}} \text{ au sens étroit}$$

$$H^2 = \frac{2\sigma_g^2 + \sigma_s^2}{2\sigma_g^2 + \sigma_s^2 + \frac{\sigma_e^2}{b}} \quad \Leftrightarrow \quad b = \text{nombre de blocs}$$

VI-2 Hétérosis

L'hétérosis par rapport au parent moyen (HM) est calculé comme suit :

$$HM = ((F_1 - P) / P) \times 100 \text{ avec } F_1 = \text{Valeur de l'hybride.}$$

P = Moyenne des 2 parents mis en jeu.

L'hétérosis par rapport au meilleur parent (HS) est estimé selon la formule suivante :

$$HS = ((F_1 - P_s) / P_s) \times 100 \text{ avec : } P_s = \text{Parent qui a la plus grande valeur.}$$

L'hétérosis par rapport à la meilleure variété = Hétérosis économique ou Standard (HE)

$$HE = ((F_1 - P_e) / P_e) \times 100 \text{ avec : } P_e = \text{Variété qui a la plus grande valeur.}$$

L'hétérosis global

$$HG = ((mF_1 - P_g) / P_g) \times 100 \text{ avec } P_g = \text{moyenne de toutes les variétés.}$$

mF₁ = moyenne de toutes les F₁.

VI-3 Analyse diallèle de Hayman

Le calcul des variances (V_r) et des covariances (W_r) permet de tracer des graphes (paraboles et droites de régression) à partir desquels une interprétation génétique (dominance, transgression...) est faite.

VI-4 Corrélations génotypiques et environnementales

- **Corrélation génotypique (x,y)** = $PMEG(x,y) / \sqrt{CMEG(x) \cdot CMEG(y)}$
Où : $PMEG(x,y)$ = Produit moyen des écarts génotypiques
 $CMEG(x)$ = Carré moyen des écarts génotypiques.
 x et y = caractères étudiés
- **Corrélation environnementale (x,y)** = $PMER(x,y) / \sqrt{CMER(x) \cdot CMER(y)}$
Où : $PMER(x,y)$ = Produit moyen des écarts résiduels
 $CMER(x)$ = Carré moyen des écarts résiduels

Résultats et discussions

I- Etude des caractéristiques des variétés et de leur stabilité (essai 2006/2007 et 2007/2008)

I-1 Rendement en grain, en paille et indice de récolte

La densité réelle a été variable pour les deux essais, cette variation de densité a entraîné une variation pour le nombre d'épis qui conditionne le rendement en paille et le rendement en grain (tableau 2 ; annexe 2).

L'analyse de la variance effectuée sur l'ensemble des génotypes (tableau 13 p 57) montre qu'il existe un effet génotype très hautement significatif pour le rendement en grain, en paille et l'indice de récolte. Cette analyse de variance met également en évidence un effet année très hautement significatif pour l'ensemble des caractères, l'interaction génotype x année est non significative ceci montre que les génotypes sélectionnées sont stables pour les caractéristiques indiquées d'une année à une autre, et par conséquent les résultats sont traités sur la base de la moyenne des deux années. En effet le travail du sélectionneur est plus facile lorsque le classement des génotypes pour un caractère donnée ne change pas d'un milieu à l'autre.

Les coefficients de variation sont acceptables pour la majorité des caractères, ils varient de 4,9 % pour le rendement en paille à 8,5 % pour le rendement en grain réel.

- Le rendement en grain réel : Le rendement moyen de l'ensemble des variétés est fortement diminué lorsque l'on passe de l'année 1 (26,42 g/m linéaire) à l'année 2 (11,93 g/m linéaire) (tableau 2 ; annexe 2) ; et ceci est dû à la variation de la densité.

Le rendement le plus élevé est obtenu par la variété Ardente avec une moyenne de 22,95 g/m linéaire suivi par la variété Chen's avec une moyenne de 22,79 g/m linéaire (tableau 13, figure 8). Le rendement le plus faible est observé chez la variété Siméto avec une moyenne de 13,03 g/m linéaire.

Il semble que les rendements ont été pénalisés par la sensibilité des variétés à la verse et aux maladies cryptogamiques (rouille, oïdium) observés durant le cycle.

Mekhlouf (1998) trouve qu'en zone semi-aride d'altitude, le rendement en grain est fortement corrélé avec la biomasse aérienne, le nombre d'épis et le nombre de grains par épi. La variation du rendement sous l'effet du milieu peut s'expliquer en grande partie par le fait que la compensation entre différentes composantes n'est pas totale (Triboi, 1987)

Etude comparative de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) et analyse diallèle de leurs hybrides F1

Caractères	Rendement en grain réel	Rendement en grain estimé	Rendement en paille	Indice de récolte
Variétés				
Siméto	13,03 d	38,12 a	235,59 ab	0,39 b
Carioca	19,97 b	35,69 a	213,20 bc	0,45 ab
Ardente	22,95 a	35,11 a	214,4 bc	0,61 a
Latino	17,54 c	29,4 b	267,05 a	0,55 ab
GTA dur	18,79 c	40,57 a	226,28 ab	0,55 ab
Chen's	22,79 a	39,9 a	209,11 c	0,56 ab
Moyenne 2006/2007	26,42	58,43	267,81	0,53
Moyenne 2007/2008	11,93	14,5	187,4	0,50
Moyenne générale	19,17	36,46	227,61	0,51
CV %	8,5	7,9	4,9	5,4
Effet génotype	***	***	***	***
Effet année	***	***	***	***
Effet interaction	NS	NS	NS	NS

Tableau 13 : Effet de l'année sur le rendement en grain / m linéaire, rendement en paille / m linéaire et indice de récolte.

- Le rendement en grain estimé : La valeur la plus élevée pour ce caractère est obtenue par la variété GTA dur avec une moyenne de 40,57 g / m linéaire suivi par la variété Chen's avec une moyenne de 39,9 g / m alors que la plus faible valeur caractérise la variété Latino avec 29,4 g/m linéaire (tableau 13, figure 8).

- Le rendement en paille par mètre linéaire le plus élevé est observé chez la variété Latino avec une moyenne de 267,05 g, alors que le poids le plus faible est observé chez la variété Carioca avec une moyenne de 213,2 g.

- L'indice de récolte. Les moyennes relatives à ce caractère sont données dans le tableau 13 et illustrées par la figure 8. Les valeurs les plus importantes sont obtenus par Ardente (0,61), Chen's (0,56) et la plus faible valeur d'indice de récolte est enregistrée par Siméto (0,39). Selon Bouzerzour et Djekoune (1996), l'indice de récolte indique le degré de reconversion d'une partie de la biomasse aérienne produite en grain.

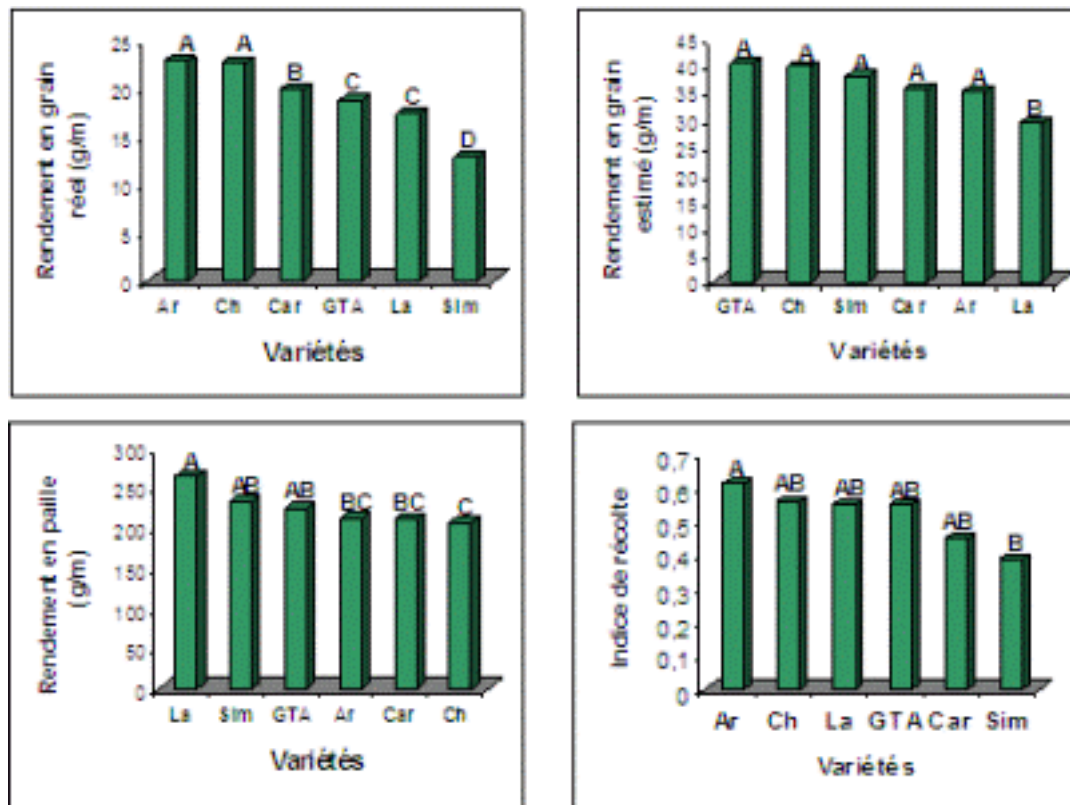


Figure 8 : Rendement en grain, en paille et indice de récolte (Sim : Siméto ; La : Latino ; Car : Carioca ; Ar : Ardente ; GTA : GTA dur ; Ch : Chen's).

I-2 Composantes du rendement en grain

L'analyse de la variance met en évidence un effet génotypique significatif à très hautement significatif pour l'ensemble des caractères mesurés excepté pour le nombre d'épillets stériles par épi. L'effet année est très hautement significatif pour tous les caractères. L'interaction variété x année est non significative pour tous les caractères à l'exception du nombre d'épillets stériles et la biomasse mesurés à maturité. Les coefficients de variation de l'erreur variant de 2,1 % (nombre d'épillets fertiles par épi) à 8,2 % (nombre d'épillets stériles par épi de la deuxième année) montre ainsi une homogénéité de l'essai (tableau 14).

- Le nombre d'épis par mètre linéaire le plus élevé correspond à la variété Chen's avec une moyenne de 147,61 épis / m, alors que la plus faible valeur est observée chez la variété Carioca avec une moyenne de 133,22 épis / m.

Le nombre d'épis par mètre carré est la composante du rendement la plus étroitement liée au rendement (Bouzerzour *et al.*, 2000).

La comparaison des génotypes pour le nombre d'épis / m linéaire et le nombre de plantes / m (tableau 2 ; annexe 2) montre qu'il y a compensation entre les différentes composantes, c'est ainsi que la variété Siméto avec un nombre moyen de plantes le plus faible possède un nombre d'épis / m linéaire le plus élevé. Selon Bouzerzour et Monneveux (1993), le nombre d'épis / m² varie plus en fonction des années et des lieux qu'en fonction des variétés pour une même année.

Etude comparative de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) et analyse diallèle de leurs hybrides F1

- Le nombre d'épillets par épi. La variété Latino se détache des autres variétés par la valeur la plus élevée soit 21,22 épillets / épi, tandis que le nombre le plus faible est obtenu par la variété Siméto soit 20,16 épillets / épi.

Hasle et Weir (1974), cité par Belaid (1986) constatent que le nombre total d'épillets par épi est surtout fonction de la somme des températures entre le stade début tallage et la montaison, et de la durée du jour (photopériode).

Caractères Variétés	Nombre d'épis / m linéaire	Nombre totale d'épillets/ épi	Nombre d'épillets fertiles	Nombre d'épillets stériles		Nombre de grains	Poids de mille grains	Poids de la biomasse aérienne	
				Année 1	Année 2			Année 1	Année 2
Siméto	143,61 a	20,16 b	19,88 ab	0,55	0	50,89 a	48,71 b	444,78 b	414,69 a
Carioca	133,22 ab	20,55 ab	19,72 ab	0,67	1	46,28 ab	54,22 a	447,56 b	324,28 b
Ardente	134,16 ab	20,45 ab	19,5 b	0,89	1	45,89 ab	55,44 a	388,45 b	393,35 ab
Latino	136,88 b	21,22 a	20,33 a	0,78	1	43,83 b	50,98 b	620,89 a	365,4 ab
GTA dur	137,5 a	20,72 ab	19,5 b	0,89	1,56	50,33 a	54,73 a	609,22 a	382,07 ab
Chen's	147,61 a	20,55 ab	20,05 ab	0,22	0,78	46,44 ab	56,3 a	593,89 a	396,24 ab
Moyenne 2006/2007	215,22	20,56	19,89	0,67		52,48	51,68	517,46	
Moyenne 2007/2008	62,44	20,66a	19,77	0,89		42,07	55,11	379,33	
Moyenne générale	138,83	20,61	19,83	0,78		47,27	53,39	488,39	
CV %	5,15	3	2,1	4,8	8,2	4,15	3,65	6,8	3,2
Effet génotype	***	**	***	NS		*	***	***	
Effet année	***	***	***	***		***	***	***	
Effet									

Tableau 14 : Effet de l'année sur les composantes du rendement

Plus le tallage sera long, plus l'épi sera long avec un nombre d'épillets élevé (Couvreur et Masse, 1983 ; Kayyal, 1973).

Gate (1995) rajoute que la nutrition azotée a peu d'effet sur l'élaboration du nombre total d'épillets dont le déterminisme est avant tout climatique.

La fertilité moyenne de l'épi passe de 20,53 (Latino) à 19,5 (Ardente et GTA dur) (tableau 14 p 61).

Mekliche (1983) a noté qu'en année pluvieuse, l'azote tend à diminuer la stérilité des épis. Et selon Belaid (1986), la mauvaise alimentation hydrique et le manque de phosphore sont les principales causes de la stérilité des épillets.

- Le nombre de grains par épi pour chaque variété est présenté dans le tableau 14 et illustré par la figure 9. Le nombre moyen de grains par épi le plus élevé est observé chez la variété Siméto avec une moyenne de 50,89 grains / épi alors que la variété Latino présente la plus faible valeur soit 43,83 grains / épi.

Bouzerzour et Benmahamed (1995) constatent que le nombre de grains par épi varie en fonction des variétés et des dates de semis.

Jonard (1964) note que la variation du nombre de grains par épi est surtout due aux conditions d'alimentation minérale. Et selon Grignac (1981), les valeurs optimales de ce paramètre qui permettent l'obtention des rendements les plus élevés, en zones méditerranéennes et en absence de déficit hydrique, oscillent entre 38 et 51 grains par épi.

Gate (1995), souligne qu'une carence en azote aux alentours de la fécondation réduit le nombre de grains par épi en augmentant le nombre de fleurs avortées.

- Le poids de mille grains est compris entre 48,71 g (Siméto) et 56,3 g (Chen's).

Le poids de mille grains est sous l'effet des composantes suivantes ; matière fraîche, matière sèche, eau et matière protéique qui diminuent sous l'effet de l'élévation de la température (Rousset, 1978). Selon Grignac (1981), le poids de 1000 grains diminue considérablement sous l'effet des fortes températures et d'un déficit hydrique au moment du remplissage du grain.

D'après Jonard (1951 *in* Bendjama, 1977), le poids de 1000 grains est peu influencé par les densités de semis.

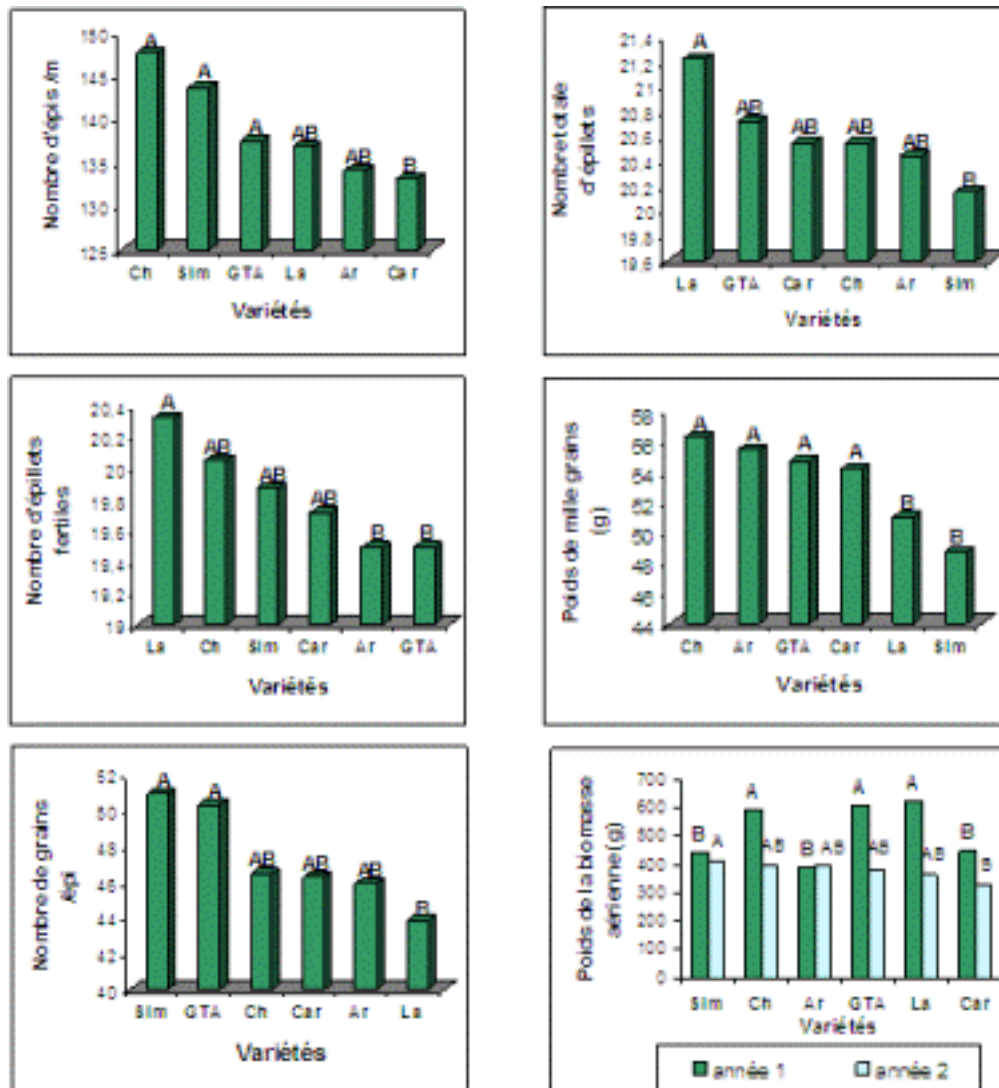


Figure 9 : Les composantes du rendement (Sim : Siméto ; La : Latino ; Car : Carioca ; Ar : Ardente ; GTA : GTA dur ; Ch : Chen's)

- La valeur moyenne de la biomasse passe de 517,46 g/m en première année à 379,33 g/m en deuxième année (tableau 14 p 61). En 1^{ère} année, elle varie de 620,89 g/m (Latino)

à 388,45 g/m (Ardente). Dans la 2^{ème} année, la biomasse varie de 324,28 g/m (Carioca) à 414,69 g/m (Siméto). La chute moyenne de la biomasse aérienne est de 26,69 %.

Selon Austin *et al* (1980 *in* Mekliche et Sehabi, 2001), la capacité d'un génotype à produire une forte biomasse est indicatrice d'une meilleure adaptation au milieu de production.

Certains auteurs tels que Bouzerzour et Oudina (1989), Bouzerzour *et al.*, (1996), Bouzerzour *et al.*, (2000) et Mekhlouf et Bouzerzour (2000) affirment qu'il faut assurer une production de biomasse aérienne suffisante pour garantir un rendement en grain considérable grâce à une redistribution optimale des ressources.

En effet, une interaction génotype x année significative a été observée pour les caractéristiques nombre d'épillets stériles et poids de la biomasse ce qui montre que les génotypes sélectionnés ne sont pas stables pour ces caractéristiques d'une année à une autre. Ceci est très important parce que le recours à la sélection sur la base des caractères autres que le rendement en grain est testé sous l'hypothèse que ces derniers sont moins soumis à la variation environnementale comparativement au rendement en grain.

I-3 Caractères phénologiques

Les résultats de l'analyse de la variance consignés dans le tableau 15 révèlent l'existence d'un effet variété et d'un effet année très hautement significatif pour l'ensemble des caractères phénologiques. Et d'une interaction variété x année non significative à l'exception de la durée épiaison-floraison. Les coefficients de variation sont faibles (2,5 % pour la date de floraison à 4,2 % pour la durée épiaison- floraison de la première année)

- La date d'épiaison souvent utilisée comme un indicateur de précocité, est considérée comme un important caractère qui influence les rendements des céréales, surtout en zone où la distribution de la pluviométrie et la variabilité des températures affectent la longueur du cycle de développement.

Les variétés GTA dur et Latino sont caractérisées par une épiaison tardive soit respectivement 101,44 et 99 jours, cette caractéristique leur permet d'éviter les gelées tardives qui affectent la fertilité de l'épi (Bouzerzour et Monneveux, 1993). Le génotype Siméto est précoce (90,05 jours), cette caractéristique leur permet d'échapper aux stress hydrique en fin de cycle (Mouret *et al.*, 1991).

- La date de floraison : Les variétés Siméto et Carioca sont caractérisées par une floraison précoce (103,22 et 103,33 jours respectivement), alors que la variété GTA dur se caractérise par une floraison tardive (107,44 jours).

Annicchiarico et Pecetti (1993) considèrent qu'une précocité de floraison et de maturité, une bonne fertilité des épis et une bonne vigueur de la plante sont indicatrices de la tolérance à la sécheresse.

- La durée de la phase épiaison- floraison : La longueur de cette phase est en relation avec les contraintes climatiques que rencontre la plante au niveau de sa zone de culture, caractérisée par une sécheresse intermittente, avec des effets plus accentués en fin de cycle de la plante. Selon Belaid (1986), les variétés et lignées qui épient avant 140 jours (semis- épiaison) sont très sensibles aux gelées printanières. Ces résultats poussent à la recherche d'un idéotype précoce à maturité avec une courte phase de remplissage, mais assez tardif à l'épiaison à cause des risques élevés de gel tardif printanier assez fréquents (Baldy, 1974 ; Bouzerzour, 1990 ; Bouzerzour et Benmahammed, 1993).

On constate d'après les résultats obtenus que durant la première année la phase épiaison-floraison la plus courte a été enregistrée chez les variétés Carioca, Latino et GTA dur avec respectivement 3, 5 et 6 jours, les deux dernières sont tardives à l'épiaison. Cette phase était plus longue en deuxième année qu'en première année pour l'ensemble des géotypes de l'essai (tableau 15). La différence observée entre les deux campagnes peut être expliquée par une sécheresse relativement importante observée au mois d'avril 2008 où la pluviométrie enregistrée est de 20,5 mm.

Cette sécheresse a engendré une stagnation de la croissance végétative qui s'est faite sentir surtout chez les variétés précoces. Au mois de Mai, des pluies importantes ont été enregistrées (68,5 mm) et ont permis aux variétés tardives d'épier et de croître normalement alors que les variétés précoces plus affectées par la sécheresse ont du mal à repartir normalement d'où leur tardiveté à la floraison.

En étudiant l'influence de la durée des phases de développement sur la stabilité de la production de blé dur conduit au niveau d'une zone semi-aride d'altitude, Abassene *et al.*, (1997) concluent que les meilleures performances sont le fait de géotypes précoce à l'épiaison.

Caractères Variétés	Date d'épiaison	Date de floraison	durée épiaison-floraison		Hauteur de la tige	Longueur de l'épi	longueur du col	Longueur de barbes
			Année 1	Année 2				
Siméto	90,05 b	103,22 b	9 a	17,34 b	69 b	6,87 b	15,72 ab	12,75 ab
Carioca	92,78 ab	103,33 b	3 b	18,11 ab	70,27 b	7,21 b	16,35 ab	13,8 ab
Ardente	92,5 ab	105,33 ab	7 ab	18,67 ab	76,94 a	7,3 b	20,78 a	14,58 a
Latino	99 a	111,5 ab	5 ab	20 a	67,73 b	6,7 c	15,34 b	10,73 ab
GTA dur	101,44 a	114,33 a	6 ab	19,78 ab	69 b	7,45 a	16,33 ab	10,57 b
Chen's	93,56 ab	107,44 ab	9,2 a	18,56 ab	77,84 a	6,96 b	20,53 ab	12,51 ab
Moyenne 2006/2007	99,7	106,17	6,53		74,81	7,4	18,03	12,82
Moyenne 2007/2008	90,14	108,89	18,74		68,78	6,53	16,99	12,16
Moyenne générale	94,88	107,52	12,63		71,79	7,08	17,51	12,49
CV %	2,7	2,5	4,2	3,7	5,4	4,4	6,4	6,9
Effet géotype	***	***			***	***	***	***
Effet année	***	***	***		***	***	***	***
Effet interaction	NS	NS	**		NS	NS	NS	NS

Tableau 15 : Effet de l'année sur les caractères phénologiques et morphologiques.

I-4 Caractères morphologiques

L'analyse de la variance montre un effet très hautement significatif pour l'ensemble des caractères relatifs à la morphologie du brin. On enregistre un effet « année » très hautement significatif pour tous les caractères et une interaction géotype x année non significative. Les coefficients de variation varient de 4,4 % (longueur de l'épi) à 6,9 % (Longueur de barbes).

- Hauteur de la tige : La variété Chen's a eu la plus grande taille (77,84 cm) tandis que Latino a une paille courte 67,73 cm (tableau 15). La moyenne de la taille des géotypes est de 71,79 cm. Selon Belaid (1986), la taille élevée des chaumes est associée à un système racinaire profond et donc une meilleure aptitude à extraire l'eau et les éléments nutritifs du sol.

- La longueur de l'épi. La variété GTA dur se détache des autres variétés par la longueur de l'épi la plus élevée avec 7,45 cm, tandis que la variété Latino a un épi plus court avec 6,70 cm. Les valeurs des autres variétés sont statistiquement similaires pour ce paramètre.

En effet la comparaison des moyennes nous donne trois groupes homogènes :

A : GTA dur

B : Ardente, Carioca, Chen's, Siméto

C : Latino

D'après Jonard (1964), la longueur de l'épi est une caractéristique variétale peu influençable par les variations du milieu.

- La longueur du col de l'épi la plus élevée est enregistrée chez la variété Ardente avec une valeur de 20,78 cm et la plus faible chez la variété Latino avec une valeur de 15,34 cm.

D'après Auriou (1978), le col de l'épi et l'épi lui-même fournissent la quasi-totalité des hydrates de carbone des grains.

Les variétés les plus tolérantes aux contraintes hydriques apparaissent être celles qui ont le col de l'épi le plus long. Par conséquent, ces variétés possèdent les meilleures potentialités du rendement (Baldy, 1974 ; Nachit et jarret, 1986 ; Nachit et Ketata, 1989 ; Ortiz Ferrera *et al.*, 1991 ; Gate et Masse, 1990 ; Ali dib, 1992 ; Ait Kaki, 1993 ; Brisson *et al.*, 1996).

Selon Gate *et al.* (1990), le col de l'épi, organe de photosynthèse situé en pleine lumière peut avoir une part importante dans la composition du rendement en grain final. Ce rôle s'expliquerait par la photosynthèse courante d'une part et par la migration des quantités d'assimilats stockés à son niveau d'autre part.

De nombreux travaux menés dans des zones marquées par les déficits hydriques montrent que les meilleurs rendements sont fournis par les génotypes à col de l'épi plus long (Ortiz Ferrera *et al.*, 1991). Donc, la longueur joue un rôle important dans la résistance aux hautes températures et au déficit hydrique terminal.

- La longueur des barbes. D'après le tableau 15 et la figure 10, la variété Ardente est caractérisée par une longueur importante des barbes avec une moyenne de 14,58 cm. Alors que la variété GTA dur est caractérisée par une longueur plus courte des barbes avec une moyenne de 10,57 cm.

Selon Gate *et al.*, (1992), les barbes contribuent à l'adaptation à la sécheresse grâce à leur capacité à compenser la sénescence foliaire.

Teare et Peterson (1971 cités par Baldy, 1973) trouvent que le rendement photosynthétique des épis barbus peut atteindre 80 p 100 du rendement photosynthétique de la dernière feuille et 38 p 100 seulement pour les blés non barbus. Les barbes par leur surface développée, leur port dressé et leur position au voisinage immédiat de la graine favorisent sa formation.

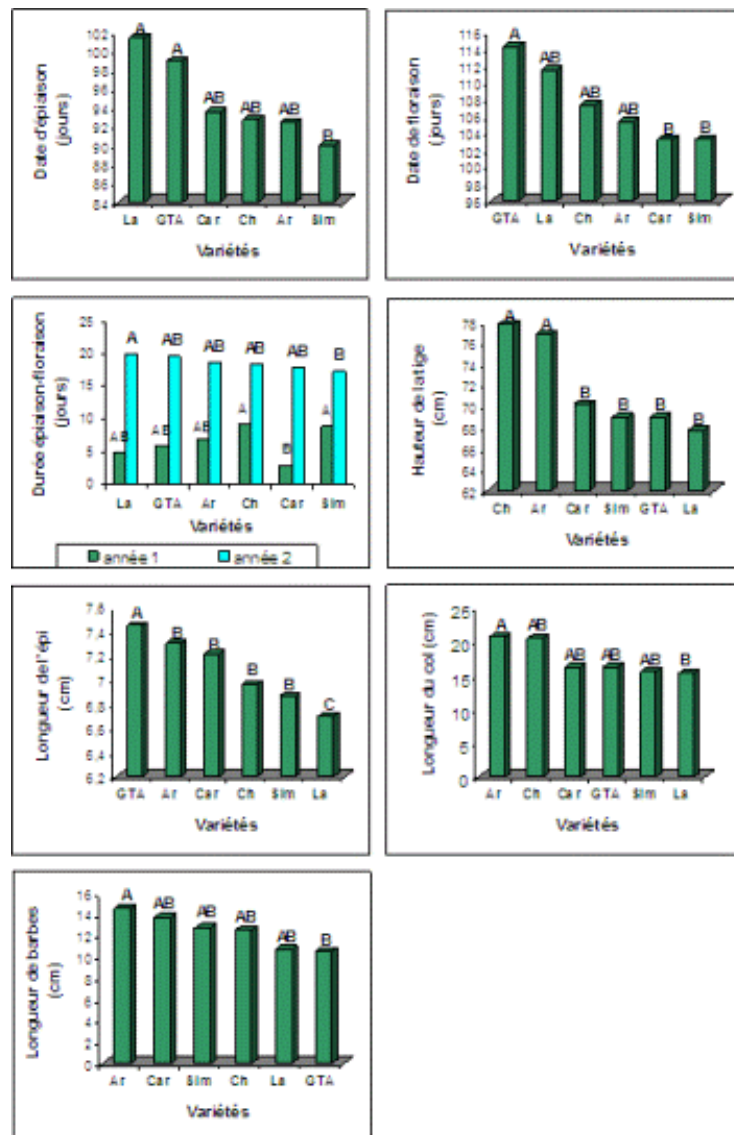


Figure 10 : Caractères phénologiques et morphologiques (Sim : Siméto ; La : Latino ; Car : Carioca ; Ar : Ardente ; GTA : GTA dur ; Ch : Chen's).

Etude comparative de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) et analyse diallèle de leurs hybrides F1

	Siméto		Carioca		Ardente		Latino		GTA dur		Chen's	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
EPI	13,89	14,31	14,44	14,44	15	15	4	3,96	1,11	1,08	8,47	8,66
FLO	5,55	5,23	-0,67	-0,65	3,33	3,11	-11	-10,3	-12,67	-11,7	-0,89	-0,83
EPI-FLO	-8,34	-92,6	-15,1	-503,6	-11,6	166,7	-15	-300	-13,78	-229,6	-9,36	-101,7
HT	12,22	16,26	11,67	15,33	-2,11	-2,78	9,43	13,01	9,77	13,22	-4,8	-6,36
LE	1,97	25,06	1,66	20,64	1,6	19,75	1,51	20,10	2,1	24,70	0,87	11,75
LC	3,43	19,66	3,85	21,06	-1,9	-9,58	2,87	17,10	2,67	15,11	-4,72	-25,97
LB	0,7	5,34	-0,96	-7,20	-2	-14,7	2,11	17,89	4,62	35,86	-0,52	-4,24
NEP	183,8	78,06	153,1	72,98	155,6	73,42	137,1	66,73	135	65,85	151,8	67,94
NEPF	-0,67	-3,42	0,11	0,55	-0,34	-1,75	0,45	2,18	1	5	0,11	0,54
NEPS	0,55	100	-0,33	-49,25	-0,11	-12,3	-0,22	-28,2	-0,67	-75,28	-0,56	-254,5
NEPT	-0,11	-0,54	-0,23	-1,12	-0,45	-2,22	0,22	1,03	0,33	1,57	-0,45	-2,21
NG	15,56	26,52	6,56	13,23	10,22	20,03	3,22	7,08	17,33	29,37	9,55	18,64
PMG	-3,43	-7,29	5,07	8,93	-4,96	-9,36	-10,7	-23,5	-4,82	-9,21	-1,72	-3,10
PB	30,09	6,76	123,2	27,54	-4,9	-1,26	255,4	41,14	227,15	37,28	197,6	33,28
RR	13,24	67,37	20,78	67,13	27,59	75,07	0,99	5,48	11,53	46,94	13,4	45,43
RE	53,79	82,74	46,25	78,62	43,61	76,61	26,32	61,84	47,85	74,18	45,72	72,84
RPAI	-97,41	-52,1	40,93	17,51	11,42	5,18	192,1	52,90	140,31	47,33	195,1	63,62
IR	0,17	35,41	0,03	6,38	0,31	40,25	0,04	7,01	-0,08	-15,68	-0,3	-73,17

Tableau 16 : Evaluation de la différence du comportement des géotypes étudiés dans les deux années.

A : Différence en valeur par rapport à l'année 1.

B : Différence en pourcentage par rapport à l'année 1.

I-5 Etude des corrélations

Les matrices des corrélations sont données dans l'annexe 4, tableau 1 et 2.

Caractères agronomiques, phénologiques et morphologiques liés au rendement en grain Le rendement en grain réel le plus élevé dans les deux années est enregistré chez les géotypes qui présentent un indice de récolte ($r = 0,68$, $r = 0,84$ respectivement) et une biomasse aérienne ($r = 0,79$, $r = 0,89$ respectivement) élevés, un nombre d'épillets stériles ($r = -0,50$, $r = 0,24$ respectivement) faible.

En effet, un indice de récolte élevé contribue favorablement dans l'accroissement du rendement (Monneveux, 1991). Ali Dib *et al.*, (1992) in Houssain (2004) affirment que l'indice de récolte est positivement corrélé avec le rendement en grain en condition de sécheresse.

Pfeiffer *et al.*, (2000) affirment que l'amélioration génétique moderne du blé dur résulte d'une biomasse aérienne plus élevée. Il rajoute que l'accroissement de cette biomasse est due principalement à l'augmentation du nombre de grains, autrement dit un nombre de grains élevé est souvent accompagné d'un rendement élevé sachant qu'un nombre de grains élevé est déterminé par un nombre d'épis et un nombre de grains par épis élevés, les résultats obtenus sont en accord avec ces affirmations puisque le rendement en grain réel est corrélé avec le nombre de grains par épi ($r = 0,47$) (dans la première année), et le rendement estimé est corrélé avec le nombre d'épis ($r = 0,80$) (la deuxième année).

Dans les deux années, les génotypes les plus précoces à l'épiaison et à la floraison présentent les rendements en grain réel ($r = 0,49$, et $r = 0,52$ dans la première année et $r = 0,50$, $r = 0,51$ dans la deuxième année) les plus élevés. Le gain de rendement attribué à la précocité est expliqué par le fait que les lignées précoces ont pu éviter les principales contraintes climatiques caractérisant la région à savoir le déficit hydrique et les hautes températures de fin de cycle, ces dernières peuvent entraîner une perte de $0,78\text{g}$ par jour à une température supérieure ou égale à 25°C (Gate, 1995), c'est pour cette raison qu'en conditions méditerranéennes, la sélection de céréales précoces a été le moyen le plus utilisé pour lutter contre les effets de la sécheresse (Monneveux, 1991).

Une corrélation hautement significative ($r = 0,96^{***}$) est enregistrée durant la première année entre la longueur du col de l'épi et le rendement réel, cela est sans doute dû à la capacité du col de l'épi à emmagasiner des réserves susceptibles d'être transloquées vers le grain.

Influence de la phénologie sur certains caractères agronomiques et morphologiques

Les génotypes les plus tardifs à l'épiaison présentent le nombre total d'épillets le plus élevé ($r = 0,54$ premier essai et $r = 0,47$ deuxième essai), cela est sans doute due au fait que les génotypes tardifs croissent plus lentement donc ils ont le temps de former plus d'épillets. Selon Gate (1995), le nombre total potentiel d'épillets est déterminé essentiellement par des facteurs climatiques (températures et durée de jour), on note également une corrélation positive qui lie le nombre d'épillets stériles à la précocité à l'épiaison c'est-à-dire plus une lignée est tardive plus le nombre d'épillets stériles est élevé ($r = 0,60$ en 1^{ère} année ; $r = 0,52$ en 2^{ème} année)

Dans le premier essai, Les génotypes les plus tardifs à l'épiaison présentent le nombre d'épis le plus élevé ($r = 0,96^{***}$), on peut l'expliquer par le fait que la période de tallage épis pour les lignées tardives devait être plus favorable.

Les génotypes tardifs à l'épiaison présentent une hauteur de tige élevée ($0,38$). Monneveux (1991) affirme que la matière sèche augmente avec le nombre de jours du semis à l'épiaison.

Influence des caractères morphologiques sur certains caractères agronomiques

La longueur des barbes influence positivement le nombre de grains ($r = 0,72$ en 1^{ère} année et $r = 0,83^*$ en 2^{ème} année), les génotypes possédant de longues barbes présentent un nombre d'épillets stériles le plus faible ($r = 0,11$ en première année, $r = 0,13$ en deuxième année).

Les génotypes possédant une longueur du col de l'épi élevée présentent le nombre d'épillets stériles le plus faible ($r = 0,02^{**}$) et le nombre de grain le plus élevé ($r = 0,48$). Une hauteur de la tige élevée est accompagnée d'un nombre d'épillets fertiles élevé ($r = 0,62$) dans la 2^{ème} année.

Relation entre les composantes de rendement

Le nombre d'épis est corrélé positivement avec le nombre total d'épillets ($r = 0,52$ en 1^{ère} année), ($r = 0,47$ en 2^{ème} année), il est corrélé positivement aussi avec le nombre de grains ($r = 0,38$ en 1^{ère} année), et ($r = 0,59$ en 2^{ème} année). Le nombre de grains et

le poids de mille grains sont également corrélés positivement ($r = 0,39$ en première année et $r = 0,84^*$ en deuxième année).

Droites de régression

Selon les coefficients de détermination la variabilité génétique du rendement en grain est due essentiellement à une variabilité de la biomasse aérienne, du nombre d'épillets stériles et de la longueur du col ainsi que du nombre de grains.

Nous constatons que 92,16 % de la variabilité de rendement en grain réel est expliquée par la longueur du col.

La variabilité du nombre de grains et du poids de mille grains explique respectivement 69,89 et 69,93 % de la variabilité du rendement en grain réel.

Le nombre d'épis explique 86,05 % de la variabilité du rendement en grain.

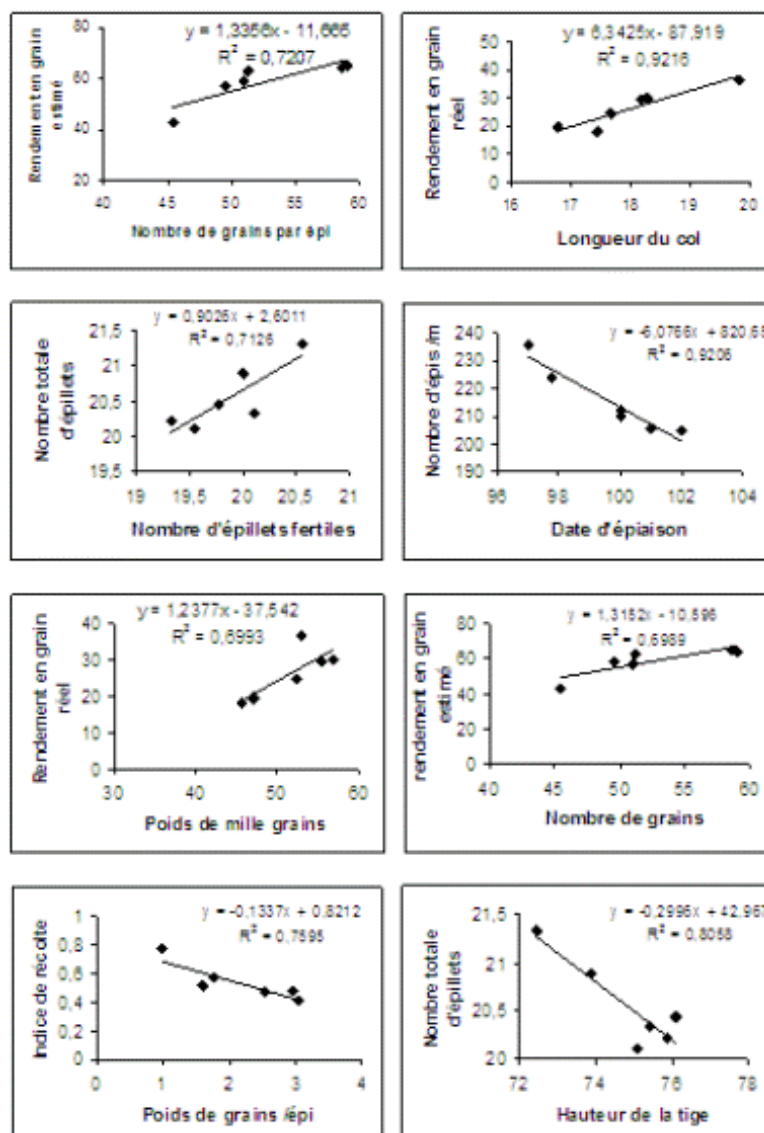


Figure 11 : Caractères agronomiques, phénologiques et morphologiques liés au rendement en grain durant la première année d'essai.

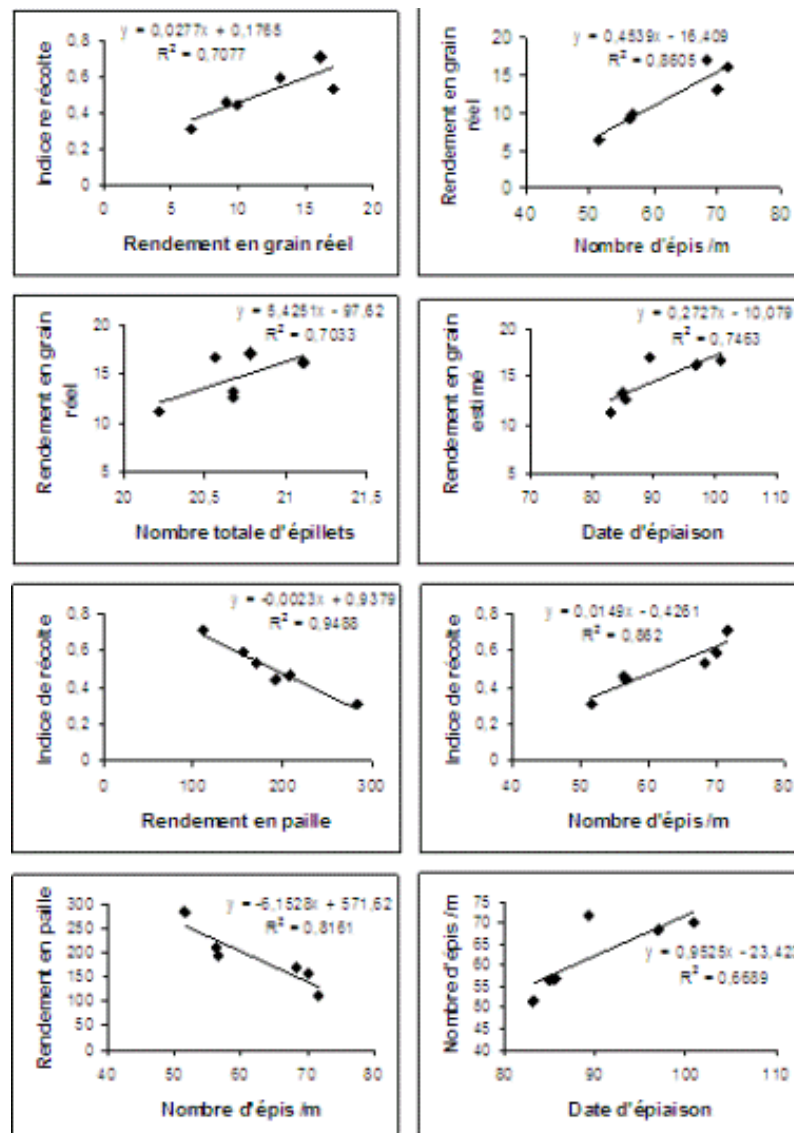


Figure 12: Caractères agronomiques, phénologiques et morphologiques liés au rendement en grain durant la deuxième année d'essai.

Conclusion :

Notre étude a porté sur le comportement de six variétés de blé dur (*Triticum durum*.Desf), cultivées en conditions pluviales. Il s'agissait de déterminer quelles sont les variétés les plus performantes du point de vue productivité et les plus stables durant les deux années d'expérimentation.

Cette performance a été étudiée à travers :

- Les caractères phénologiques dont le plus important est la précocité à l'épiaison ;
- les caractères morphologiques (hauteur de la tige, longueur du col de l'épi, longueur de l'épi et longueur des barbes) ;

- L'élaboration du rendement en grain à partir de ses différentes composantes ;
- L'élaboration de la biomasse aérienne et du rendement en grain réel ou parcellaire;
- La détermination de l'indice de récolte.

L'année agricole 2006/2007 a été relativement bonne avec une pluviométrie totale de 618 mm bien répartie de septembre à juin. L'analyse des caractères morphologiques, de rendement et des composantes de rendement de l'étude menée sur les variétés parentales permettent de noter une différence importante entre les génotypes.

L'interaction génotype x milieu est responsable de l'instabilité des rendements. Dans notre étude cette interaction est non significative pour la majorité des caractères donc le classement des génotypes est le même d'un essai à l'autre, à l'exception du nombre d'épillets stériles par épi, de la durée épiaison-floraison et du poids de la biomasse aérienne ce qui expliquerait la variabilité observée entre les génotypes dans les différents milieux.

La diminution de la biomasse aérienne, du rendement en paille et du rendement en grain en deuxième année par rapport à la première année est due à la densité de semis qui n'est pas la même dans les deux essais, mais aussi à la quantité de pluies tombée. En effet, bien que celle-ci soit globalement supérieure en deuxième année (709,2 mm) par rapport à la première année (618 mm) il a été enregistré des quantités de pluie en deuxième année durant les mois de février (23,8 mm) correspondant au stade tallage, de mars (55,9 mm) et d'avril (20,5 mm) correspondant à la formation des grains (fécondation, nouaison) inférieures à la première année où il a plu respectivement 66,7 mm, 139,6 mm et 71,8 mm. Cette différence a provoqué une diminution du tallage épis, du nombre de grains / épi, du rendement en grain et en paille et de la biomasse aérienne. Au mois de mai la pluviométrie est plus élevée en deuxième année (68,5 mm) qu'en première année (15,2 mm), cette quantité plus élevée associée au faible nombre de

grains / épi (plus faible compétition entre grains) a engendré un poids de 1000 grains en deuxième année supérieur à la première année.

La plus grande précocité à l'épiaison de l'ensemble des génotypes en deuxième année et aussi due à la densité de semis qui est plus faible (estimation biaisée) et à la sécheresse qui caractérise la période (février, mars) par rapport à la première année.

De plus, cette sécheresse relative de la 2^{ème} année par rapport à la 1^{ère} année a aussi provoqué une diminution de la hauteur moyenne de la tige, de la longueur moyenne de l'épi, de la longueur moyenne du col de l'épi et de la longueur moyenne des barbes.

La variété Ardente a donnée le rendement en grain réel le plus élevé soit 22,95 g/m linéaire, tandis que la variété Siméto montre le plus faible rendement avec 13,03 g/m linéaire.

La sélection des variétés sur la base du rendement réel en grain nous donne le classement suivant : Ardente > Chen's > Carioca >GTA dur >Latino >Siméto.

En ce qui concerne le rendement en grain estimé on a remarqué qu'il représente le double du rendement en grain réel.

La sélection des variétés sur la base du rendement en grain estimé nous donne le classement suivant : GTA dur > Chen's > Siméto > Carioca > Ardente > Latino.

Le nombre de grains par épi le plus élevé est donnée par la variété Siméto soit 50,89, suivie de la variété GTA dur avec 50,33, tandis que la variété Latino montre le plus faible nombre avec 43,83.

La sélection des variétés sur la base du nombre de grains par épi, nous donne le classement suivant : Siméto > GTA dur > Chen's > Carioca > Ardente > Latino.

Le poids de mille grains le plus élevé a été obtenu par la variété Chen's avec 56,3 g, suivie de la variété Ardente 55,44 g, tandis que la variété Siméto a donnée la plus faible valeur soit 48,71.

La sélection des variétés sur la base du poids de mille grains, nous donne le classement suivant : Chen's > Ardente > GTA dur > Carioca > Latino > Siméto.

En ce qui concerne la fertilité des épis, la variété Latino a donnée la valeur la plus élevée (20,33), et le plus faible nombre d'épillets fertiles est donné par la variété Ardente (19,5).

La sélection des variétés sur la base de la fertilité des épis, nous donne le classement suivant : Latino > Chen's > Siméto > Carioca > GTA dur > Ardente.

La biomasse aérienne est comprises entre 388,45 g/m (Ardente) et 620,89 g/m (Latino) en première année et entre 324,28 g/m (Carioca) et 414,69 g/m (Siméto) en deuxième année, la chute moyenne de la biomasse est de 26,69 % par rapport à la première année.

Concernant les caractères morphologiques, la hauteur de la paille varie de 67,73 cm à 77,84 cm respectivement pour Latino et Chen's.

La longueur de l'épi la plus élevée est obtenue par la variété GTA dur (7,45 cm), et la plus faible par la variété Latino (6,7 cm).

La variété Ardente est caractérisée par des longueurs importantes du col de l'épi et des barbes, alors que la variété Latino est caractérisée par des longueurs plus courtes du col de l'épi et des barbes.

Pour ce qui est de la précocité à l'épiaison, les variétés GTA dur et Latino sont les plus tardives, par contre la variété Siméto est la plus précoce. Cette précocité permet au variété la possibilité d'éviter ou de limiter les risques climatiques à la fin du cycle (vent desséchant, températures échaudantes, rayonnement élevé).

Toutefois, nos résultats ne présentent qu'une étape dans l'identification de ces variétés à travers les caractères phénologiques, morphologiques et agronomiques.

Il serait souhaitable à l'avenir d'accorder une plus grande importance à ces variétés par des études ultérieures dans différentes conditions du milieu pour mieux mettre en évidence le vrai potentiel de production de chaque variété.

II- Etude comparative des hybrides F₁ et des variétés parentales

II-1 Caractères morphologiques

L'analyse de la variance pour ces caractères montre une différence très hautement significative entre les génotypes. Le classement des moyennes des caractères hauteur de la tige, longueur de l'épi, longueur du col de l'épi, longueur des barbes mesurés sur la génération F₁ et leurs parents est donné dans le tableau 1 annexe 3. Les valeurs de

l'hétérosis moyen sont données dans le tableau 3 annexe 3. Les coefficients de variation de l'erreur varient de 4,2 % (hauteur de la tige) à 9,1 % (longueur de barbes).

Hauteur de la tige. La moyenne générale pour ce caractère est de 71,49 cm. La hauteur la plus élevée est obtenue par le croisement : Latino/ Chen's soit 84,98 cm, et la plus faible valeur est donnée par GTA dur/ Ardente soit 56,44 cm (figure 13, p 81). L'hétérosis moyen est de 4,73 % (tableau 3 annexe 3).

Six combinaisons ont donné une hauteur de la tige supérieure aux deux parents, deux autres ont réalisé une hauteur de la tige inférieure aux deux parents. Les combinaisons restantes ont enregistré une hauteur de la tige intermédiaire entre les deux parents (tableau 3 annexe 3).

Longueur du col de l'épi. La moyenne la plus élevée pour la longueur du col de l'épi est enregistrée par Chen's avec 13 cm et la plus faible valeur est donnée par l'hybride Siméto/ Latino avec 7,83 cm. L'hétérosis moyen est de -1,31% (tableau 3 annexe 3).

La comparaison des hybrides F₁ à leurs parents, montre cinq combinaisons avec une longueur du col supérieure aux deux parents. Vingt-deux autres ont réalisé une longueur du col intermédiaire entre les deux parents. Les trois restants ont enregistré une longueur du col inférieure aux deux parents.

Longueur de l'épi. La valeur la plus élevée est obtenue par Chen's/ Siméto avec 8,91 cm et la plus faible valeur est donnée par GTA dur/ Carioca avec 5,75 cm (figure 14, p 82). L'hétérosis moyen est de : 11,88 %.

Dix croisements sur les trente ont réalisé une longueur de l'épi supérieure aux deux parents, les vingt réstant sont intermédiaires entre leurs parents (tableau 3 annexe 3).

Longueur des barbes. Ardente présente la longueur des barbes la plus haute avec 15,58 cm. Tandis que la plus faible valeur est enregistrée par les hybrides Chen's/ Siméto et son réciproque : Siméto/ Chen's avec 8,10 cm respectivement avec un hétérosis moyen de -12,93 % (tableau 3 annexe 3).

La comparaison des moyennes a révélé que six combinaisons sur les trente sont inférieures aux deux parents alors que les vingt-quatre autres sont intermédiaires entre les deux parents.

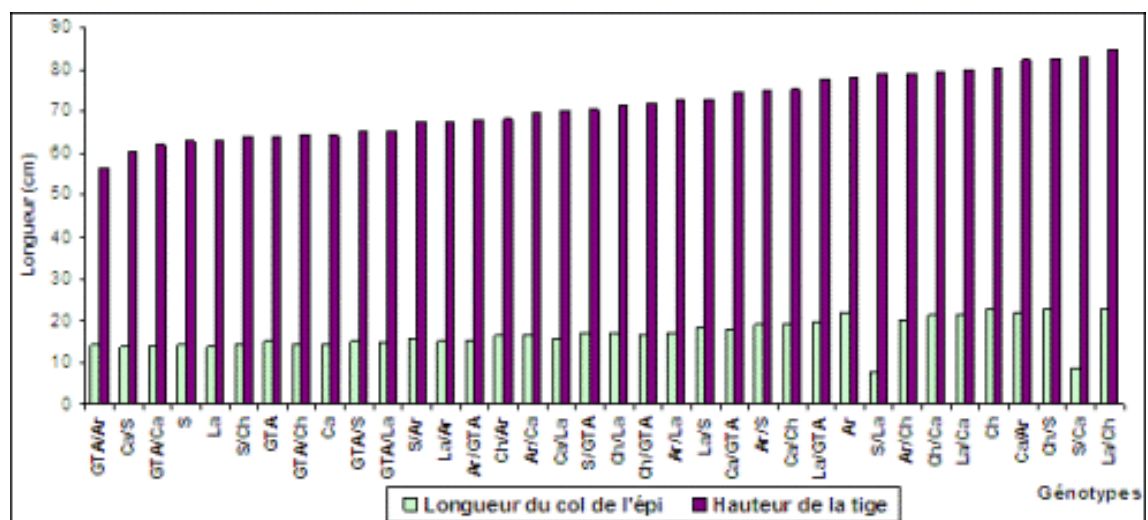


Figure 13 : Hauteur de la tige et longueur du col de l'épi

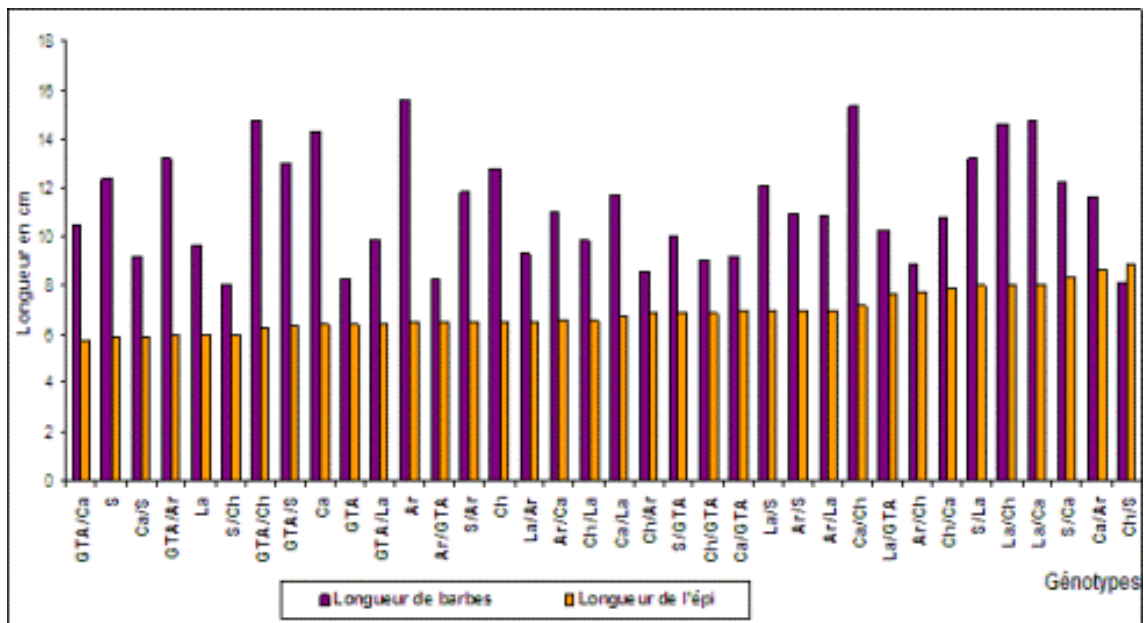


Figure 14 : Longueur de l'épi et des barbes

II-2 Caractères agronomiques et phénologiques

L'analyse de la variance effectuée sur l'ensemble des géotypes montre une différence très hautement significative pour l'ensemble des caractères agronomiques et phénologiques.

Les résultats de ces caractères sont mentionnés dans le tableau 2 annexe 3. Les valeurs de l'hétérosis moyen sont données dans le tableau 3 annexe 3. Les coefficients de variation de l'erreur varient 2,7 % pour la date d'épiaison à 12,2 % pour le poids des grains.

Nombre d'épis par mètre linéaire. Le nombre moyen d'épis par m linéaire le plus élevé est obtenu par les croisements Carioca/ GTA dur et Latino/ Siméto avec 75 épis /m. Alors que la plus faible valeur est observée chez l'hybride Siméto/ Latino (14 épis /m).

En comparant les croisements et leurs parents : trois hybrides sont supérieurs aux deux parents, neuf autres intermédiaires entre les deux parents, les 18 combinaisons restantes ont montré un nombre inférieur aux deux parents.

Nombre de grains par épi. Siméto/ Latino, Siméto/ Carioca, Siméto/ GTA dur enregistrent le meilleur nombre de grains par épi avec 61 ; 60,67 ; 60,56, tandis que la variété Ardente donne le plus faible nombre soit : 40,78 (figure 15, p 84).

Tous les croisements ont réalisé une vigueur hybride significative par rapport aux parents à l'exception de trois hybrides Chen's/ Siméto, Chen's/ Carioca et Chen's/ Latino qui sont intermédiaires entre les deux parents. L'hétérosis moyen est égal à 24,4% (tableau 3 annexe 3).

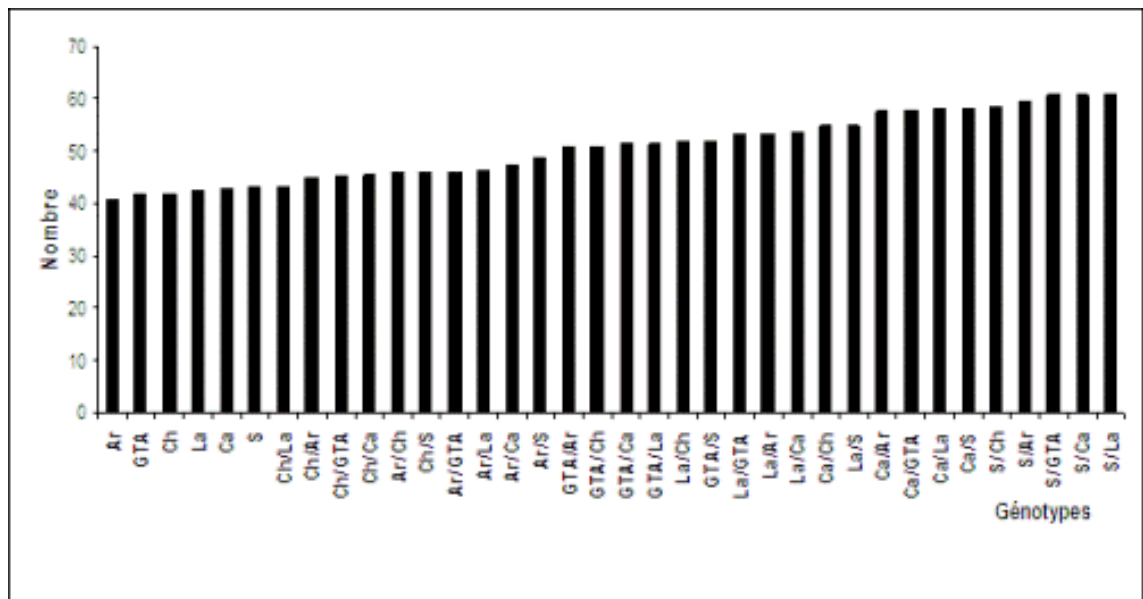


Figure 15 : Nombre de grains par épi

Nombre d'épillets fertiles par épi. L'hybride Latino/Chen's donne la valeur la plus élevée, soit 20,78, tandis que le nombre le plus faible est obtenu par les hybrides GTA dur/Latino et Siméto/ Carioca avec 17,89 et 17,93 épillets fertiles/ épi.

Vingt-deux hybrides ont réalisé un nombre d'épillets fertiles par épi intermédiaire entre les deux parents et huit combinaisons ont montré un nombre inférieur aux deux parents (tableau 3 annexe 3).

Nombre d'épillets stériles par épi. Le nombre d'épillets stériles varie de 3,22 (Siméto/ Ardente) à 0 (Siméto), la moyenne est de 1,42 (figure 16, p 86). L'hétérosis moyen est de 69,66%.

On enregistre neuf hybrides qui surclassent leur deux parents, il s'agit de Siméto/ Carioca ; Siméto/ Ardente ; Carioca/ GTA dur ; Carioca/ Chen's ; Latino/ GTA dur ; GTA dur/ Latino, Ardente/ Carioca ; Ardente/ Chen's ; Chen's/ GTA dur. Les intermédiaires sont au nombre de 21.

Nombre total d'épillets. La moyenne générale pour ce caractère est 20,97, le nombre le plus élevé est obtenu par le croisement Carioca/ GTA dur soit 23,67 épillets / épi. Tandis que le nombre le plus faible est enregistré chez le croisement Siméto/ Chen's (18,67).

Sept hybrides sur 30 ont un nombre total d'épillets supérieur aux deux parents, tandis que vingt-trois autres sont intermédiaires entre les deux parents.

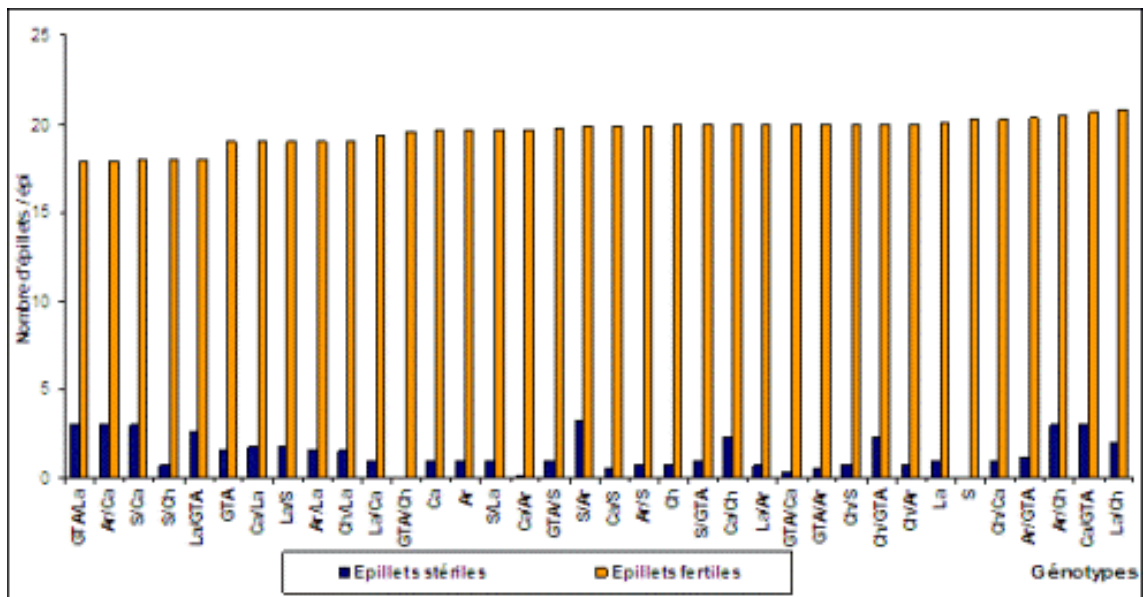


Figure 16 : Nombre d'épillets par épi

Poids des grains par épi. L'hybride Siméto /Latino a enregistré le poids de grains par épi le plus élevé avec 3,90 g alors que Ardente /Latino et Carioca / GTA dur ont donné les valeurs les plus faibles avec 0,80 g et 0,74 g. L'hétérosis moyen est -33,68 %.

Quatre F₁ sur les trente sont supérieures aux deux parents il s'agit de Siméto / Latino, Carioca / Chen's, GTA dur / Siméto, Siméto/ Carioca. quinze autres sont intermédiaires entre les deux parents. Le reste des hybrides a montré un poids inférieur aux deux parents.

Poids de la biomasse aérienne. Le poids de la biomasse aérienne par mètre linéaire le plus élevé est noté chez Chen's/ Latino avec 424,71 g, alors que le poids le plus faible est observé chez le croisement Chen's/ Siméto avec une moyenne : 117,28 g.

Une comparaison entre les croisements F₁ et le meilleur parent montre que seuls quatre hybrides : Carioca/ Ardente, Carioca/ Chen's, Latino/ Chen's et Chen's/ Latino ont surpassé ce dernier. Cinq hybrides ont un poids de la biomasse intermédiaire entre les deux parents. Le reste des hybrides est inférieur aux deux parents.

Rendement en paille. Le plus haut rendement en paille est obtenu par le croisement Chen's /Latino avec 313,27 g/m et le plus faible rendement est obtenu par les croisements GTA dur /Chen's (66,16 g/m) et GTA dur /Latino (60,9 g/m).

L'hétérosis moyen est -38,01%. Chen's/ Latino est le seul croisement qui a réalisé une vigueur hybride significative par rapport aux parents.

Six combinaisons ont donné un rendement en paille intermédiaire entre les deux parents. Les 23 combinaisons restantes ont montré un rendement en paille inférieur aux deux parents.

Poids de mille grains. Le croisement Siméto /Latino a enregistré le poids de 1000 grains le plus élevé avec 58,75 g alors que Ardente /Latino et Latino /Ardente ont donné les valeurs les plus faibles avec 42,69 g et 42,17 g. L'hétérosis moyen est de -9,09%.

Parmi les trente croisements, 15 ont donné un poids de mille grains inférieur aux deux parents, tandis que 15 autres sont intermédiaires entre les deux parents (tableau 3 annexe 3)

Rendement en grain estimé. La valeur la plus élevée pour ce caractère est obtenue par le croisement Carioca/ Chen's avec une moyenne de 21,98 g/m linéaire, suivi par le croisement Latino/ Siméto avec une moyenne de 20,89 g/m linéaire, alors que la plus faible valeur caractérise le croisement GTA dur/ Chen's avec 4,73 g/m linéaire. L'hétérosis moyen est de -15,15%.

Six géotypes surclassent leur deux parents, et douze autres combinaisons ont un rendement estimé intermédiaire entre les deux parents, le reste a un rendement estimé inférieur aux deux parents.

Rendement en grain réel. Le meilleur rendement en grain est obtenu par Latino (17,05 g/m), Latino/ Ardente (16,09 g/m), GTA dur/ Chen's (15,30 g/m). Le plus faible rendement en grain est donné par Siméto/ Latino (1,94 g/m). Le coefficient de variation observé est élevé (11,67 %). L'hétérosis moyen est de -38,51 %.

16 combinaisons sur les trente ont donné un rendement réel intermédiaire entre les deux parents. Les 14 restantes ont enregistré un rendement en grain réel inférieur aux deux parents.

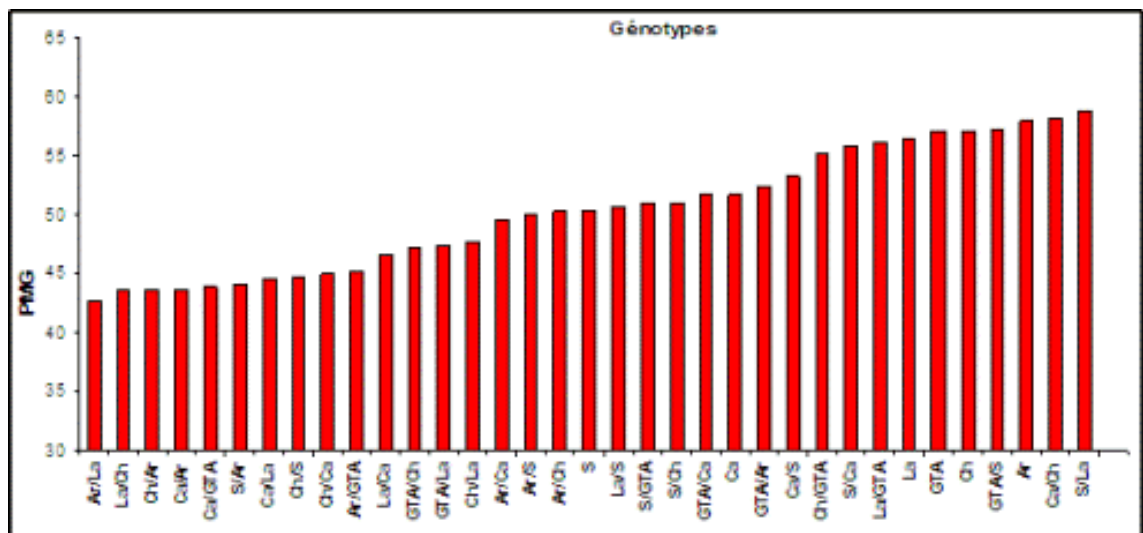


Figure 17 : Poids de mille grains

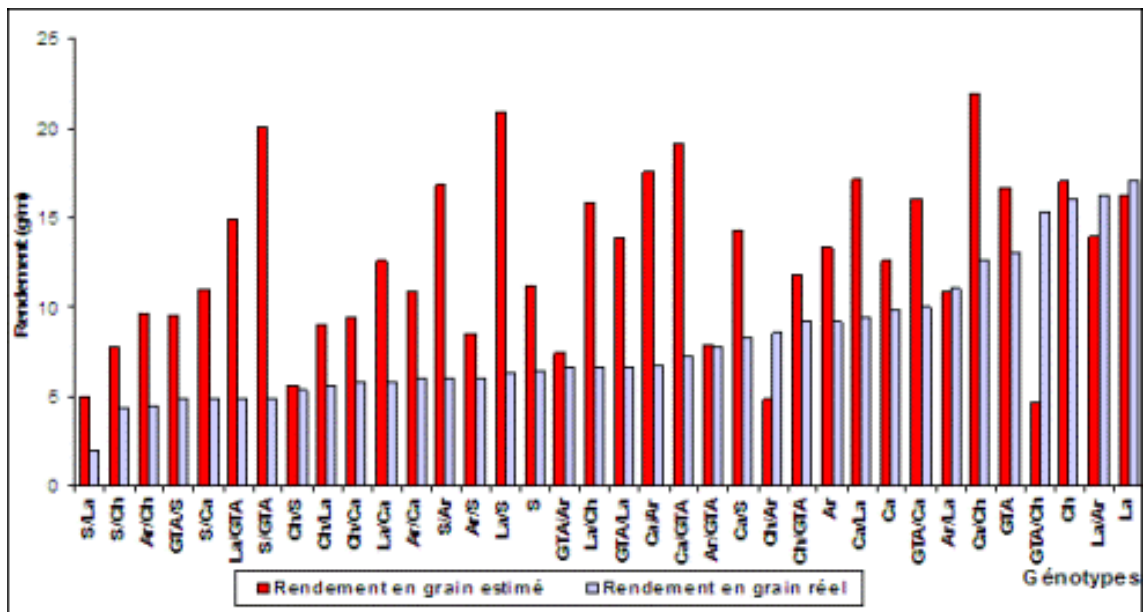


Figure 18 : Rendement en grain estimé et réel

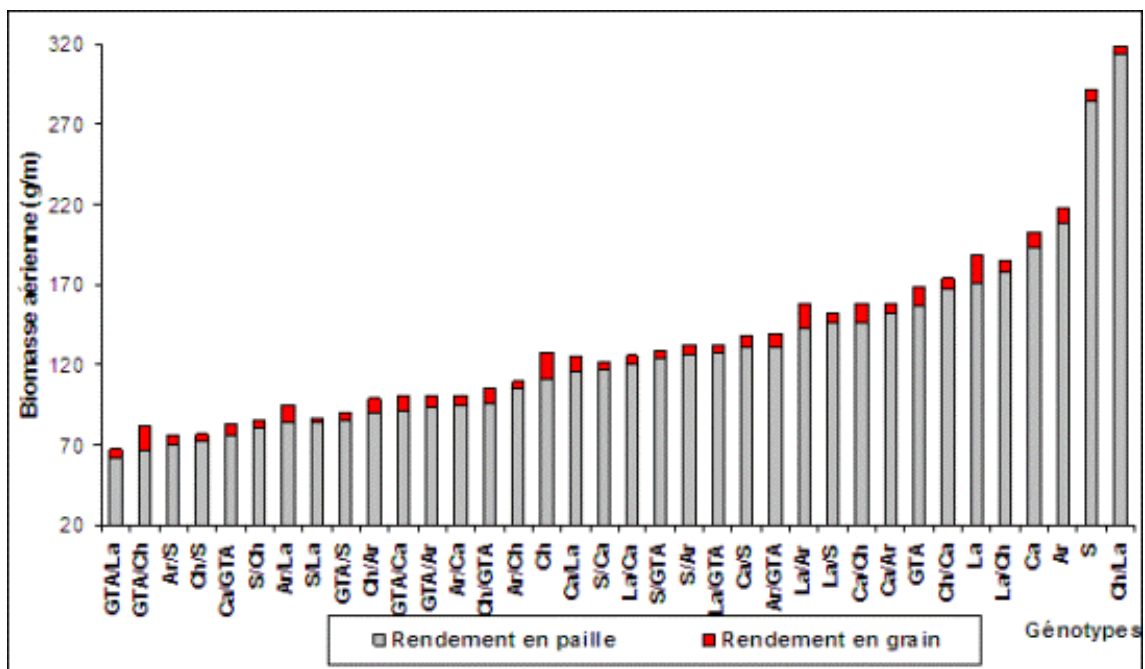


Figure 19 : Biomasse aérienne

Indice de récolte. GTA dur/ Latino s'est distingué par un indice de récolte élevé égal à 0,75. La plus faible valeur est donnée par Chen's/ Latino avec 0,26. L'hétérosis moyen est de -0,86 %.

Les croisements dépassant le meilleur parent sont au nombre de 11, il s'agit de Siméto/ Latino, Carioca/ GTA dur, Carioca/ Ardente, Latino/ Siméto, Latino/ Carioca, Latino/ Ardente, GTA dur/ Siméto, GTA dur/ Carioca, GTA dur / Latino, Ardente/ Siméto et Ardente/ GTA dur.

Les intermédiaires sont au nombre de 16. Trois combinaisons restantes présentent un indice de récolte inférieur aux deux parents.

Date d'épiaison. Le nombre moyen de jours semis-épiaison pour chaque lignée est présenté dans le tableau 18 p 95 et illustré par la figure 20, p 93. Le génotype le plus précoce à l'épiaison est GTA dur/ Ardente : 80,89 jours et le plus tardif est Carioca/ Siméto avec 106 jours. L'hétérosis moyen est de 2,06 % (tableau 3 annexe 3).

Parmi les trente combinaisons F₁, on relève que cinq sont supérieures aux deux parents, une inférieure et les 24 autres sont intermédiaires entre les deux parents.

Date de floraison. Les croisements GTA dur /Ardente et Latino/ Siméto sont caractérisés par une floraison précoce (100 jours et 100,11 jours respectivement), alors que le croisement Carioca/ Siméto se caractérise par une floraison tardive (124 jours).

L'hétérosis moyen est de 1,32 %. La distribution des trente combinaisons montre que six hybrides surpassent leurs parents, et vingt-trois autres sont intermédiaires entre leurs parents. Et un seul hybride est inférieur aux deux parents il s'agit de Latino/ GTA dur.

Phase épiaison-floraison. La durée moyenne de la phase épiaison-floraison des différents génotypes étudiés est de 18,39 jours. Le croisement GTA dur/ Chen's enregistre la durée la plus longue soit 31 jours tandis que le croisement GTA dur/ Siméto est caractérisé par une courte durée soit 6,9 jours, cette faible différence constaté montre que ce génotype peut être intéressant dans la mesure où un génotype présentant une précocité de quelque jours peut échapper à la sécheresse. L'hétérosis moyen est de -2,24 %. Sept F₁ sur les trente sont supérieures aux deux parents. Neuf autres sont intermédiaires entre les deux parents, le reste des hybrides a montré une durée inférieure aux deux parents.

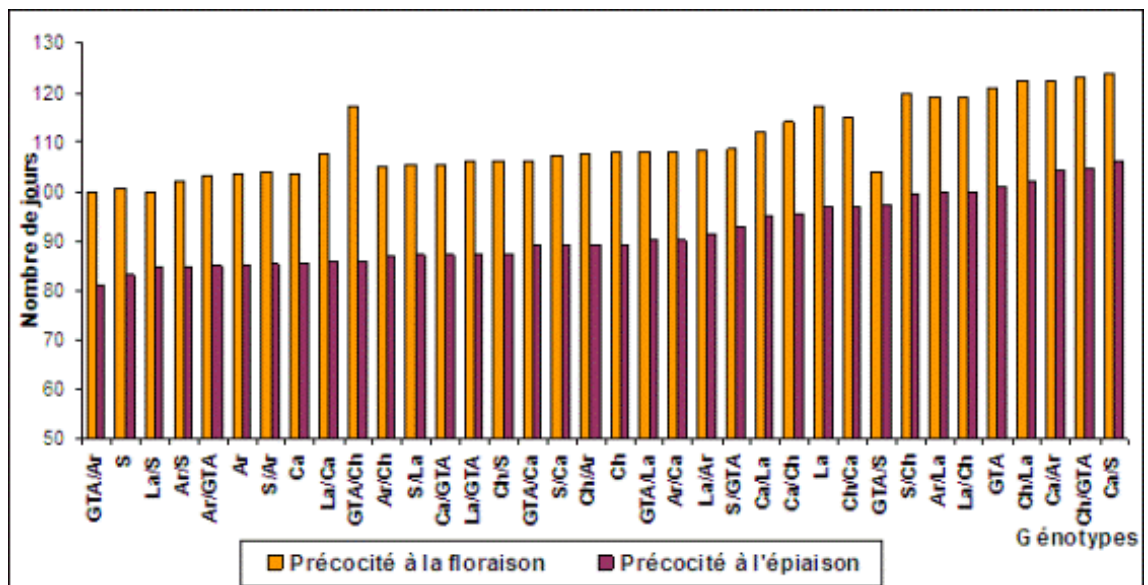


Figure 20 : Précocité à l'épiaison et à la floraison

II-3 Corrélations phénotypiques, génotypiques et environnementales

L'étude des relations entre caractères est une étape primordiale dans le domaine de la sélection. Il est important de savoir de quelle façon l'amélioration d'un caractère fera varier d'autres caractères.

Dans les études génétiques, la décomposition de la corrélation phénotypique en deux types de corrélations génétiques et environnementales permet de mettre en évidence

l'importance et le degré de chacun des effets sur la variation des caractères. Cette distinction dans la relation des caractères met aussi en évidence l'existence ou non d'une pleïotropie (corrélation génétique) et / ou d'une réponse commune des génotypes aux variations du milieu (corrélation environnementale).

II-3-1 Corrélations phénotypiques

On enregistre chez la F₁ des coefficients de corrélations phénotypiques élevés et significatifs entre d'une part le rendement en grain et d'autre part le nombre de grain / épi ($r = 0,68^*$), le poids des grains / épi ($r = 0,71^*$) et le nombre d'épis / m linéaire ($0,52^*$) (tableau 18).

Le rendement en grain est corrélé positivement à la hauteur du maître-brin ($r = 0,69^*$) et la longueur du col de l'épi ($r = 0,61^*$) (tableau 18).

Concernant les variétés parentales, une forte corrélation phénotypique est observée entre le rendement en grain et ses deux composantes principales (nombre de grains / épi et le nombre d'épis/ m linéaire). Le rendement en grain se trouve également corrélé significativement avec le poids de la biomasse aérienne ($r = 0,89^*$), le nombre total d'épillets ($r = 0,84^*$) et l'indice de récolte ($r = 0,84^*$). (tableau 17, p 95).

On note chez les hybrides F₁, une forte liaison entre le rendement en grain et la précocité d'épiaison (tableaux 18, p 96). Cette constatation rejoint celle de nombreux auteurs (YU *et al.*, 1993 ; Abassene, 1997 ; Bouzerzour, 1998) où ce mécanisme phénologique évitant les dégâts d'un stress de fin de cycle sacrifie néanmoins une partie de la production.

Chez le blé, Annicchiarico et Pecetti (1993) trouvent que la précocité d'épiaison et le nombre de grains / épi ont toujours été corrélés avec le rendement en grain.

Tableau 17 : Coefficient de corrélations phénotypiques, génotypiques et environnementales entre le rendement en grain et différents caractères mesurés chez les variétés parentales.

Etude comparative de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) et analyse diallèle de leurs hybrides F1

Caractères	Rendement en grain		
	r phénotypique	r génétique	r environnemental
Date d'épiaison (EPI)	0,49 ns	0,71	0,24
Date de floraison (FLO)	0,52 ns	0,74	-0,08
Durée épiaison-floraison (EPI-FLO)	0,37 ns	0,69	0,11
Hauteur de la tige (HT)	0,03 ns	0,17	0,24
Longueur de l'épi (LE)	0,32 ns	0,33	0,01
Longueur du col (LC)	0,03 ns	0,18	-0,03
Longueur de barbes (LB)	0,26 ns	-0,53	-0,31
Nombre d'épis/ m (NEP/m)	0,93**	0,94	-0,02
Nombre d'épillets fertiles par épi. (NEPF)	0,07 ns	0,03	-0,52
Nombre d'épillets stériles par épi. (NEPS)	0,24 ns	0,53	0,10
Nombre total d'épillets (NTEP)	0,84*	0,95	-0,40
Nombre de grains / épi (NG)	0,80 ns	-0,46	-0,45
Poids de grains / épi (PG)	0,27 ns	0,53	0,07
Poids de la biomasse (PB)	0,89*	-0,34	-0,12
Rendement en paille (RPAI)	0,73 ns	-0,88	0,31
Poids de mille grains (PMG)	0,39 ns	0,65	0,10
Rendement estimé (RE)	0,85*	0,95	-0,23
Indice de récolte (IR)	0,84*	0,85	-0,59

II-3-2 Corrélations génétiques

Des liaisons génétiques positives et importantes ont été enregistrées chez les variétés parentales et leurs hybrides entre d'une part le rendement en grain et d'autre part le nombre total d'épillets/ épi ($r_g = 0,95$ et $0,40$ respectivement), poids des grains/ épi ($r_g = 0,53$ et $0,88$ respectivement), indice de récolte ($r_g = 0,85$ et $0,33$ respectivement). La corrélation entre le rendement en grain et le nombre de grains/ épi est négative et plus importante chez les variétés parentales ($r_g = -0,46$) par rapport aux hybrides F₁ ($r_g = -0,15$).

Les variétés parentales présentent des liaisons positives et élevées entre le rendement en grain d'une part et d'autre part la date d'épiaison ($r_g = 0,71$) et de floraison ($r_g = 0,74$), la durée épiaison-floraison ($r_g = 0,69$), le nombre d'épis / m linéaire ($r_g = 0,94$), le nombre d'épillets stériles ($r_g = 0,53$), le poids de mille grains ($r_g = 0,65$), le rendement en grain estimé ($r_g = 0,95$) et la longueur de l'épi ($r_g = 0,33$).

La corrélation génétique entre le rendement en grain et le rendement en paille est négative et importante ($r_g = -0,88$). Au niveau des hybrides F₁ il y a de faibles corrélations positives entre le rendement d'une part et d'autre part la date d'épiaison ($r_g = 0,18$) et de floraison ($r_g = 0,12$), la durée épiaison- floraison ($r_g = 0,22$), le nombre d'épis/ m linéaire ($r_g = 0,23$), le nombre d'épillets fertiles ($r_g = 0,22$). On constate qu'il y a rupture des corrélations génétiques entre d'une part le rendement en grain et d'autre part la longueur du col (r_g variétés = $0,18$ et r_g F₁ = $-0,02$).

Tableau 18: Coefficients de corrélations phénotypiques, génotypiques et environnementales entre le rendement en grain et différents caractères mesurés chez la F₁.

Caractères	Rendement en grain		
	r phénotypique	r génétique	r environnemental
Date d'épiaison (EPI)	0,56**	0,18	-0,12
Date de floraison (FLO)	0,06 ns	0,12	0,01
Durée épiaison-floraison (EPI-FLO)	0,29 ns	0,22	0,19
Hauteur de la tige (HT)	0,69***	-0,34	-0,21
Longueur de l'épi (LE)	0,12 ns	-0,36	-0,29
Longueur du col (LC)	0,61***	-0,02	0,10
Longueur de barbes (LB)	0,20 ns	0,13	-0,15
Nombre d'épis/ m (NEP/m)	0,52**	0,23	0,07
Nombre d'épillets fertiles par épi. (NEPF)	0,35 ns	0,22	-0,10
Nombre d'épillets stériles par épi. (NEPS)	0,50**	-0,23	0,09
Nombre total d'épillets (NTEP)	0,02 ns	0,40	-0,01
Nombre de grains / épi (NG)	0,68***	-0,15	0,21
Poids de grains / épi (PG)	0,71***	0,88	-0,02
Poids de la biomasse (PB)	0,29 ns	0,17	0,12
Rendement en paille (RPAI)	0,23 ns	-0,43	0,07
Poids de mille grains (PMG)	0,37*	-0,32	0,11
Rendement estimé (RE)	0,29 ns	0,14	0,23
Indice de récolte (IR)	0,11 ns	0,33	0,04

II-3-3 Corrélations environnementales

On enregistre de faibles coefficients de corrélation environnementale entre le rendement en grain d'une part, les composantes du rendement et les caractères morphologiques de la plante d'autre part, que ce soit chez les parents ou leur descendance (tableaux 17 et 18).

II-3-4 Conclusion

En général les corrélations génétiques et dans une moindre mesure environnementales sont plus importantes au niveau des parents comparativement aux hybrides F₁. Le passage des parents aux hybrides F₁ entraîne une rupture des corrélations.

III- Analyse génétique des différents caractères étudiés au niveau du diallèle

III-1 Hérité des caractères selon l'analyse de Griffing

L'analyse de la variance des aptitudes à la combinaison réalisée selon le modèle de Griffing (1956) fait ressortir des effets d'AGC et d'ASC hautement significatifs pour la majorité des caractères étudiés (tableau 19).

Etude comparative de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) et analyse diallèle de leurs hybrides F1

L'existence d'une différence significative entre les géotypes pour leurs aptitudes générales et spécifiques à la combinaison indique que les actions géniques additives et de dominance sont toutes deux importantes dans le contrôle des caractères étudiés.

Tableau 19 : Analyse de la variance des différents caractères des F₁ selon la méthode Griffing

Caractères	Géotypes (ddl= 29)	AGC (ddl = 5) F.obs	ASC (ddl = 9) F. obs
Précocité à l'épiaison	20,56	30,60***	19,041***
Précocité à la floraison	40,38	48,73***	48,49***
Durée épiaison-floraison	0,44	0,29 ns	0,22 ns
Hauteur de la tige	16,06	17,99***	4,02**
Longueur de l'épi	22,71	28,48***	4,16**
Longueur du col	05,19	5,00**	4,48***
Longueur de barbes	15,50	8,87***	20,99***
Nb d'épillets total	13,76	5,80***	13,74***
Nb d'épillets fertiles	13,20	10,36***	24,17***
Nb d'épillets stériles	19,36	3,35**	16,68***
Nb de grains / épi	66,36	208,36***	2,44*
Nb d'épis / m	136,34	289,56***	88,07***
Poids de la biomasse	378,8	826,27***	293,94***
Rendement en paille	72,10	115,25***	90,33***
Poids de grains / épi	52,57	79,11***	25,29***
Poids de mille grains	18,21	44,94***	13,28***
Rendement estimé	66,25	149,75***	31,31***
Rendement réel	34,79	33,45***	58,74***
l'indice de récolte	53,30	83,50***	59,44***

: Significatif seuil 5% ; ** : significatif seuil 1% ; *** : significatif seuil 0,1%.

III-1-1 Etude des aptitudes générales (AGC) à la combinaison

L'estimation des effets d'aptitude générale à la combinaison (AGC) des 19 caractères mentionnés se trouvent dans le tableau 20, p 99.

Les variétés Siméto et Ardente présentent des effets d'AGC négatifs pour la majorité des caractères (15 caractères sur 19).

La variabilité en AGC dépendra de l'aptitude d'un géotype à bien compléter ses partenaires et aussi de quelques gènes dominants à effet fort mais ne pouvant s'extérioriser qu'avec une bonne complémentarité dans le reste du génome (Gallais, 1976). Le classement des variétés parentales dans l'ordre décroissant de leurs valeurs d'aptitude à la combinaison montre Latino en première position suivi de Chen's (tableau 22, p100). La variété Latino présente les meilleures AGC pour les caractères précocité à la floraison, hauteur de la tige, longueur de barbes, nombre d'épillets stériles, poids de la biomasse aérienne et rendement en paille ; pour ce dernier paramètre, le géniteur est particulièrement intéressant dans les zones où le blé est exploité à double fin. Cette capacité génétique à produire une forte biomasse aérienne est indicatrice d'une meilleure adaptation au milieu de production (Austin *et al.*, 1980).

La variété Chen's montre de bonne AGC pour la précocité à l'épiaison, longueur de l'épi, longueur du col, nombre total d'épillets et nombre d'épillets fertiles (tableau 22, p 100).

En troisième position vient la variété Carioca qui présente de bonnes AGC pour le nombre d'épis / m linéaire, le rendement en grain estimé et l'indice de récolte (tableau 22, p 100).

La variété Siméto présente les meilleures AGC pour le nombre de grains, le poids des grains de l'épi et le poids de mille grains ; ces caractères sont étroitement liés au rendement réel d'où son importance pour la sélection.

Les AGC élevées nous renseignent sur la capacité des variétés à transmettre leurs caractères à leurs descendants, cependant pour les caractères précocité à l'épiaison et à la floraison, on peut préférer des génotypes avec des AGC élevés (transmission de la tardivité) ou bien des génotypes avec des AGC faibles (transmission de la précocité), cela est valable pour la hauteur de la tige (AGC positive élevée pour une grande hauteur de la tige et AGC négative et élevée pour une hauteur de tige courte).

Une corrélation positive et significative est enregistrée entre les performances parentales et leurs aptitudes générales à la combinaison pour la longueur de l'épi, le nombre d'épillets fertiles, le nombre d'épillets stériles, le nombre de grains par épi, et le rendement en paille (tableau 21, p 100). Ceci indique que les performances parentales reflètent leurs aptitudes générales à la combinaison.

Les mêmes résultats sont observés chez le blé par Jatasra et Paroda (1979) où ils constatent pour certains caractères une similitude dans le classement des variétés parentales sur la base de leurs performances et les effets de l'AGC. Par ailleurs, Sethi *et al.*, (1987) notent une corrélation positive et significative ($r = 0,83^{**}$) entre les performances moyennes des parents pour le rendement en grain et l'indice de récolte. Or, cette corrélation entre les AGC des mêmes caractères est non significative, conduisant à dire que les performances n'indiquent pas automatiquement les aptitudes à la combinaison élevées.

Toutefois, Bouzerzour *et al.*, (1995) pensent que l'AGC peut être prédite à un certain degré sur la base des performances parentales et ce en raison de l'importance qu'a ce type de corrélation sur l'aspect pratique de la sélection. En effet, dans le cas d'une corrélation significative entre la valeur moyenne du parent pour un caractère donné et son AGC, l'amélioration de ce caractère est vite approchée par des croisements entre les génotypes qui se caractérisent par de fortes valeurs. Dans le cas contraire, l'amélioration du caractère considéré peut être obtenue soit par des croisements entre génotypes de bonnes valeurs, soit entre génotypes de faibles valeurs (Oury *et al.*, 1990).

Tableau 20 : Estimation des effets d'AGC des 19 caractères au niveau des 6 parents.

Etude comparative de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) et analyse diallele de leurs hybrides F1

Caractères	Variétés					
	Siméto	Carioca	Latino	Ardente	GTA dur	Chen's
EPI	-0,80	2,28	0,45	-2,93	-2,48	3,48
FLO	-1,14	2,33	4,88	-3,02	-7,10	4,05
EPI-FLO	-0,31	0,01	0,11	-0,13	-0,26	0,58
HT	-0,09	2,04	2,74	-1,76	-5,54	2,61
LE	0,06	0,21	0,19	-0,13	0,57	0,24
LC	-1,33	0,26	0,24	0,20	-0,86	1,49
LB	-0,20	0,76	0,77	-0,74	-0,29	-0,30
NEPT	-0,40	-0,04	-0,22	0,17	0,07	0,31
NEPF	-0,20	-0,13	-0,43	0,25	0,14	0,37
NEPS	-0,16	0,02	0,20	-0,06	0,04	-0,05
NG	4,60	2,74	0,64	-2,76	-0,64	-4,57
NE	-7,76	10,36	7,99	-1,85	-0,85	-7,89
PB	-58,72	49,35	68,85	-31,75	-34,79	7,06
RPAI	-16,27	5,49	26,95	-8,15	-26,67	18,65
PG	0,48	0,04	-0,08	-0,52	0,17	-0,09
PMG	3,19	0,15	-1,34	-3,44	2,02	-0,58
RE	-0,45	3,38	1,38	-1,83	0,31	-2,79
RR	-2,49	0,49	0,13	0,81	0,47	0,60
IR	-0,06	0,07	0,04	-0,04	0,05	-0,05

Tableau 21 : Corrélations entre les performances parentales et leurs aptitudes générales à la combinaison.

Caractères	Coefficients de corrélation	Caractères	Coefficients de corrélation
EPI	0,21	NG	0,50*
FLO	0,22	NE / m	0,23
EPI-FLO	0,29	PB	0,03
HT	0,18	RPAI	0,78*
LE	0,79*	PG	0,44*
LC	0,22	PMG	0,48*
LB	0,02	RE	0,28
NEPT	0,01	RR	0,04
NEPF	0,90*	IR	0,01
NEPS	0,76*		

Tableau 22: Classement des AGC pour les 19 caractères.

Caractères	Variétés					
	Siméto	Carioca	Latino	Ardente	GTA dur	Chen's
EPI	4	2	3	6	5	1
FLO	4	3	1	5	6	2
EPI-FLO	6	3	2	4	5	1
HT	4	3	1	5	6	2
LE	4	2	3	5	6	1
LC	6	2	3	4	5	1
LB	3	2	1	6	4	5
NEPT	6	4	5	3	2	1
NEPF	5	4	6	2	3	1
NEPS	6	3	1	5	2	4
NG	1	2	3	5	4	6
NE / m	5	1	2	4	3	6
PB	6	2	1	4	5	3
PPAI	5	3	1	4	6	2
PG	1	3	4	6	2	5
PMG	1	3	5	6	2	4
RE	4	1	2	5	3	6
RR	6	3	5	1	4	2
IR	6	1	3	4	2	5
Nb de fois classe 1	3	3	6	1	0	6
Nb de fois classe 2	0	6	4	1	5	4
Classement	IV	III	I	V	VI	II

III-I-2 Etude des aptitudes spécifiques (ASC) à la combinaison

L'estimation des aptitudes spécifiques à la combinaison permet de caractériser la déviation entre la valeur observée d'un hybride simple et sa valeur attendue sur la base de l'aptitude générale à la combinaison des lignées parentales.

On note les plus fortes valeurs d'aptitude spécifique à la combinaison pour la précocité à la floraison, le poids de la biomasse aérienne et le rendement en paille chez l'hybride Latino / Chen's (tableaux 23 et 24, p 102, 103). Tandis que l'hybride Siméto / Ardente présente les meilleurs ASC pour le nombre total d'épillets, le nombre d'épis par mètre linéaire et l'indice de récolte.

L'estimation des aptitudes spécifiques à la combinaison permet de constater que les valeurs élevées d'ASC sont observées chez les hybrides combinants entre des parents ayant des AGC forte x moyenne, moyenne x moyenne, forte x faible, faible x faible, moyenne x faible.

Bhowmik *et al.*, (1990) constatent qu'un croisement entre parents de valeurs d'AGC différentes (forte et faible) produit un effet d'ASC positif. Selon Ahmad *et al.*, (1979), cette interaction génétique responsable de fortes valeurs d'ASC peut être de type additivité x additivité ou bien additivité x dominance. La première est fixable donc utilisable en sélection, mais la seconde est non fixable (Falconner, 1974).

Etude comparative de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) et analyse diallèle de leurs hybrides F1

Ainsi Scharme et Smith, (1986) pensent que les croisements ayant une forte ASC peuvent produire des ségrégations désirables si la dispersion des allèles agit dans la direction d'une maximisation des caractères intéressant la sélection.

Neuf combinaisons sur les 15 présentent un effet d'ASC négatif pour la précocité à l'épiaison, ces valeurs négatives traduisent une bonne aptitude à la combinaison des parents (augmentation de la précocité).

Caractères	S/Car	S/La	S/Ar	S/GT A	S/Ch	Car/L a	Car/Ar	Car/GT A	Car/Ch	La/Ar	La/GTA	La/Ch	Ar/GTA	Ar/Ch	GTA/Ch
EPI	4,09	-5,80	-3,31	1,47	-1,27	-4,27	5,60	-3,84	-1,58	6,05	-1,12	5,14	-3,69	-4,65	2,35
FLO	4,20	-2,68	-3,18	5,24	0,41	0,95	5,52	0,21	-2,21	10,08	-9,78	10,10	1,28	-5,03	6,22
EPI-FLO	0,14	-1,24	0,17	-0,59	0,84	0,94	-0,26	-0,25	-0,58	-0,25	-0,02	0,56	0,67	-0,33	-0,49
HT	-2,34	1,30	1,07	9,96	-1,31	-1,66	3,58	-0,21	0,63	-2,78	2,38	0,77	-2,62	0,75	-0,84
LE	-0,17	0,16	-0,21	1,39	0,13	-0,06	0,49	-0,31	0,05	-0,32	0,40	-0,18	-0,08	0,11	-0,11
LC	-2,6	-1,4	1,09	4,82	1,38	0,73	1,32	0,01	0,54	-0,84	1,20	0,30	-1,05	-0,52	-1,70
LB	-0,86	1,04	1,28	-1,48	-2,43	0,69	0,28	-1,76	1,57	-1,01	-1,45	0,73	0,73	-1,28	1,42
NEPT	-0,22	0,30	1,08	0,08	-1,23	-0,23	-0,84	0,83	0,46	-0,38	-0,22	0,53	-0,38	0,53	-0,30
NEPF	-0,56	0,45	0,33	0,55	-0,67	0,22	-0,85	0,81	0,37	0,16	-1,28	0,44	0,26	0,09	-0,24
NEPS	0,41	-0,16	0,71	-0,49	-0,58	-0,51	0,03	-0,01	0,08	-0,54	1,09	0,12	-0,65	0,44	-0,05
NG / épi	-0,22	1,04	0,05	-3,74	-0,14	0,13	0,25	0,23	-0,39	-0,38	0,05	-0,85	-0,43	0,5	0,87
NE / m	-11,04	-3,67	11,00	6,83	-5,46	-8,13	1,71	10,21	7,25	4,58	-1,58	8,79	-12,25	-5,04	-5,54
PB	-34,77	10,30	33,67	23,41	-63,62	-90,16	39,39	4,82	80,71	-9,67	-5,59	95,12	-2,42	-60,97	-51,24
RPAI	17,79	-12,33	6,13	24,01	-4,26	-31,41	9,48	-11,97	16,10	-17,19	-22,59	83,52	31,07	-29,49	-27,53
PG	0,16	0,83	-0,21	-1,02	-0,88	-0,43	-0,03	-0,56	0,86	-0,17	0,03	-0,26	0,29	0,13	0,15
PMG	2,08	3,81	-1,86	-6,45	-3,82	-2,29	0,80	-3,47	2,88	-1,89	1,96	-1,58	1,08	1,87	0,64
RE	-2,62	-0,29	2,62	0,67	-2,34	-2,21	0,39	1,61	2,83	0,56	0,41	1,52	-3,11	-0,46	-1,54
RR	1,29	-0,79	0,45	-0,14	-0,54	-0,28	-2,21	0,36	0,85	5,39	-2,38	-1,93	-1,42	-2,21	3,84
IR	-0,13	0,01	0,09	-0,06	0,02	-0,05	0,04	0,07	0,07	0,05	0,07	-0,08	-0,15	-0,02	0,01

Tableau 23 : Estimation des effets d'ASC des 19 caractères au niveau des 15 croisements en F₁.

Caractères	S/Car	S/La	S/Ar	S/GTA	S/Ch	Car/La	Car/Ar	Car/GTA	Car/Ch	La/Ar	La/GTA	La/Ch	Ar/GTA	Ar/Ch	GTA/Ch
EPI	4	15	10	6	8	13	2	12	9	1	7	3	11	14	5
FLO	6	12	13	5	9	8	4	10	11	2	15	1	7	14	3
EPI-FLO	6	15	5	14	2	1	10	8	13	9	7	4	3	11	12
HT	13	4	5	1	11	12	2	9	8	15	3	6	14	7	10
LE	11	4	13	1	5	8	2	14	7	15	3	12	9	6	10
LC	15	13	4	1	2	6	3	9	7	11	5	8	12	10	14
LB	9	4	3	13	15	7	8	14	2	10	12	5	6	11	1
NEPT	8	6	1	7	15	10	14	2	5	13	9	4	12	3	11
NEPF	12	3	6	2	13	8	14	1	5	9	15	4	7	10	11
NEPS	4	10	2	11	14	12	7	8	6	13	1	5	15	3	9
NG / épi	10	1	7	15	9	6	4	5	12	11	8	14	13	3	2
NE / m	14	9	1	5	11	13	7	2	4	6	8	3	15	10	12
PB	11	6	4	5	14	15	3	7	2	10	9	1	8	13	12
RPAI	4	9	7	3	15	14	6	8	5	10	11	1	2	13	12
PG	4	1	10	15	14	12	8	13	2	9	7	11	3	6	5
PMG	3	1	10	15	14	12	7	13	2	11	4	9	6	5	8
RE	14	9	2	5	13	12	8	3	1	6	7	4	15	10	11
RR	3	10	5	7	9	8	14	6	4	1	15	12	11	13	2
IR	14	8	1	12	7	11	6	3	2	5	4	13	15	10	9
Nombre de fois classe 1	0	3	3	3	0	1	0	1	1	2	1	3	0	0	1
Nombre de fois classe 2	0	0	2	1	2	0	3	2	5	1	0	0	1	0	2
Classement	13	4	1	2	12	14	10	7	5	6	9	3	11	15	8

Tableau 24 : Classement des ASC pour les 19 caractères.

III-I-3 Etude du rapport AGC / ASC

La variance due à l'AGC comporte la variance additive et la variance d'épistasie « cis » alors que celle de l'ASC inclue la dominance et l'épistasie « trans ». Le rapport de la variance de l'aptitude générale ($2 \text{ Var } g$) à celle de l'aptitude spécifique ($\text{Var } s$) est une estimation des effets additifs par rapport aux effets de dominances.

Le rapport AGC / ASC (tableau 25, p 105) dépasse largement l'unité pour les caractères hauteur de la tige, longueur de l'épi, le nombre de grains / épi, le nombre d'épis par mètre linéaire, le poids de la biomasse aérienne et le rendement estimé, ceci suggère que leur hérédité est largement contrôlée par des effets additifs. Ce rapport AGC / ASC (tableau 25) est faible pour les caractères dates d'épiaison et de floraison, longueurs du col et de barbes, nombre total d'épillets, nombre d'épillets fertiles et stériles, poids des grains par épi et poids de mille grains, rendement en paille, rendement en grain réel et indice de récolte. Ces caractères sont sous contrôle génétique additif et non additif, il y a donc dominance et / ou superdominance.

Singh et Nanda (1989) trouvent que l'action de dominance est présentée pour le nombre de talles par plante, l'indice de récolte, le rendement en grain et le nombre de grains par épi. Pour Vitkare et Atale (1991) le rapport AGC / ASC est inférieur à 1 pour le nombre d'épis par plante et le rendement en grain. Hassan et Saad (1996) indique que le rapport AGC / ASC est supérieur à 1 pour la date d'épiaison, la longueur de l'épi, le nombre de grains par épi, le rendement en grain par épi et le poids de mille grains indiquant l'action des gènes additive et additive x additive dans le contrôle de ces caractères. Une action des gènes non additive est remarquée pour la hauteur des plantes, le nombre de talles par plante et le rendement en grain par plante.

Hanifi (1999) et Hanifi-Mekliche et Gallais (1999) trouvent que le poids de mille grains et la précocité à l'épiaison chez l'orge apparaissent comme les caractères les plus additifs.

Les travaux de Bouzerzour *et al.*, (1995) sur orge montrent que le nombre d'épis et le nombre de grains par épi sont régis par un système génique additif alors que le rendement et le poids des grains sont sous contrôle des actions de dominance. De même Tapsell et Thomas (1983) constatent que le nombre de grains par épi, le nombre d'épis, le nombre de talles herbacées et le rendement en grain sont influencés par l'environnement, alors que le poids des grains est sous contrôle d'effets additifs.

Chez le blé (Jatasra et Paroda, 1979) et le triticale (Jung et Lelley, 1985), l'aptitude spécifique à la combinaison est nettement supérieure à l'aptitude générale à la combinaison pour le nombre et le poids des grains par épi. Cependant, les travaux de Atale et Vitkare (1990) sur le blé indiquent une ASC non significative pour la précocité, le poids des grains / épi et le poids de 1000 grains.

Tableau 25 : Calcul des composantes de la variation de l'aptitude à la combinaison.

caractères	AGC $1/5 \sum g_i^2$	ASC $1/9 \sum S_{ij}^2$	AGC/ASC
EPI	37,67	87,95	0,43
FLO	47,19	93,90	0,50
EPI-FLO	2,11	3,88	0,54
HT	60,17	5,80	10,37
LE	0,56	0,22	2,54
LC	4,93	5,83	0,85
LB	2,08	7,54	0,28
NEPT / épi	0,36	1,68	0,21
NEPF	0,50	1,52	0,33
NEPS	0,04	1,10	0,04
NG / épi	69,19	0,66	104,83
NE / m	355,64	37,18	9,57
PB	15452,26	297,60	51,92
RPAI	2551,23	4996,64	0,51
PG	0,63	0,98	0,64
PMG	32,81	65,63	0,50
RE	29,38	18,39	1,59
RR	9,00	22,51	0,40
IR	0,02	0,025	0,80

Discussion

L'efficacité de la sélection pour les caractères quantitatifs c'est-à-dire la facilité avec laquelle le caractère observé se transmet à la descendance dépend des valeurs génétiques.

La technique des essais diallèles permet de juger de la valeur des hybrides obtenus à partir d'un stock de lignées dont on ne connaît pas a priori les aptitudes à la combinaison (Zarkouna et Daaloul, 1994).

Les lignées ayant des caractères présentant des effets d'AGC positifs et élevés ont tendance à transmettre à leurs descendance des valeurs élevées et inversement, les lignées ayant des caractères présentant des AGC négatives et faibles ont plutôt tendance à transmettre à leurs descendance des valeurs moyennes à faible.

La hauteur de la tige, la longueur de l'épi / m, le nombre de grains / épi, le nombre d'épis / m linéaire, le poids de la biomasse aérienne et le rendement estimé (AGC / ASC > 1) présentent des effets d'additivité plus importants que les effets de dominance. Ce résultat est en accord avec celui de Sehabi (2000). Dans notre cas, il est nécessaire de choisir d'abord les variétés et de faire de nombreux croisements ensuite. Zahour (1992) note que les meilleures lignées sont probablement issues des plantes ayant les meilleures AGC.

Selon Frey et Fatunla (1976) cité par Bouzerzour et Benmahammed (1995), la variance additive contribue fortement à la sélection quelle que soit la méthode de sélection appliquée. Quand à la valeur non additive qui est de nature épistasique et /ou de dominance elle présente une valeur opposée à la première.

Des effets d'ASC pour la majorité des caractères indiquent une dominance dans le sens d'une forte expression de la valeur moyenne de ces caractères.

De l'ensemble de ces résultats, nous retenons que la variété Carioca présente une meilleure AGC puisqu'elle est classé la première pour les caractères rendement en grain estimé et indice de récolte et la troisième pour le caractère rendement en grain réel, suivi de la variété Latino classé 2^{ème} pour le rendement en grain estimé et la 3^{ème} pour l'indice de récolte. Ces deux variétés sont capable lorsqu'elles sont croisées avec un certain nombre de partenaires, de donner chez leurs descendance une meilleure performance.

Le croisement Latino / Ardente présente la meilleure aptitude spécifique à la combinaison pour le caractère rendement en grain réel suivi de GTA dur / Chen's (tableau 24, p 103).

III-2 Hétérosis

La détermination de l'effet hétérotique par rapport au parent moyen met en évidence les écarts à l'additivité (dominance partielle et totale) et la référence au meilleur parent souligne les effets de superdominance.

L'hétérosis pour un caractère donné est d'autant plus élevé que les parents de l'hybride se complètent pour les gènes impliqués dans la variation du caractère.

On note un hétérosis par rapport au parent moyen élevé pour le rendement en grain estimé chez les hybrides : Siméto / GTA dur, Siméto / Ardente, Carioca / Ardente, Carioca / Chen's et Latino / Siméto, soient respectivement : 43,83%, 41,34%, 31,07%, 35,70%, 48,46% et 52,09% (tableau 29). Ces résultats rejoignent ceux de Rachuvanshi *et al.*, (1989) et ceux de Singh et Mishra (1990) sur blé, où ils trouvent un hétérosis important pour le rendement en grain. Selon ces auteurs, l'augmentation de la vigueur hybride est due à l'accumulation d'un nombre important d'allèles favorables à l'expression

du caractère. Cependant, l'hétérosis pour un caractère aussi complexe que le rendement est un phénomène évident.

D'ailleurs, Immer (1941) cité par Ramage (1983) confirme qu'il peut être plus élevé comparé à celui des composantes du rendement.

Grafius (1959) pense que chez l'orge, l'hétérosis du rendement peut s'expliquer par l'épistasie et la dominance des gènes qui affectent les composantes du rendement. Ces deux effets ne sont pas exclusifs mais l'épistasie semble être très importante chez cette espèce.

Les hybrides Siméto / Latino, Siméto / Carioca et GTA dur / Siméto présentent un fort taux d'hétérosis pour le nombre et le poids des grains par épi et le poids de 1000 grains (tableau 4 annexe 3). Pour les autres croisements, on n'observe un effet hétérotique significatif que pour une ou deux composantes seulement. L'hybride Latino / Siméto exprime le plus fort hétérosis par rapport au parent moyen pour l'indice de récolte (50 %).

On note l'absence d'hétérosis pour le nombre d'épis par mètre linéaire (Latino / Chen's), et le nombre d'épillets fertiles par épi (Carioca / Ardente) (tableau 4 annexe 3). Selon Lefort-Buson et Devienne (1985), ce cas s'expliquerait par un nombre égal de loci dont le sens de dominance est opposé, ce qui tend à annuler l'hétérosis global.

Concernant les caractères morphologiques, les croisements Siméto / Carioca, Latino / Carioca et Latino / GTA dur présentent un hétérosis par rapport au parent moyen élevé pour la hauteur de la tige, soit respectivement : 30,13 % ; 25,70 % et 22,57 %.

Les hybrides Latino / Carioca, Latino / Chen's, Chen's / GTA dur et Latino / Siméto montrent un hétérosis par rapport au parent moyen élevé pour la longueur de l'épi, et la longueur du col de l'épi.

Parmi les trente hybrides étudiés, on enregistre un hétérosis par rapport au meilleur parent élevé et significatif pour le rendement en grain chez Siméto / GTA dur, Siméto / Ardente, Carioca / Ardente, Carioca / Chen's, Latino / Siméto avec des valeurs respectives : 20,42 %, 26,37 %, 31,93 %, 28,99 % et 28,63 %.

Pour le nombre de grains par épi, le poids des grains par épi et le poids de 1000 grains, on note un hétérosis par rapport au meilleur parent élevé uniquement pour une ou deux composantes (tableau 5 annexe 3).

Un hétérosis par rapport au meilleur parent important est également observé pour l'indice de récolte chez Carioca / Ardente (36,95 %). Cet hétérosis est indicateur de l'étendue de l'augmentation de la production en grain avec l'existence d'une biomasse chez la plante.

Chez le blé, Singh et Mishra (1990) trouvent un hétérosis par rapport au parent moyen important de l'ordre de 61,7 % et 56,46 % respectivement pour le rendement en grain et l'indice de récolte.

L'hybride Carioca / Ardente exprime le plus fort hétérosis par rapport au meilleur parent pour le nombre d'épis par m linéaire (23,52 %).

Pour les caractères relatifs à la morphologie du maître brin, les valeurs d'hétérosis par rapport au meilleur parent varient de : -27,64 % à 28,56 % pour la hauteur de la tige, de : -10,15 % à 36,44 % pour la longueur du col de l'épi, de : -47,24 % à 15,34 % pour la longueur de barbes.

La vigueur hybride est basée sur la complémentarité des apports gamétiques des parents par des gènes dominants favorables. Dans ce sens l'expression de l'effet hétérotique peut être liée en partie à l'action non additive des gènes. Selon Jung et Lelly

(1985), l'absence d'hétérosis ou sa faible valeur chez l'orge reflète probablement une action additive importante des gènes. Alors que Baiely *et al.*, (1980), pensent que l'effet additif est la principale cause de la réponse hétérotique dans un croisement diallèle et triallèle des espèces diploïdes.

III-3 Hérité des caractères selon l'analyse de Hayman

L'analyse de Hayman (1954) est une méthode graphique permettant de déterminer la dominance et la valeur du stock génique de chaque parent pour un caractère donné et de prévoir l'existence d'action additive des gènes déterminant des combinaisons transgressives et fixables.

Lorsque la droite de régression est une bissectrice de l'axe des ordonnées W_r / V_r , on parle de dominance complète. Par contre, si elle le coupe en dessous de l'origine, il ya superdominance ou lorsqu'elle passe au-dessus de l'origine on est dans le cas de dominance incomplète. Si la droite est tangente à la parabole, il n'ya pas de dominance.

La position des différents points (V_r , W_r) de la droite nous permet de connaître la nature des gènes que contiennent les parents envisagés. Si le point représentatif du parent qui a la plus grande valeur pour un caractère donné, se trouve à l'extrémité supérieure de la droite, ce génotype contient alors des gènes récessifs favorables à l'accroissement du caractère envisagé. Par contre s'il se trouve à l'extrémité inférieure, le parent contient plutôt des gènes dominants. Sa position dans la partie médiane indique que le génotype contient des gènes récessifs et dominants à part égale (Cousin, 1969).

III-3-1 Analyse des effets

On enregistre une dominance partielle à complète pour le poids de mille grains, les rendements en grain estimés et réels (tableau 26, p 111). La dominance des caractères traduit une corrélation de la distribution des gènes ou une épistasie (Liang *et al*, 1968).

La hauteur du maître-brin, la longueur de l'épi, la longueur du col, le nombre d'épis / m, le nombre d'épillets fertiles et stériles, le nombre total d'épillets, le poids des grains, le rendement en paille et l'indice de récolte montrent des effets apparents de superdominance (tableau 26, p 111).

III-3-2 Sens de la dominance

Les graphiques représentant la répartition des génotypes parentaux autour de la droite de régression (W_r+V_r , Xii) montrent que la dominance enregistrée agit dans le sens d'une meilleure expression des caractères suivants : longueur de l'épi, longueur du col, nombre d'épillets fertiles, nombre d'épillets stériles, nombre total d'épillets (pente négative). Par contre, les gènes dominants contrôlant les dates d'épiaison, de floraison, la hauteur du maître-brin, la longueur des barbes, le nombre d'épis / m, le nombre de grains, le poids des grains, le poids de 1000 grains, le poids de la biomasse aérienne, le rendement en paille, le rendement en grain estimé, le rendement en grain réel et l'indice de récolte ont une action négative (pente positive). La nature des gènes contrôlant les caractères étudiés est indiquée dans le tableau 26, p 111.

III-3-3 Possibilités de transgression

Etude comparative de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) et analyse diallèle de leurs hybrides F1

Les intersections de la droite de régression et de la parabole définissent les points représentatifs des individus ayant accumulé la totalité des gènes récessifs ou de gènes dominants. Cette situation est observée pour la longueur du col de l'épi, le nombre d'épis/ m linéaire, le nombre d'épillets fertiles, le nombre de grains par épi, le rendement en paille, le rendement en grain réel et l'indice de récolte. Ainsi, ces résultats laissent déduire qu'on ne peut pas espérer de progrès génétique par rapport au meilleur parent pour ces caractères. Au contraire, la disposition des différents points du diallèle relatifs aux caractères précocité d'épiaison et de floraison, hauteur de la tige, longueur de l'épi, longueur de barbes, nombre total d'épillets, nombre d'épillets stériles, poids des grains, poids de la biomasse aérienne et poids de mille grains, indique la possibilité de transgression à laquelle on pourrait parvenir par recombinaison entre les parents intéressants.

Tableau 26 : Résultats récapitulatifs de l'analyse diallèle Hayman pour l'ensemble des caractères étudiés.

Caractères	Dominance	Gènes favorables à l'augmentation du caractère	Variété possédant les gènes favorables	Transgression	Sens de la dominance
EPI	Dominance incomplète	Gènes dominants et récessifs	GTA dur	Oui	+
FLO	Super dominance	Gènes récessifs	GTA dur	Oui	+
HT	Super dominance	Gènes dominants et récessifs	Ardente et Siméto	Oui	+
LE	Super dominance	Gènes récessifs	Siméto	Oui	-
LC	Super dominance	Gènes dominants et récessifs	Chen's, Latino et Ardente	Non	-
LB	Dominance incomplète	Gènes récessifs	Ardente	Oui	+
NEP /m	Super dominance	Gènes récessifs	Chen's	Non	+
NEPF	Super dominance	Gènes dominants et récessifs	Chen's et Ardente	Non	-
NEPS	Super dominance	Gènes récessifs	Siméto	Oui	-
NEPT	Super dominance	Gènes récessifs	Chen's	Oui	-
NG	Dominance incomplète	Gènes récessifs	Ardente	Non	+
PG	Super dominance	Gènes récessifs	Ardente	Oui	+
PMG	Dominance complète	Gènes dominants et récessifs	Ardente	Oui	+
PB / m	Dominance incomplète	Gènes dominants	Chen's	Oui	+
RPAI	Super dominance	Gènes récessifs	Siméto	Non	+
RE	Dominance complète	Gènes récessifs	Chen's	Oui	+
RR	Dominance complète	Gènes dominants	Latino	Non	+
IR	Superdominance	Gènes dominants et récessifs	Carioca	Non	+

+ = Positif

- = Négatif

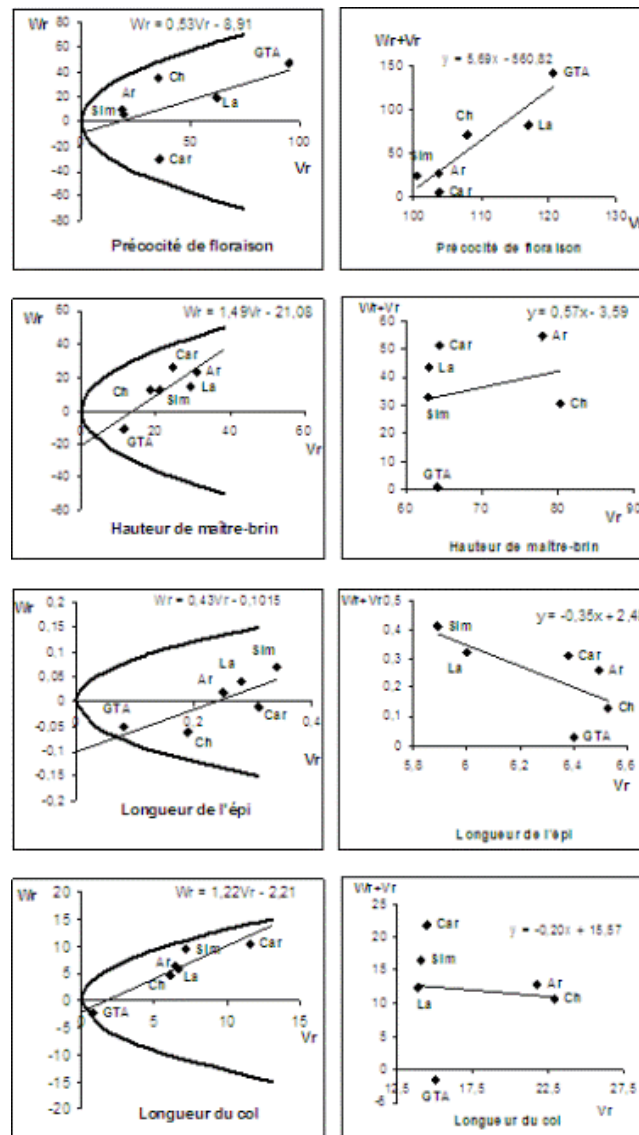


Figure 21 : Analyse graphique de Hayman pour la date de floraison, la hauteur du maître-brin , longueurs de l'épi et du col de l'épi.

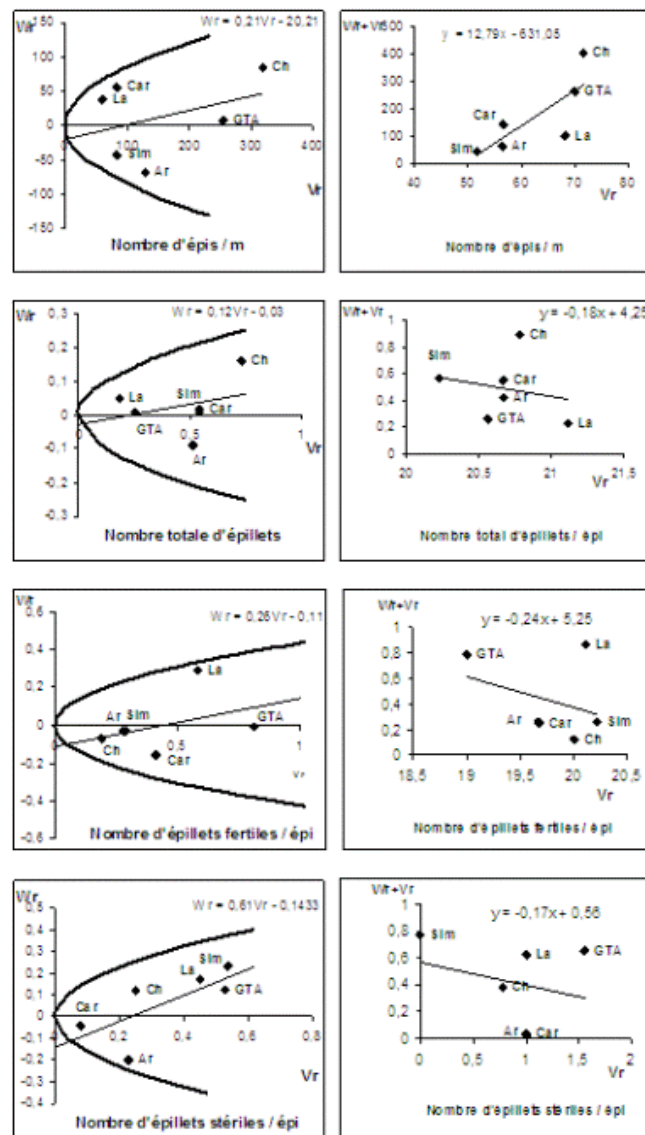


Figure 22 : Analyse graphique de Hayman pour le nombre d'épis / m, le nombre totale d'épillets et le nombre d'épillets fertiles et stériles.

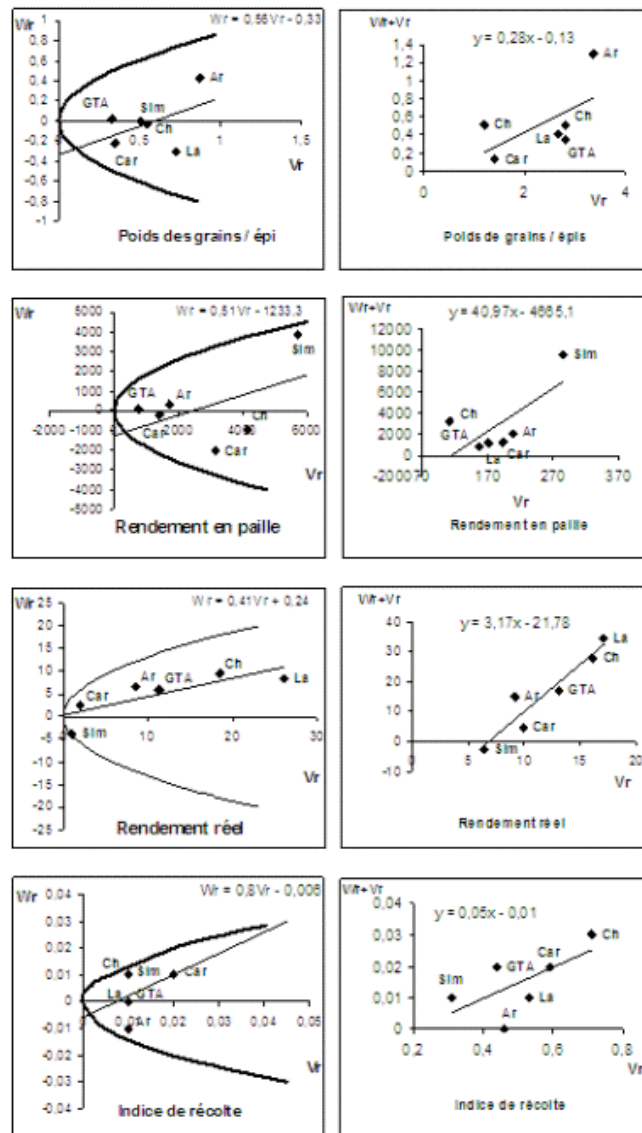


Figure 23 : Analyse graphique de Hayman pour le poids des grains, le rendements en paille, le rendement en grain réel et l'indice de récolte.

III-4 Héritabilité des caractères

L'estimation et la comparaison des héritabilités ou du rapport AGC/ASC permet au sélectionneur de choisir la méthode de sélection et de prédire le progrès génétique. Avec une forte héritabilité, l'individu peut-être évalué à partir de son expression phénotypique. En effet, le facteur le plus important contribuant à l'héritabilité d'un caractère est son degré d'expressivité. Un caractère très influencé par le milieu tend à avoir une faible héritabilité. Allard (1960) et Zahour (1992) donnent des indications pour juger de la valeur du degré de l'héritabilité au sens large (h^2 sl). Les valeurs supérieures à 70 % sont jugées comme élevées, entre 50 % et 70 % comme moyenne et inférieures à 50 % comme faibles.

On note une forte héritabilité au sens large pour l'ensemble des caractères étudiés, elle varie de 0,83 (longueur du col) à 0,99 (nombre de grains) (tableau 27, p 116). L'intérêt de ces résultats est limité du fait que l'héritabilité au sens large contient une part de la variance due

aux interactions entre allèles de loci hétérozygote (variance de dominance et d'épistasie trans) qui n'est pas transmissible.

Une faible héritabilité au sens étroit est enregistrée pour le nombre d'épillets fertiles (-0,15), la longueur du col (-0,15), le nombre d'épis / m linéaire (0,01), l'indice de récolte (-0,07) (tableau 27, p 116). Ces résultats indiquent que l'expression de ces caractères est contrôlée par des effets génétiques non additifs et des effets de l'environnement. Ceci confirme les résultats de l'analyse Hayman qui montrent une superdominance pour ces caractères.

Les valeurs négatives observées chez certains caractères (rendement en grain et en paille, poids de grains, nombre d'épillets stériles, nombre d'épillets fertiles, nombre total d'épillets, longueur de barbes, longueur du col, dates d'épiaison et de floraison et indice de récolte) (tableau 27) traduisent en réalité une héritabilité nulle (Gabillard, 1983).

Pour la hauteur de la tige et le nombre de grains par épi, l'héritabilité au sens étroit est élevée (0,62 et 0,97 respectivement). Ces résultats confirment ceux de l'analyse de Griffing où le rapport V^2g / V^2s indique une action additive importante. Ces caractères sont donc fixables et transmissibles. Une forte héritabilité est enregistrée chez le sorgho pour le poids des grains et la durée de floraison (Liang *et al.*, 1972), la longueur de l'épi et le nombre d'épis (Chiang et Smith, 1967). Pour Knapp *et al.*, (1987) ; l'héritabilité du rendement en grain est moyenne et celle du poids de 1000 grains est faible.

	EPI	FLO	EPI-FLO	HT	LE	LC	LB	NEP	NTEP	NEPF	NEPS	NG	PG	PB	RPAI	PMG	RE	RR	IR
Héritabilité au sens large	0,97	0,98	0,96	0,93	0,94	0,83	0,95	0,99	0,93	0,95	0,93	0,99	0,98	0,99	0,99	0,96	0,98	0,98	0,99
Héritabilité au sens étroit	-0,40	-0,34	0,30	0,62	0,40	-0,15	-0,57	0,09	-0,65	-0,15	-0,91	0,97	-0,21	0,06	-0,32	0,13	0,22	-0,43	-0,07

Tableau 27 : Valeurs d'héritabilité au sens large et au sens étroit enregistrées chez les différents caractères (modèle aléatoire).

Conclusion générale

Un croisement diallèle a été réalisé durant l'année 2006/ 2007 entre six variétés de blé dur, afin d'évaluer le déterminisme génétique de ces génotypes, et la recherche de meilleures combinaisons possibles valorisant au mieux les conditions du milieu.

Tenant compte du peu d'informations sur les caractéristiques agronomiques et génétiques concernant les variétés utilisées, l'approche méthodologique ci-après a été suivie :

- Dans une première étape, analyser les variétés par une étude de certains caractères phénologiques et biologiques.
- Dans une seconde étape, analyser comparativement les parents et les hybrides F₁.
- Dans une troisième étape, évaluer le déterminisme génétique pour préciser le comportement héréditaire des caractères favorables qu'il convient de retenir dans un programme d'amélioration variétale, déterminer les aptitudes générales et spécifiques à la combinaison et l'estimation de l'héritabilité des caractères.

Notre étude s'est heurtée à certaines contraintes : l'échantillonnage réduit à 100 plants chez les parents, et variable de (20 à 74 plants) chez les F₁ selon les croisements.

L'étude des parents a fait ressortir un certain nombre de caractères agronomiques intéressants. L'expression des performances agronomiques des variétés est en étroite relation avec leur potentiel génétique d'une part, et d'autre part, avec les conditions climatiques et édaphiques et nutritionnelles auxquels, elles étaient soumises.

A la lumière des résultats obtenus au niveau de notre essai, nous tirons les conclusions suivantes :

- En terme de précocité, les meilleures combinaisons sont respectivement GTA dur/ Ardente, Ardente/ Siméto pour le paramètre épiaison, GTA dur/ Ardente et Latino/ Siméto pour le paramètre floraison.

- Concernant, la hauteur du maître-brin et la longueur du col de l'épi ; le croisement Latino/ Chen's manifeste la longueur la plus importante.

- Le nombre total d'épillets et le nombre d'épillets fertiles le plus élevé est donné par l'hybride Siméto/ Chen's.

- Les croisements : Siméto/ Latino, Siméto/ Carioca et Siméto/ GTA dur ont donné les plus hauts poids de mille grains et nombre de grains par épi en F₁ par rapport à leurs parents. Ces hybrides ont tous le géniteur Siméto comme partenaire femelle. Tandis que ceux ayant réalisé

le plus faible rendement en paille (Chen's/ Siméto, Siméto/ Latino, GTA dur/ Chen's), deux ont comme parent femelle : Chen's et GTA dur.

- Le meilleur rendement en grain a été obtenu par le croisement Latino/ Ardente par rapport aux autres croisements. De fortes liaisons génétiques ont été enregistrées chez les lignées parentales entre d'une part le rendement en grain et d'autre part ses composantes

(nombre d'épis par m linéaire, nombre d'épillets fertiles, poids de mille grains), rendement en paille et indice de récolte.

Chez les hybrides, des coefficients de corrélation positifs et hautement significatifs ont été établis entre d'une part le rendement en grain d'autre part le rendement en paille, le nombre d'épis/ m linéaire, le nombre total d'épillets par épi, le nombre de grains, le poids de grains, le poids de mille grains et l'indice de récolte. Ces caractères sont essentiels dans l'élaboration du rendement.

L'analyse diallèle selon Griffing modèle fixe montre des rapports AGC / ASC élevés, pour la hauteur du maître brin, la longueur de l'épi, le nombre de grains par épi, le nombre d'épis par m linéaire, le poids de la biomasse aérienne et le rendement estimé qui indiquent que l'additivité est déterminante dans l'expression de ces caractères.

La supériorité constatée de la variance d'aptitude spécifique à la combinaison par rapport à la variance d'aptitude générale à la combinaison chez les autres caractères (les dates d'épiaison et de floraison, la longueur du col de l'épi, la longueur de barbes, le nombre d'épillets totale, fertiles, stériles, le rendement en paille, le poids des grains, le poids de mille grains, le rendement en grain réel et l'indice de récolte) nous incite à effectuer de nombreux croisements et de choisir ensuite.

La variété Ardente constitue un bon géniteur pour le rendement en grain. La variété Siméto est un bon géniteur pour le poids de mille grains, le nombre et le poids de grains par épi. La variété Latino donne les meilleures AGC pour la date de floraison (transmission de la tardivité), la hauteur de la tige (grande hauteur), la longueur de barbes et le rendement en paille, tandis que la variété Chen's possède les meilleures AGC pour la date d'épiaison (transmission de la tardivité), la longueur de l'épi, la longueur du col, le nombre total d'épillets et le nombre d'épillets fertiles.

La vigueur hybride s'est fortement exprimée au niveau des individus de la première génération. En effet, on note que les croisements Latino/ Chen's, Siméto/ Ardente et Siméto/ GTA dur possèdent les meilleures ASC pour la majorité des caractères cependant seul l'hybride Carioca/ Chen's a donné un rendement en grain moyen supérieur aux deux parents. Le rendement est un caractère particulièrement intéressant dont le sélectionneur devra tenir compte dans le choix des meilleures lignées dans les générations ultérieures.

L'aptitude à la combinaison doit faire partie des critères de sélection qu'il est intéressant d'exploiter. La prédominance des effets additifs va dans le sens de la fixation possible de l'hétérosis.

L'héritabilité mesure la part de la variation génotypique dans la variation totale. Ce facteur laisse apparaître que la hauteur de la tige et le nombre de grains par épi ont une bonne valeur, leur sélection est possible dans les conditions d'expérimentation.

Etant donné les effets de superdominance constatés chez les caractères nombre d'épillets fertiles, longueur du col, nombre d'épis par m linéaire ; poids de la biomasse aérienne, poids de mille grains et indice de récolte, les possibilités de transgression à partir des formules parentales sont très difficiles à observer en F₁, leur détection n'est possible qu'à partir de la F₂.

Références bibliographiques

- Abbassene F., 1997.** Etude génétique de la durée des phases de développement et leur influence sur le rendement et ses composantes chez le blé dur (*Triticum durum* Desf). Thèse de magister, INA, Alger. 70p.
- Abbassene F. Bouzerzour H & Hachemi L., 1997.** Phénologie et production de blé dur (*Triticum durum* Desf) en zone semi- aride d'altitude. Annales agronomique de l'INA, Alger n° 18 : 24-36.
- Acevedo E., 1991.** Improvement of winter cereal crops in mediterranean environments. Use of yield, morphological and physiological traits. In : Physiologie-sélection des céréales d'hivers en conditions méditerranéennes. Ed. INRA. Paris. Les colloques 55 : 273-269.
- Ahmed Z. Kumar P. Katyar R.P & Gupta R.R., 1979.** Heterosis in macaroni wheat. Indian J. Genet. Pl. Breed., 39 : 279-284.
- Aissa K. , 1977.** Amélioration variétale des blés tendres en Algérie. Mémoire d'ing. INA El Harrach
- Aissani N.E., 1989.** Etude des composantes de rendement de quelques variétés de blé dur. Thèse, ing. Agro, option biosystématique et amélioration des plantes, Uni. Constantine. 85p.
- Ait Kaki Y., 1993.** Contribution à l'étude des mécanismes morphologiques, physiologiques et biochimiques de tolérance au stress hydrique sur 5 variétés de blé dur. Thèse de magister. Annaba. 114p.
- Ali Dib T., 1992.** Etude de la tolérance à la sécheresse chez le blé dur (*Triticum durum* Desf). Etude des caractères phénologiques et morphologiques d'adaptation. Thèse. Doct. ENSA. Montpellier 186p.
- Allard R.W., 1960.** Principals of plant breeding. Longman, Ny, London, 278p.
- Amboulet A. Masse J et Triboi E., 1983.** Colloque International sur les céréales à cambridge. Extrait rev. Perspective agricole n° 76.
- Annicchiarico P. et Pecetti L., 1993.** Contribution of some agronomic traits to durum wheat performance in a dry mediterranean region of mortherne syria. Agronomie 13: 25-34.
- Atale S.B. et Vitkare D.G., 1990.** Heterotic expression for yield and yield components in 15 x 15 diallel in bread wheat- Ind. J. Genet. 50 (2) : 153-156.
- Auriau P., 1978.** Sélection pour le rendement en fonction du climat chez le blé. An. El. Harrach n° 8 (2), pp.5-14.
- Auriau P., Pluchard P., Masseret B., 1975.** Recherches sur la vigueur hybride chez le blé. Ann. Amélior. des Plantes 25 (2), 177-199

- Auriau P. Doussinault G. Jahier J. Leconte C. Pierre J. Pluchard P. Rousset M. Saur L. et Trottet M., (1992).** Le blé tendre. In : Amélioration des espèces végétales cultivées. Objectifs et critères de sélection. Ed. A. Gallais et H. Bannerot- INRA. Paris. 770p.
- Austin R.B. Bingham J. Blackwell R.D. Evans L.T. Ford M.A. Morgan C.L. et Taylor M., 1980.** Genetic improvements in winter wheat yields since 1900 and associated physiological changes. The journal of agricultural science, Cambridge 94 : 675-689.
- Baiely TH. B. Quadset C.O. et Cox D.E., 1980.** Predicting heterosis in wheat. Crop. Sci. 20 : 339-342.
- Baldy C., 1973.** Progrès récents concernant l'étude du système racinaire du blé (*Triticum Sp*). Ann. Agron. 24 (2). P 241-276.
- Baldy C., 1974.** Contribution à l'étude fréquentielle des conditions climatiques : leur influence sur la production des principales zones céréalières d'Algérie. MARA, projet céréales, Alger. 152p.
- Baldy C., 1984.** Utilisation efficace de l'eau par la végétation en climat méditerranéen. Bull. Soc. Bot. Fr. 131 : 441-444.
- Baldy C., 1992.** Indicateurs de la contrainte hydrique. Sécheresse 6 : 175- 177.
- Balla L. Bedo Z. Lang L., 1989.** The aims and results of wheat breeding in Hungary. Ed. Academy of sci- Hungary.H. 2462 : 109-116.
- Belaïd Dj., 1986.** Aspect sur la céréaliculture algérienne. O.P.U. 207p.
- Benbelkacem A., 1996.** Etude de l'adaptation variétale des céréales cultivées en Algérie sous différentes conditions agro-écologiques. Céréaliculture 31, 17-22.
- Bendjama O., 1977.** Contribution à l'étude de l'élaboration du rendement de quelques variétés de blé dur en fonction des densités de semis dans les conditions écologiques de la station d'El- Kharoub. Thèse.Ing. INA. 105 p.
- Benlaribi M., 1984.** Facteurs de productivité chez 6 variétés de blé dur (*T. durum*) cultivées en Algérie. Thèse Magister. Université. Constantine. 115p.
- Benlaribi M. Monneveux P. Grignac P., 1990.** Etude des caractères d'enracinement et leur rôle dans l'adaptation au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum durum*. Desf). Agronomie 10, 305- 322.
- Bensalem M. Acevedo E. et Srivastava J., 1991.** La sélection des céréales dans les zones arides. Rev. Sécheresse 1 (2) : 17-20.
- Berger M. & Planchon C., 1990.** Physiological factors determining yield in bread wheat. Effets of dwarfing genes. Euphytica 51, 33- 39.
- Bhowmik A. Ali M.S. & Sadeque Z., 1990.** Genetic analysis of kernel weight in wheat (*Triticum aestivum* L). Bangladesh J. Bot., 19, 21-27.
- Bœuf F., 1927.** L'amélioration des plantes cultivées. Boca Reaton, Florida ed., C.R.C. Press, I.N.C., 223p
- Bœuf F., 1932.** Le blé en Tunisie. La plante et le milieu phisico- chimique. Ann ; Serv. Bot & Agro. Tome VIII, Vol. 1. 449p.
- Bœuf F., 1948.** Objectifs de la recherche agronomique, méthodes d'expérimentation. Nouvelles encyclopédies agricoles. 481 p.

- Bonjean A. et Picard E., 1990.** Les céréales à paille. Origine, Histoire, Economie et sélection. Ed. Softword ITM. 201p.
- Boutouchent F., 1999.** Utilisation du croisement interspécifique dans l'amélioration génétique du blé. Thèse de magister. INA. El-harrach. 100 p.
- Bouzerzour H., 1990.** Caractéristiques d'adaptation des orges destinées aux hauts plateaux. Céréaliculture 23 : 11- 18.
- Bouzerzour H., 1992.** Synthèse des essais menés dans le cadre du volet création variétale. Projet de la station de sétif. 20p.
- Bouzerzour H., 1998.** sélection pour le rendement en grain, la précocité, la biomasse aérienne et l'indice de récolte sur l'orge en zone semi- aride. Thèse. Doct d'Etat. Univ. Mentouri, Constantine, 170 p.
- Bouzerzour H. et Oudina M.,1989.** Variabilité du rendement de l'orge sous l'influence du climat des hauts plateaux. In seminaire W.O.M. Eds. ICARDA, 110-119.
- Bouzerzour H. et Monneveux P., 1993.** Analyse des facteurs de stabilité du rendement de l'orge dans les conditions des hauts plateaux de l'Est Algérien
In : Tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne diversité génétique et amélioration variétale. Ed. INRA. Paris. Les colloques 64, 139-158.
- Bouzerzour H. et Benmahammed A., 1995.** Analyse graphique d'un croisement diallèle d'orge. Céréaliculture 28, 9-12.
- Bouzerzour H. Djekoune A.D. Benmahammed A. et Djekhaba F., 1995.** Combining ability analysis of barley genotypes grown in semi- arid region. INAT. Vol 10(2), 74-84.
- Bouzerzour H. & Djekoune A., 1996.** Etude de l'interaction génotype x lieu du rendement de l'orge en semi- aride. Rev. Sci & techn. Université de Constantine 12, 11-14.
- Bouzerzour H., Djekoun A. et Benmahammed A., 1996.** Analyse du déterminisme génétique et de l'indice de récolte dans un croisement diallèle de l'orge (*Hordeum vulgare* L). Annales agronomique INA, 17 (1 et 2), 150-158.
- Bouzerzour H. Benmahamed A. et Hassous K. L., 1997.** Variabilité génétique, héritabilité et corrélation entre caractères mesurés sur orge en milieu semi-aride. Céréaliculture 30, 11-15.
- Bouzerzour H. Benmahammed A. Benbelkacem A., Hamzoune T., Mimouni H. Bourmel S. et Mekhlouf A., 2000.** Stabilité des performances et caractéristiques phéno-morphologiques de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) issues d'une sélection multilocale. Actes du premier symposium international sur la filière Blé 2000 ; enjeux et stratégies. ITGC. Février 2000 : 187-194.
- Boyeldieu J., 1980.** Les cultures céréalières. Ed Hachette. France.
- Brisson N., Caal M L., Antonioletti R. et Gate P., 1996.** Un modèle dynamique de blé dur qui stimule certains mécanismes de résistance à la sécheresse. Aragar el Quosyr. Van Denbroak Ded et Percira. Edition Egypte National Comité, Official sustainability of agriculture. Work scap on irrigation and drainage 47 th international executive council meeting, Cairo (Egypte), 223-243.

- Calvet G. et Viellemin P., 1986.** Interprétation des analyses de la terre. Tome I. P.A.S. Centre de recherche S.C.P.A., aspach le bas, 15p.
- Cauderon Y., 1978.** Hybridation interspécifique et amélioration du blé. Ann. Amélior. des Plantes 8 (2), 15- 41.
- Ceccarelli S. Grando S. & Hamblin J., 1992.** Relationship between barley grain yield measured in low and high yielding environment. Euphytica 64, 49- 58.
- Chevalier R., 1957.** Echaudage chez les blés tendres et poids de mille grains. Ann. Amélior. des Plantes 4. B, 413- 430.
- Chiang M.S. et Smith J.D., 1967.** Diallel analysis of the inheritance of quantitative characters in grain sorghum II : Gene action, the number of effective factors and héritability. Can.J. Genet. Cytol. 9, 823-930.
- Combe L., 1981.** Effet du gaz carbonique et de la culture en climat artificiel sur la croissance et le rendement d'un blé d'hiver. Rev. Agro, 177-186.
- Cousin., 1969.** Les essais diallèles. Le sélectionneur français 7, 75- 96.
- Couvreur F. et Masse J., 1983.** Formation du rendement et niveau de production. Rev. Perspective 32, 8- 11.
- CRC., 2002.** Amélioration du blé au CRC. Fiche d'information du centre de recherche sur les céréales. Winnipeg. Canada, 2p.
- Delecolle R. Gurnade J., 1980.** Liaisons entre la morphologie du brin, le rendement de l'épi et les composantes du rendement chez le blé tendre, effet variétal. An. Agro 31 (1), 85-105.
- Demarly Y., 1963.** Génétique des tétraploïdes et amélioration des plantes. Ann. Amélior. des Plantes 13 (4), 307-498.
- Demarly y., 1977.** L'amélioration des plantes. Ed. Masson. Paris. 170p.
- Demarly y., 1990.** Reflexion sur le rapport entre culture *in vitro* et amélioration des plantes. Cinquantenaire de la culture *in vitro*, Versailles (France). 24-25 oct. 1989. Ed. I.NRA Paris 1990 (Les colloques de l'INRA n°51).
- Demarly y. et Sibi M., 1989.** Amélioration des plantes et biotechnologies. AUPELF. Ed. John Libbey eurotext, 152p.
- Diapositive expérimentation, 2005.** Diapositive expérimentation Manguio (France).
- Doussinault G., 1978.** La sélection pour la résistance au parasites, application au blé tendre. Ann. Amélior. des Plantes 8 (2), 111-131.
- Dunder S., 1976.** Précis de programmation en amélioration des variétés intensives de blé tendre d'hiver. Ed. Moscon, V.I.R.
- Erroux J. et Laumont P., 1961.** Mémoire de la société d'histoire naturelle de l'Afrique du nord, 5, 95 p.
- Falconer D.S., 1974.** Introduction à la génétique quantitative. Ed. Masson et Cie. Paris. 284 p.
- Feliachi k., 2000 :** Programme de développement de la céréaliculture en Algérie. *In* actes du premier symposium International sur la filière blé : Blé 2, 2000. Enjeux et stratégies Alger 7 au 9 Février 2000. Ed. OAIC, 21-28.

- Ferriere I., 1981.** Les méthodes d'hybridation. Cultivar, juillet- août, 141, 16-18.
- Fischer R.A. et Maurer R., 1978.** Drought resistance in spring wheat cultivars. *In: Grain yield responses Aust. J. Agri. Res.* 29, 897- 912.
- Flandrin F., 1949.** Les blés de semences. Guy le Prat ed, 118p.
- Fonseca S. et Paterson F., 1968.** Yield component heritability and inter relationships in winter wheat. *Crop. Sci. Vol. B*, 85- 88.
- Gabillard D., 1983.** amélioration du rendement protéique de l'orge : génétique quantitative et agro-physiologie. Thèse. Doct 3^e cycle, Inst. Nat. Poly. Tech, Toulouse, 175p.
- Gallais A., 1976.** Sur la signification de l'aptitude générale à la combinaison. *Ann. Amélio. Plantes*, 26 (1), 1-13.
- Gallais A., 1978.** Amélioration des populations, méthodes de sélection et création de variétés. Bases théoriques pour l'étude de la sélection récurrente réciproque. *Ann. Amélio. des Plantes* 28, 637- 666.
- Gallais, 1990.** Théorie de la sélection en amélioration des plantes. Eds. Masson, 588p.
- Gallais A. et Bannerot H., 1992.** Amélioration des espèces végétales cultivées, objectifs et critères de sélection. Ed. INRA, 243-260.
- Garcia del Moral L.F. et Ramos J.M., 1993.** Identification des paramètres morpho-physiologiques d'adaptation aux contraintes environnementales. Adaptation de l'orge dans le sud de l'Espagne. *In: tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétale.* Ed. INRA. Paris. Les colloques 64, 253- 264.
- Gate P., 1995.** Ecophysiologie du blé. Ed. Lavoisier. Paris. 429p.
- Gate Ph. et Masse J., 1990.** La maturation. I.T.C.F. Service Plante- Climat. 10p.
- Gate P., Brain P., Colnenne J. et Briffeaux G., 1990.** Pour les céréales à paille à chaque variété son époque de semis. *Persp. Agric.* 148 : 20-27.
- Gate P., Dagneaud J. et Vignier L., 1991.** Bilan climatique des céréales : principaux faits marquants et comportement variétal. *Rev. Perspectives agricoles* 163, 77- 86.
- Gate P. Bouthier A. Woznica K. et Manzo M6E., 1992.** La tolérance des variétés de blé tendre d'hiver à la sécheresse : Premiers résultats ITCF, *Perspectives agricoles* 145, 17-27.
- Gauthier A. et Joudrier M., 1991.** Stratégie de sélection pour l'amélioration des céréales « application du génie génétique en amélioration des céréales ». Conférence de saragosse, INRA / ICARDA.
- Goujon C. Paquet J., 1968.** Contribution à l'étude de la vigueur hybride chez le blé tendre, essai de rendement en semis d'automne. 65-66 et 66-67. *Ann. Amélio. des Plantes* 18 (3), 223-235.
- Grafius J.E., 1959.** Heterosis in barley. *Agron. J.* 51, 551-554.
- Griffing B., 1956.** Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian J. Biol. Sci.*, 9 : 463-493.

- Grignac P., 1965.** Contribution à l'étude du genre *Triticum durum* Desf.. Thèse doctorat. Université de Toulouse, 246p.
- Grignac P., 1970.** Amélioration de la qualité des variétés de blé dur. Ann. Amélio. des Plantes 20 (2), 159-188.
- Grignac P., 1978.** Le blé dur : Techniques agricoles. Tome I, 6-10.
- Grignac P., 1981.** Limites de potentialité de production dans différents systèmes de cultures et dans différentes zones méditerranéennes. Agrimed. Séminaire Bari, Italie.
- Gross A., 1979.** Engrais. Guide pratique de la fertilisation. Ed. La maison rustique. Paris, 436 p.
- Hachemi I., 1979.** Le blé dur en Algérie. 5th cereal workshop on the Gap between present farm yield and potential, 19- 25.
- Hanifi- Mekliche, 1983.** Etude agronomique, analyse diallèle et cytogénétique de quatre variétés de blé tendre cultivées en Algérie. Thèse Magister 150p.
- Hanifi L., 1999.** Contribution à l'étude de l'hétérosis et de l'intérêt des F₁, F₂ et lignées haploïdes doublées chez l'orge. Thèse de Doctorat. Université des sciences et technologies de Lille. 177 p.
- Hanifi- Mekliche L. & Gallais A., 1999.** Heterosis, genetic effects and value of F₂ S and doubled- haploïd lines in barley. INRA / Elsevier, Paris. Agronomie 19, 509-520.
- Hassan E.E . & Saad A.M.M., 1996.** Combining ability, heterosis, correlation and multiple linear regression for yield and its contributing characters in some bread wheat genotypes. Annuals of Agric. Sc. Moshtohor, 34 (2), 487-499.
- Hayman B.I., 1954.** The analysis of variance of diallel tables in biometrics. 10, 235-244.
- Henin S., 1969.** le profil cultural. Edition Masson, 2^{eme} édition, Paris. 332 p.
- 100.Henry Y. et Debuysse J., 1982.** Haploïdie chez l'orge. Cultivar 46, 22-23.
- Hervé Y., 1976.** Introduction à l'amélioration des plantes. Cours polycopies. INA. El Harrach. 65p.
- Herve S., 1989.** « Produire des céréales à pailles ». 33p.
- Houssaine D., 2004.** Adaptation au stress hydrique de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum*). Céréaliculture 42, 29-33.
- Housset K., 2002.** Problèmes liés à l'information diffusé et au débat social autour des organismes génétiquement modifiés (OGM). A: / Inserm. Fr /. Ethique / travaux, nsf.
- Hurd E. A., 1974.** Phenotype and drought tolerance in wheat. Agro Meteo 14, 39- 53.
- Hurd E.A., 1976.** Plant breeding for drought resistance. IV : soil water measurment, plant responses and breeding for drought resistance. In: water deficits and plant growth. Ed. Academic. Press. INC, 317-345.
- INA., 1979.** Cours de céréaliculture. Première partie INA, 1979-1980. 87p.
- Ingoat G. Couvreur F., 1979.** Du nouveau sur la croissance du blé. Extrait rev. Perspectives agricoles 32, 3-8.
- Ingold M., 1974.** La longueur de la paille dans les hybrides F₁ du blé. La recherche agronomique en Suisse, vol. 13, fasc 112, 235- 243.

- ITGC., 1992.** Statistiques céréalières 1876- 1991 : blé dur, blé tendre, orge, avoine. Document ITGC- Bibliothèque, Janvier 1992.
- ITGC., 1996.** Les semences de céréales à paille. Vespa. R et clae y Agri- Nathan. 94p.
- ITGC, 1999.** Analyse des contraintes liées à la céréaliculture. Programme de développement de la filère céréale, 8-10.
- ITGC, 2006.** Variétés de blé cultivées en Algérie. 32 p.
- Jatasra D.S. et Paroda R.S., 1979.** Heterosis and combining ability for synchrony traits in wheat. *Ind. J. Genet and Plant. Breed.* 39 (3), 521-528.
- Johnson., 1966.** Inheritance of plant and seed characteristics in a cross of ard red winter wheat, *Triticum aestivum* L. *Crop. Sci* 6, 336-338.
- Johnson D.A. Richards R.A. et Turner N.C.,1983.** Yield, gas exchange and surface reflectance near- isogenic wheat lines differing in glaucousness. *Crop. Sci*, 23, 318-325.
- Jonard P., 1964.** Etude comparative de la croissance de deux variétés de blé tendre. *Ann. Amélior. Plant.*, 14 (2).
- Jung C. et Lelly T., 1985.** Genetic interactions between wheat and rye genome in triticale. 2 : Morphological and yield characters. *Theor. Appl. Genet.* 70, 427-432.
- Kayyal H., 1973.** Caractéristiques agro-écologiques du type Haurani (*Triticum durum* Desf) et les possibilités de son amélioration. *Ann. Amélio. des Plantes* 23, 245-257.
- Knapp S.J., Ross W.M. et stroup W.W., 1987.** Precision of genetic variance and heritability estimates from sorghum populations. *Crop. Sci.* 27, 265-268.
- Kribaa M., 1990.** Contribution à l'étude de l'irrigation d'appoint et de la fertilisation azotée d'un blé dur (waha), en zone semi- aride. Cas des hautes plaines sétifiennes. Thèse de magister INA, Alger, 87p.
- Lafarage M. & Gaul C.A., 1985.** Effet des conditions de sol et de fertilisation phosphor-calcique sur la croissance de l'orge à 1100 m dans le massif central. *In agronomie.* (4), 313-323.
- Lafon J.R., 1987.** Biologie des plantes cultivées. Physiologie du développement génétique et amélioration. Ed. L'A.R.E.P.E. 172p.
- Lafon J.P., Tharaud PC. et Levy G., 1987.** Biologie des plantes cultiées. T2. Lavoisier, Paris. 172 p.
- Ledent J.F., 1978.** Etude intervariétales des relations entre rendement par épi et les caractères morphologiques chez le blé dur d'hiver, relation morphologique à la floraison. *Ann. Amélio.des Plantes* 29, 625-640.
- Lefort- Buson M., 1985.** Les distances génétiques : Estimations et applications. Paris I.N.R.A., 181p.
- Lefort- Buson M. et Devienne P., 1985.** Les distances génétiques estimations et application. Ed. INRA. Paris. Distance génétique et hétérosis. 1.mise en évidence d'une relation entre hétérosis et divergence génétique, 111-118.
- Le poivre P., 2003.** Phytopathologie. Ed. De boeck. Bruxelles. 427 p.

- Liang G.H. Reddy C.R. et Dayton A.D., 1972.** Heterosis, inbreeding depression and heritability estimates in a systematic series of grain sorghum genotypes. *Crop. Sci.* (12), 409-411.
- Maciejewski J, 1991.** Semences et plants. Agriculture d'aujourd'hui. Sciences et techniques des grandes cultures, 18 et 19 Avril, 10 p.
- Malet P. Gurnade J., 1981.** Macrophysiologie de la maturation du blé d'hiver en conditions naturelles, étude réalisée dans le cadre d'une action concertée entre l'INRA et l'ITCF (notion de représentativité chronologique et normes d'échantillonnage). *Agronome* 1(3), 235-242.
- Mackee J., 1968.** The genetic basis of wheat systematics. *SKH. Biol* 3, 12-25.
- Malki M. et Redjel N., 2000.** Produire du blé dur et /ou conserver l'écosystème : standardisation des politiques, comportement des agriculteurs et dégradation de l'écosystème. Actes du premier symposium international sur la filière Blé 2000 : enjeux et stratégies. ITGC. Février 2000, 39-43.
- Masle J., 1982.** Comment se fait le rendement. Extrait rev, entreprise agricole, 142 p.
- Masle J. Meynard K. et Sebillotte M., 1981.** Etude de l'hétérogénéité d'un peuplement de blé d'hiver. Notion de structure de peuplement. *Rev. agricole*, 107-116.
- Mekhlouf A., 1998.** Etude de transmission héréditaire des caractères associés au rendement en grain, et de leur efficacité en sélection chez le blé dur (*Triticum durum*, Desf). Thèse de Magister. INA. El Harrach. 63 p.
- Mekhlouf A. et Bouzerzour H., 2000.** Comparaison de l'efficacité de la sélection précoce directe et indirecte pour améliorer le rendement en grain chez le blé dur (*Triticum durum* Desf), en zone semi-arides d'altitude. *Recherche agronomique* 9.
- Mekliche A., 1988.** Irrigation de complément du blé. Séminaire national sur l'intensification céréalière. Alger.
- Mekliche L. et Sehabi M., 2001.** Comparaison de l'effet du stress hydrique sur le rendement, les composantes du rendement et l'indice de récolte chez quelques variétés d'orge et leur descendance F₁. *Céréaliculture* 36, 44-49.
- Ministère de l'agriculture et du développement rural, 2006.** Statistiques agricoles des céréales cultivées en Algérie, 3 p.
- Monneveux P., 1991.** Quelles stratégies pour l'amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique des céréales d'hiver. In : L'amélioration des plantes pour l'adaptation au milieu arides. Aupelf- Uref. John Libbey. Eurotest, 165-186.
- Monneveux P. This D., 1997.** La génétique face au problème de la tolérance des plantes cultivées à la sécheresse : espoirs et difficultés. *Sécheresse* 8, 29-37.
- Moris M., Belaid A. & Byerlee D., 1991.** Wheat and barley production in rainfed marginal environment of the developing world. In CMMYT world wheat facts and trends, 1- 26.
- Moule C., 1980.** Les céréales. Ed. La maison rustique. Paris. 318 p.
- Mouret J.C., Conésa A. P., Bouchier A. Gaid M. & Ould Said O., 1991.** Identification des facteurs de variabilité du rendement du blé dur en conditions hydriques limitantes dans la région de Sidi Bel Abbes. Eds. INRA France, les Colloques 55, 35- 47.

- Nachit M. M. et Jarret M., 1986.** Association of morphological characters to yield in Durum Wheat under mediterranean dry land conditions. *Rachis* vol 5 (2) 1986, 33-34.
- Nachit M. M. et Ketata H., 1989.** Breeding strategy for improving durum wheat in mediterranean rainfed areas. Proceeding of 4th international wheat conference. 2-9 may, Rabat, 42-56.
- Nass H.G., 1973.** Détermination of characters for yield, sélection in spring wheat. *Can. J. Plant. Sci.* 53, 755-762.
- Ortiz-Ferrera G., Yau S.K. et Assad Moussa M. (1991).** Identification of agronomic traits associated with yield under stress conditions. *In* : Physiology-breeding of winter cereals for stressed Mediterranean environments. Colloques 55, eds Montpellier, INRA Paris, 67-88.
- Oulie Y., 1986.** Amélioration des plantes. Ed. C.N.P.R, 96p.
- Oultache S., 1991.** Contribution à l'étude du rythme de développement et de l'élaboration du rendement chez trois variétés de blé dur. Mémoire d'Ingénieur Institut d'agronomie de Batna, 60 p.
- Oury F.X., Brabant P., Pluchard P., Berard P. et Rousset M., 1990.** Etude multilocale de blés hybrides: Niveaux d'hétérosis et élaboration du rendement. *Agronomie* 10, 291-304.
- Ozgen M., 1991.** Yield stability of winter wheat (*Triticum sp.*) cultivars and lines. *Agr.J. Crop. Sci.* 166, 318-325.
- Paquet J., 1961.** Notation visuelle de l'aspect échaudage du grain de blé tendre à maturité. *Ann. Amélio. des Plantes* 11 (3), 325-334.
- Paquet J., 1968.** Action d'une élévation brusque de la température sur l'évolution de la teneur en protéine du blé tendre. *Ann. Amélio. des Plantes* 18 (1), 17-27.
- Passioura J., 1986.** Resistance to drought and salinity : Avenues for improvement. *Aust. J. Plant. Physiol.* 13, 191-201.
- Pfeiffer W.H. Sayre K.D. Reynolds M.P., 2000.** Enhancing genetic grain yield potential and yield stability in durum wheat. Durum wheat improvement in the Méditerranéen: Nouveaux défis. Zaragoza. Option Méditerranéennes, série A. Séminaires Méditerranéens 40, 83-93.
- Picard E., 1991.** Stratégie de sélection pour les céréales. Intégration de biotechnologie en amélioration des céréales. Conférence de Saragosse, I.N.R.A / I.C.A.R.D.A. 14p.
- Picard E., Crambes E. et Mihammou- Ziyata., 1994.** L'haplodiploïdisation, un outil multiusage pour la génétique et l'amélioration des céréales. *In* : Quel avenir pour l'amélioration des plantes ?. Paris, 355- 369.
- Prats J., 1966.** La fertilisation raisonnée. Ministère de l'agriculture. Direction générale de production et de marchés. 7 édition. Paris. 87 p.
- Prevost ph., 1976.** Génétique. Ed. Lavoisier. Paris, 299 p.
- Rachedi M., 2003.** Les céréales en Algérie, problématique et option de réforme, *Céréaliculture* 38, 1-7.
- Rachuvanshi K.M.S., Singh S.P. et Rao S. K., 1989.** Parental diversity in relation to heterosis for yield and its components in wheat. *Crop. Impro.* 16 (2), 182-184.

- Ramage R.T., 1983.** Heterosis and hybrid seed production in barley. *In* : Heterosis reappraisal of theory and practice. Ed. Frankel. USA, 290p.
- Reitz L. P., 1974.** Breeding for more efficient water Use – Is it real or a mirage. *Agri. Water. Management* 14, 3-28.
- Richards R.A., 1996.** Defining selection criteria to improve yield under drought. *Plant Growth Regulation* 20, 157-166.
- Richards R.A.G.J., Rebtzke. AF., Van Herwaardlen., BL.Dugganb. et AG.Condon., 1997.** Improving yield in raifed environments et du physiological plant breeding. *Dryland Agriculture.* 36, 254-266.
- Rivière CH., 1928.** Climatologie et zones de culture. *Traité pratique d'agriculture pour le nord de l'Afrique.* Ed société géographiques- Maritimes et coloniales. Tome I.
- Riviere M. et Lecq M., 1900.** L'agriculteur algérien.Ed. Augustin challamel, 171-194.
- Rousset H., 1978.** Amélioration du blé tendre pour sa valeur d'utilisation. *Ann. Amélio. des Plantes* 8 (2), 45-81.
- Rousset H., 1986.** Amélioration des plantes autogames. *Rev. Agronomie* (9), 606-619.
- Roy., 1989.** Variétés des céréales. *Perspectives agricoles* 138, 3-94.
- Sadli F., 1993.** La qualité technologique et biochimique des blés cultivés en Algérie. *Rev. Céréaliculture* 26, 9-15.
- Scharma S.K. et Singh K.P., 1989.** Manifestation of heterosis for grain weight in wheat. *Indian J. genet.,* 49 (1), 59-62.
- S charme R.C. & Smith E.L., 1986.** Selection for high and low harvest index in three winther wheat populations. *Crop Sci.* 26, 1147-1150.
- Scheisguth B., 1969.** Sélectionpour la vigueur hybride. *Bulletin de l'association des sélectionneurs français, le sélectionneur français* 7, 5-42.
- Sehabi M., 2000.** Etude génétique et agronomique de la tolérance à la sécheresse chez quelques variétés d'orge (*Hordeum vulgare* L). Thèse Magister, INA. El Harrach, 87p.
- Sethi S.K., Paroda R.S. et Singh D., 1987.** Combining ability for harvest index and grain yield in barley. *Crop, improv.* 14 (2), 157-159.
- Simon H., Codaccion P. et Lecoeur X., 1989.** produire des céréales à paille. *Agriculture d'aujourd'hui.* Ed. Lavoisier. Paris, 346 p.
- Simpson G. M., 1968.** Association between grain yield per plant and photosynthetic area above the flag leaf in wheat. *Can. J. Plant Sci.* 48, 253-260.
- Singh T. & Mishra D.P., 1990.** Heterosis and inbreeding depression in bread wheat (*Triticum aestivum*. L. EM.THELL). *Narendra Deav J, agri. Res.* 5 (1), 128-131.
- Sing h G. & Nanda G.S., 1989.** Estimation of gene action through triple- test cross in bred wheat (*Triticum aestium* L). EM. Thell. *Narenda Deva J. Agri. Res* 5, 128-131.
- Somers D., 2004.** Amélioration des caractéristiques propres à l'utilisation finale des cultures de l'ouest canadien par le biais de la génétique moléculaire. A : Centre 1. HTM.

-
- Srivastava J.P., 1987.** Barley and wheat improvement for moisture- limiting areas in West Asia and North Africa. *In* : Drought tolerance in winter cereals. Ed. John Wiley Sons, New York, 65-86.
- Tapsell C.R. et Thomas W.T.B., 1983.** Cross prediction studies on spring barley. 2: Estimation of genetical and environmental control of yield and its component characters. *Theor. Appl. Genet.* 64, 353-358.
- Tarkeshwar S. Mishra D.P., 1990.** Heterosis and inbreeding depression in bread wheat. *Narendra Deva J. Agric., Res.*, 5 (1), 128-131.
- Triboi E., 1987.** Etude du potentiel génétique de production du blé tendre à travers la structure et le fonctionnement du peuplement. *In* A.T.P. Ecophysiologie du blé. Rapport intermédiaire. INRA. France, 91-105.
- Vasil I. K., 1994.** Molecular improvement of cereals. *Plant Molecular Biology* 25, 925-937.
- Vilain M., 1987.** Production végétale T.1, les composantes de la production. Ed. J.B. Balliere et fils. Paris, 403 p.
- Vitkar D.G. & Atale S.B., 1991.** Studies on heterosis for the yield attributes in 15 x 15 diallel in wheat (*Triticum aestivum* L). *PKV Res. J.* Vol.1, 111-116.
- Yu Y., Harding J. et Byrne N.T., 1993.** Quantitative genetic analysis of flowering time in the Davis population of gerbera. I: Correlations with yield, flower quality traits and the efficiency of indirect selection. *Euphytica* 70, 97-103.
- Zahour, 1992.** Eléments d'amélioration génétique des plantes. Ed. Actes. 223p.
- Zarkouna T. et Daaloul A., 1994.** Etude de quelques critères de sélection pour le rendement chez le blé tendre (*Triticum aestivum*) à l'aide d'un croisement diallele entre sept cultivars- revue de l'INAT 9 (1-2), 117-131.
- Zerari A., 1992.** L'évaluation de la biomasse- plante et du poids de mille grains comme critère de sélection pour améliorer le rendement en F₄ des trois croisements de blé dur (*Triticum durum* Desf.) dans les hauts plateaux sétifiens. 56 p.

ANNEXES

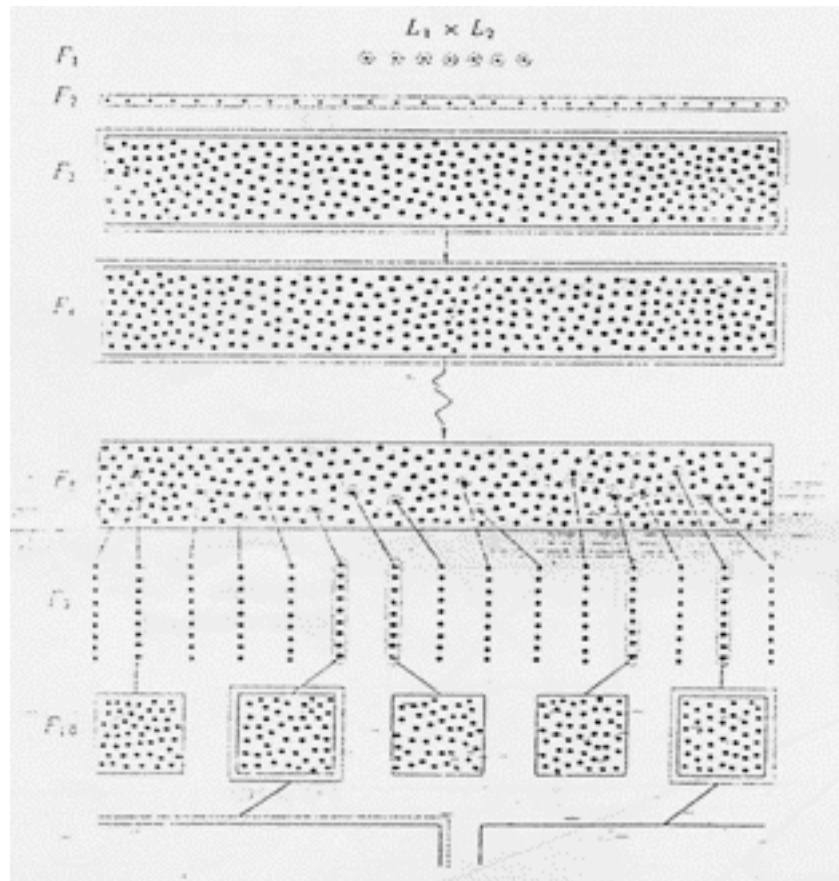


Figure 1 : Schéma de la méthode « BULK » dès la F₂ (d'après Valdeyron, 1961 in Gallais, 1990)

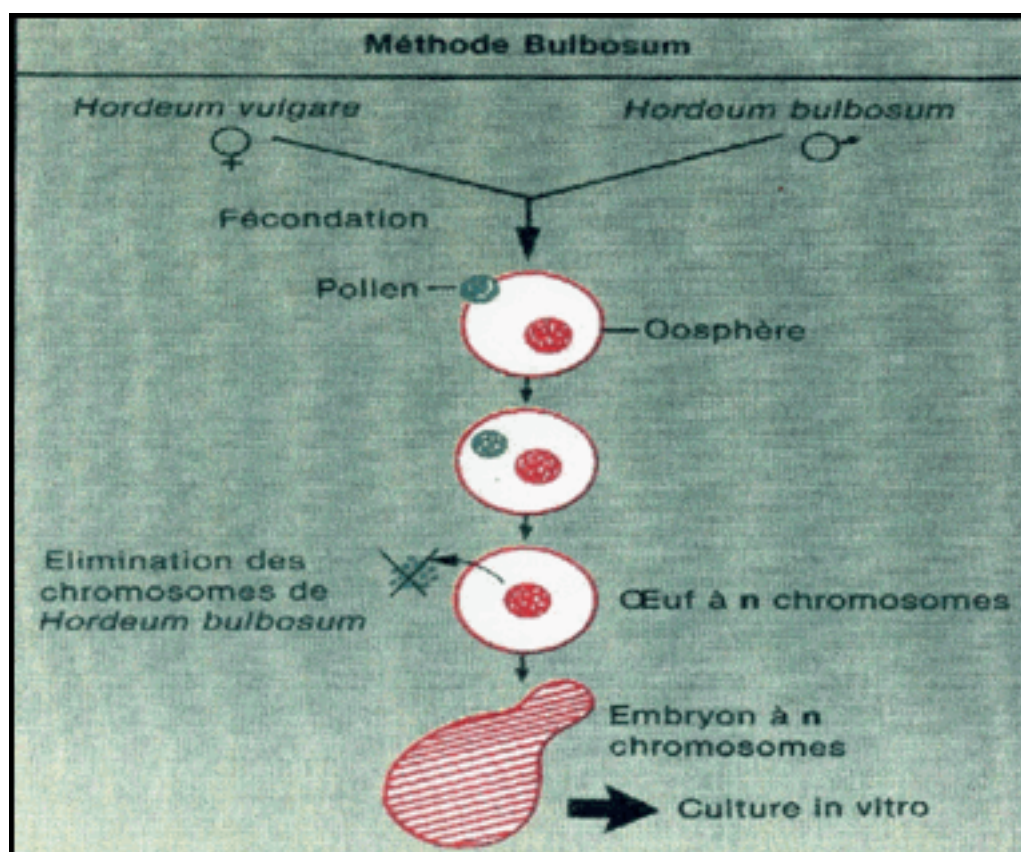


Tableau 1 : Moyennes de la pluviométrie et des températures de 1995 à 2005

Mois	Températures moyennes	Pluviométries
Septembre	23,3	38,8
Octobre	20,1	39,8
Novembre	15,3	98,5
Décembre	12,7	92,1
Janvier	11,8	88,9
Février	11,3	82,6
Mars	13,9	40,7
Avril	15,3	69,4
Mai	18,3	52,5
Juin	22,5	9,5

Tableau 2 : Caractéristiques des parents durant les deux années d'essai 2006/2007 et 2007/2008.

Etude comparative de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) et analyse diallèle de leurs hybrides F₁

Caractères	Variétés de plants/ m linéaire		Nombre d'épis/ m linéaire		Rendement en paille/ m linéaire		Rendement en grain réel/ m linéaire	
	Année1	Année2	Année1	Année2	Année1	Année2	Année1	Année2
Siméto	80,89	22,67	235,56	51,67	284,3	186,89	19,65	6,41
Carioca	93,11	23	209,78	56,67	233,67	192,74	30,06	9,88
Ardente	88	22,67	212	56,33	220,11	208,69	36,75	9,16
Latino	95,89	22,67	205,44	68,33	363,11	171	18,04	17,05
GTA dur	84,78	22,33	205	70	296,44	156,13	24,56	13,03
Chen's	97,66	22	223,56	71,67	306,67	111,56	29,49	16,09
Moyenne	90,05	22,56	215,22	62,44	284,05	171,16	26,42	11,93

Tableau 1 : Caractères morphologiques de F₁ et leurs parents.

	paramètres Génotype	LT	LE	LC	LB
1	Siméto	62,89 ijkl	5,89 gh	14,01 j	12,40 cdefgh
2	Latino	63,02 ijkl	6,00 gh	13,91 j	9,68 hijk
3	Carioca	64,44 ijkl	6,38 fgh	14,43 j	14,28 abcd
4	Ardente	78,00 abcde	6,50 fgh	21,73 ab	15,58 a
5	GTA dur	64,12 hijk	6,40 fgh	15,00 hij	8,26 k
6	Chen's	80,24 abc	6,53 fgh	22,89 a	12,77 bcdefg
7	Siméto/Latino	79,04 abcd	7,97 bc	7,83 k	13,20 abcde
8	Siméto/Carioca	82,85 ab	8,37 abc	8,78 k	12,25 cdefgh
9	Siméto/GTA dur	70,27 efghij	6,89 efg	17,00 efgh	10,00 ghijk
10	Siméto/Ardente	67,49 fghijk	6,51 fgh	15,27 ghij	11,82 defghij
11	Siméto/Chen's	64,01 hijk	6,00 gh	14,29 j	8,08 k
12	Carioca/Siméto	60,45 kl	5,89 h	13,81 j	9,18 ijk
13	Carioca/Latino	70,20 efghij	6,68 fgh	15,63 ghij	11,74 defghij
14	Carioca/GTA dur	74,68 bcdef	6,96 ef	18,03 def	9,18 ijk
15	Carioca/Ardente	82,18 ab	8,64 ab	21,98 a	11,61 defghij
16	Carioca/Chen's	75,29 bcdef	7,19 def	19,31 cd	15,31 ab
17	Latino/Siméto	72,93 cdefg	6,96 ef	18,48 de	12,06 cdefghi
18	Latino/Carioca	80,11 abc	8,04 bc	21,32 ab	14,73 abc
19	Latino/GTA dur	77,92 abcde	7,66 cde	19,60 cd	10,22 fghijk
20	Latino/Ardente	67,63 fghijk	6,53 fgh	15,11 hij	9,28 ijk
21	Latino/Chen's	84,98 a	7,98 bc	22,46 a	14,62 abc
22	GTA dur/Siméto	65,12 ghijk	6,31 fgh	15,00 hij	13,00 abcdef
23	GTA dur/Carioca	62 jkl	5,75 h	13,86 j	10,46 efghijk
24	GTA dur/Latino	65,32 ghijk	6,42 fgh	14,76 ij	9,90 ghijk
25	GTA dur/Ardente	56,44 l	5,99 gh	14,22 j	13,23 abcde
26	GTA dur/Chen's	64,39 hijk	6,28 fgh	14,09 j	14,73 abc
27	Ardente/Siméto	75,02 bcdef	7,00 ef	18,82 cd	10,90 efghijk
28	Ardente/Carioca	69,63 fghij	6,56 fgh	16,80 efgh	11,03 efghijk
29	Ardente/Latino	72,84 cdefg	7,00 ef	17,01 efgh	10,82 efghijk
30	Ardente/GTA dur	67,81 fghijk	6,50 fgh	15,00 hij	8,22 k
31	Ardente/Chen's	79,13 abcd	7,67 cde	20,21 bc	8,86 jk
32	Chen's/Siméto	82,48 ab	8,91 a	22,78 a	8,10 k
33	Chen's/Carioca	79,35 abcd	7,85 cd	21,16 ab	10,78 efghijk
34	Chen's/GTA dur	72,14 cdefgh	6,89 efg	16,78 efgh	9,98 jk
35	Chen's/Ardente	68,14 fghijk	6,84 efg	16,51 fgghi	8,56 k
36	Chen's/Latino	71,33 defghi	6,56fgh	17,11 efg	9,82 ghijk
	Moyenne	71,49	6,90	16,80	11,21
	CV %	4,2	4,5	4,5	9,1
	Sign	***	***	***	***

Tableau 2 : Caractères phénologiques et agronomiques des F₁ et leurs parents

Etude comparative de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) et analyse diallèle de leurs hybrides F1

	Paramètres	EPI- FLO	FLO	EPI- FLO	NEP/m	NEPF	NEPS	NEPT	NG	PG	PB	RPAI
1	Siméto	83,11 ij	100,45 ij	17,34 jk	51,67 ghi	20,22 ab	0,00 g	20,22 cd	43,11 hijk	20,67 efg	14,69 a	284,30
2	Latino	97,00 cde	117,00 bcd	20 bcd	68,33 bc	20,11 ab	0,00 efg	21,11 cd	42,22 jk	2,66 c	365,40 e	171,00
3	Carioca	85,56 hij	103,67 ghi	18,11 hi	56,67 efg	19,67 ab	0,00 efg	20,67 cd	43,00 ijk	4,41 d	304,28 e	192,74
4	Ardente	85,00 hij	103,67 ghi	18,67 e	56,33 efg	19,67 ab	0,00 efg	20,67 cd	40,78 k	3,37 b	393,35 c	208,60
5	GTA Dur	100,89 ab	120,67 ab	19,78 bc	70,00 abc	19,00 cd	1,56 def	20,56 cd	41,67 k	2,81 c	382,07 d	156,10
6	Chen's	89,33 fgh	107,89 fgh	18,56 f	71,67 ab	20,00 ab	0,78 fg	20,78 cd	41,67 k	2,80 c	396,24 bdd	11,56
7	S x La	87,00 ghij	105,33 ghij	18,33 g	14,00 p	19,67 ab	0,00 efg	20,67 cd	61,00 a	3,90 a	130,35 ln	84,10
8	S x Car	89,11 fgh	107,44 fgh	18,33 g	33,00 m	17,93 e	3,00 ab	20,33 cd	60,67 a	2,70 c	190,05 hi	116,70
9	S x GTA	92,89 efg	108,67 fgh	15,78 ln	65,00 cd	20,00 ab	0,00 efg	21,00 cd	60,56 ab	3,39 d	228,33 g	123,50
10	S x Ar	85,22 hij	104,00 ghij	18,78 e	64,00 cd	19,89 ab	3,22 a	23,11 ab	59,67 ab	0,09 fg	226,03 g	126,70
11	S x Ch	99,33 bcd	119,67 abc	20,34 b	26,33 no	18,00 de	0,67 fg	18,67 f	58,44 ab	1,16 efg	107,98 kl	80,91
12	Car x S	106,00 a	124,00 a	18 hi	46,00 ij	19,89 ab	0,56 fg	20,44 cd	58,22 ab	1,80 d	207,47 h	130,30
13	Car x La	95,11 def	112,00 efg	16,89 jk	66,00 bcd	19,00 cd	1,78 cde	20,78 cd	58,11 ab	0,97 fg	241,27 g	114,90

Tableau 2 (suite) : Caractères phénologiques et agronomiques des F1 et leurs parents

	Paramètres	EPI- FLO	FLO	EPI- FLO	NEP/m	NEPF	NEPS	NEPT	NG	PG	PB
14	CarxGTA	87,11 ghij	105,33 ghij	18,22 h	75,00 a	20,66 a	3,00 ab	23,67 a	58,00 ab	0,74 h	235,51
15	Car x Ar	104,22 ab	122,45 a	18,23 g	70,00 abc	19,67 ab	0,11 g	19,78 de	57,56 b	1,00 fgh	415,07
16	Car x Ch	95,33 def	114,00 de	18,67 e	69,00 abc	20,00 ab	2,33 abc	22,33 b	54,89 c	3,87 a	399,97
17	La x S	84,67 hij	100,11 j	15,44 lm	75,00 a	19,00 cd	1,78 cde	20,78 cd	54,89 c	1,70 de	396,32
18	La x Car	85,78 ghij	107,67 fgh	21,89 ab	50,33 hi	19,34 bc	1,00 efg	20,33 cd	53,56 cd	1,24 efg	300,63
19	La x GTA	87,44 ghij	106,00 ghij	18,56 f	50,00 hi	18,00 de	2,67 abc	20,67 cd	53,33 cd	2,55 c	297,45
20	La x Ar	91,33 efg	108,22 fgh	16,89 jkl	62,00 de	20,00 ab	0,67 fg	20,67 cd	53,33 cd	0,81 gh	356,95
21	La x Ch	100,11 ab	120,00 ab	18,89 d	70,00 abc	20,78 a	2,00 bcd	22,78 ab	52,00 cd	1,00 fgh	403,18
22	GTA x S	97,10 e	104,00 ghij	19 m	32,00 mn	19,78 ab	0,00 efg	20,78 cd	52,00 cd	3,23 b	179,31
23	GTAxCar	88,78 cde	106,22 ghij	17,44 j	60,33 def	20,00 ab	0,33 g	20,33 cd	51,33 de	1,70 de	289,06
24	GTA x La	90,22 fgh	108,00 fgh	17,78 i	57,00 efg	17,89 e	3,00 ab	20,89 cd	51,44 de	0,84 gh	245,31
25	GTA x Ar	80,89 j	100,00 j	19,11 cd	28,00 no	20,00 ab	0,56 fg	20,56 cd	50,89 de	1,82 d	155,00
26	GTA xCh	86,00 ghij	117,00 bcd	31 a	19,67 o	19,55 ab	0,00 g	19,55 e	50,89 ef	1,20 efg	132,32

Tableau 2 (suite) : Caractères phénologiques et agronomiques des F1 et leurs parents

	Paramètres	EPI	FLO	EPI-FLO	NEP/m	NEPF	NEPS	NEPT	NG	PG	PB	RR
27	Ar x S	84,67 hij	102,00 hij	17,33 jk	34,67 lm	19,89 ab	0,78 fg	20,67 cde	48,78 ef	1,55 def	146,17 jk	69
28	Ar x Car	90,22 fgh	107,89 fgh	17,67 i	46,33 ij	17,89 e	3,00 ab	20,89 cde	47,55 fg	1,11 fgh	184,71 i	94
29	Ar x La	99,78 bcd	119,00 abc	19,22 bcd	45,33 fgh	19,00 cd	1,56 def	20,56 cde	46,33 fgh	0,80 gh	184,72 i	94
30	ArxGTA	84,89 hij	103,00 gh	18,11 hi	38,00 kl	20,33 ab	1,11 efg	21,44 c	46,11 fgh	1,19 efg	192,89 hi	13
31	Ar x Ch	86,67 gh	105,00 gh	18,33 g	41,67 jk	20,44 ab	3,00 ab	23,44 ab	46,00 fgh	1,23 efg	155,19 jk	10
32	Ch x S	87,44 gh	106,00 gh	18,56 f	27,33 no	20,00 fg	0,78 fg	20,78 cde	46,00 fgh	1,00 fgh	117,28 m	7
33	Ch x Car	97,00 cde	115,00 cde	18 hi	46,33 ij	20,22 efg	1,00 efg	21,22 cd	45,33 gh	0,90 gh	360,08 e	16
34	ChxGTA	104,66 ab	122,89 a	18,23 g	47,67 ij	20,00 ab	2,28 ab	22,89 ab	45,11 gh	2,40 c	195,56 h	95
35	Ch x Ar	89,11 fgh	107,67 fgh	18,56 f	24,67 o	20,00 fg	0,67 fg	20,67 cde	45,00 gh	0,96 fgh	159,30 j	90
36	Ch x La	102,00 ab	122,40 a	20,4 ab	43,67 j	19,00 def	1,56 def	20,56 cde	43,11 hij	1,30 def	124,71 a	31
	Moyenne	91,69	110,09	18,39	50,36	19,56	1,41	20,97	50,62	1,70	265,64	12
	CV %	2,7	1,8	3,4	5,0	2,1	28,2	2,5	2,5	12,2	3,2	6,7
	Sign	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

Tableau 3: Parents et Hétérosis moyen.

Caractères	— P	— F ₁	F ₁ -P — x100 P	Nombre de croisements		
				< PF	> PF < MP	>MP
EPI	90,14	92,00	2,06	1	24	5
FLO	108,89	110,33	1,32	1	23	6
EPI-FLO	18,74	18,31	-2,24	14	9	7
HT	68,78	72,03	4,73	2	22	6
LE	6,28	7,02	11,88	-	20	10
LC	16,99	16,76	-1,31	3	22	5
LB	12,66	11,02	-12,93	6	24	-
NEP	62,44	47,94	-23,22	18	9	3
NEPF	19,77	19,52	-1,26	8	22	-
NEPS	0,89	1,51	69,66	-	21	9
NEPT	20,66	21,04	1,83	-	23	7
NG	42,07	52,33	24,40	-	3	27
PG	2,37	1,57	-33,68	11	15	7
PB	379,33	242,9	-35,96	21	5	4
RPAI	187,40	116,16	-38,01	23	6	1
PMG	55,11	50,1	-9,09	15	15	-
RE	14,50	12,30	-15,15	12	12	6
RR	11,93	7,33	-38,51	14	16	-
IR	0,50	0,49	-0,86	3	16	11

P : Parent moyen ; PF : Parent faible ; MP : Meilleur parent.

F₁ : Moyenne de la génération F₁

Tableau 4 : valeurs en pourcentage de l'hétérosis / parent moyen des caractères mesurés

Etude comparative de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) et analyse diallèle de leurs hybrides F1

	Caractères	Genotypes	FLO	EPI-FLO	HT	LE	LC	LB	EP	NEPF	NE
1	S x La	-3,39	-3,12	-1,81	25,54	34,06	-43,91	19,56	-76,66	-2,45	100
2	SxCar	5,66	5,27	3,44	30,13	36,43	-38,25	-8,17	-39,08	-10,10	500
3	SxGTA	0,99	-1,70	-14,97	10,65	12,12	17,20	-3,19	6,84	1,98	28,0
4	S x Ar	1,04	1,90	4,33	6,00	6,11	7,38	-11,39	18,14	-0,27	544
5	S x Ch	15,20	14,87	13,31	-10,55	-3,38	-22,54	-35,79	-57,30	-10,49	71,9
6	Car x S	25,68	21,49	1,58	-5,04	-3,93	-2,88	-31,18	-15,08	-0,27	12
7	CarxLa	4,19	1,50	-11,33	10,15	7,91	10,30	-2,00	5,6	-4,47	78
8	CarxGTA	-6,55	-6,09	-3,8	16,17	8,92	22,52	-18,54	18,41	6,85	134
9	Car x Ar	22,20	18,11	-0,87	15,38	34,16	21,57	-22,23	23,89	0	-89
10	Car x Ch	9,01	7,77	1,85	4,07	11,36	3,48	13,19	7,52	0,83	161
11	La x S	-5,97	-7,92	-17,33	15,84	17,07	32,37	9,23	25	-5,77	25,6
12	La x Car	-6,02	-2,41	14,90	25,70	29,88	50,45	22,95	-19,47	-2,76	0
13	La x GTA	-11,62	-10,80	-6,68	22,57	23,54	35,59	13,93	-27,70	-7,95	108
14	La x Ar	0,36	-1,91	-12,62	-4,08	4,48	-15,20	-26,52	-0,52	0,55	-33
15	La x Ch	7,45	5,82	-2,02	18,63	27,37	22,06	30,24	0	3,61	124
16	GTA x S	5,54	-5,93	-62,82	2,54	2,68	3,41	25,84	-47,39	0,86	28,2
17	GTAxCar	-4,76	-5,30	-7,91	-3,54	-10,01	-5,81	-7,18	-4,74	3,43	-74
18	GTA x Ar	-12,97	-10,84	-10,60	-20,57	-7,13	-22,57	10,98	-55,67	3,43	-56
19	GTA xCh	-9,57	2,38	-0,57	-10,79	-2,86	-25,62	40,08	-72,23	0,25	-10
20	GTA x La	-8,81	-9,11	61,71	2,75	3,54	2,10	10,36	-17,58	-8,51	134
21	Ar x S	0,73	-0,05	-3,72	6,49	12,99	5,31	-22,08	-35,79	-0,27	56
22	Ar x Car	5,79	4,07	-3,91	-2,23	1,86	-7,07	-26,12	-18	-9,04	200
23	Ar x La	9,64	7,85	-0,56	3,30	12	-4,54	-14,33	-11,23	-4,47	56
24	Ar x GTA	-8,66	-8,17	-5,77	-4,57	0,77	-18,32	-31,04	-39,84	5,14	-13
25	Ar x Ch	-0,56	-0,73	-1,50	0,01	17,72	-9,41	-37,49	-34,89	3,05	237
26	Ch x S	1,41	1,75	3,39	15,25	43,47	23,46	-35,63	-55,68	-0,54	100
27	Ch x Car	10,92	8,71	-1,80	9,69	21,61	13,39	-20,29	-27,8	1,94	12,3
28	Ch xGTA	10,04	7,53	-4,90	-0,05	6,57	-11,42	-14,59	-32,70	2,56	94,8
29	Ch x Ar	2,23	1,78	-0,26	-13,87	4,98	-25,99	-39,61	-61,45	0,83	-24
30	Ch x La	9,48	8,85	5,80	-0,41	4,70	-7,01	-12,51	-37,61	-5,26	75,2

Tableau 4 (suite) : Valeurs en pourcentage de l'hétérosis / parent moyen des caractères mesurés.

	Caractères Génétiques	NG	PG	PB	PPAI	PMG	RE	RR	IR	
1	S x La	0,024	42,97	102,07	-66,58	-63,05	10,03	-63,59	-83,46	-16,66
2	S x Car	-0,56	40,91	106,89	-48,56	-51,06	9,43	-7,81	-39,47	1,33
3	S x GTA	2,99	42,86	-30,67	-42,68	-43,91	-5,23	43,83	-49,07	2,22
4	S x Ar	13,03	38,59	-16,47	-38,82	-46,88	-13,74	41,34	-25,35	17,33
5	S x Ch	-8,92	37,86	-42	-65,96	-59,12	-5,13	-44,67	-60,88	-19,60
6	Car x S	-0,024	35,22	37,93	-43,84	-45,36	4,15	19,66	1,65	-1,33
7	Car x La	-0,52	36,37	-52,33	-30,03	-36,80	-17,45	18,77	-29,89	7,21
8	CarxGTA	14,81	37,00	-64,92	-33,31	-56,46	-19,28	31,07	-36,7	30,09
9	Car x Ar	-4,30	37,40	-58,15	15,67	-24,38	34,44	35,70	-28,88	40
10	Car x Ch	7,74	29,65	83,84	11,02	-4,08	6,80	48,46	-2,57	9,56
11	La x S	0,55	28,65	-11,91	1,60	-36,04	-4,94	52,09	-45,60	50
12	La x Car	-2,68	25,69	-39,06	-12,82	-33,94	-13,64	-12,59	-56,47	21,64
13	La x GTA	-0,79	27,14	-6,76	-20,41	-22,06	-1,08	-9,03	-67,22	1,78
14	La x Ar	-1,05	28,50	-73,13	-6,17	-25,10	-26,19	-5,85	23,76	21,21
15	La x Ch	8,76	23,97	-63,36	5,87	25,95	-23,31	-4,80	-59,92	-11,29
16	GTA x S	1,91	22,67	61,09	-54,99	-61,11	6,40	-31,70	-50,10	15,55
17	GTAxCar	-1,38	21,24	-19,43	-18,15	-47,96	-5,02	9,85	-12,52	32,03
18	GTA x Ar	-0,26	23,44	-41,10	-60,02	-48,24	-8,89	-50,20	-40,87	-25,71
19	GTA xCh	-5,41	22,12	-57,21	-65,99	-50,56	-17,41	-71,92	5,08	-23,07
20	GTA x La	0,26	22,63	-69,28	-34,36	-62,76	-16,59	-15,71	-55,65	33,92
21	Ar x S	1,10	16,29	-32,16	-63,82	-71,71	-7,83	-31,05	-21,77	32,46
22	Ar x Car	1,06	13,51	-53,55	-48,52	-52,73	-9,55	-15,61	-36,55	6,66
23	Ar x La	-1,57	11,63	-73,46	-51,30	-55,74	-25,28	-26,02	-15,52	-1,01
24	Ar x GTA	4,00	11,84	-61,48	-50,24	-28,12	-21,57	-47,32	-29,78	-40,95
25	Ar x Ch	13,10	11,58	-60,12	-60,69	-34,43	-12,63	-36,54	-64,59	-45,29
26	Ch x S	1,36	8,51	-50	-71,07	-63,80	-16,83	-60,24	-52,26	-23,52
27	Ch x Car	2,38	7,07	-57,24	-0,04	10,11	-17,37	-36,10	-54,94	-7,82
28	Ch xGTA	10,74	8,25	-14,43	-49,74	-28,46	-3,48	-29,71	-37,22	-21,53
29	Ch x Ar	-0,26	9,15	-68,88	-59,64	-43,76	-24,17	-68,17	-32,27	-26,49
30	Ch x La	-1,83	2,77	-52,38	11,52	121,73	-15,98	-46,03	-66,32	-58,06

Tableau 5 : valeurs en pourcentage de l'hétérosis / meilleur parent des caractères mesurés

Etude comparative de quelques variétés de blé dur (Triticum durum Desf) et analyse diallèle de leurs hybrides F1

	caractères	Genotypes	FLO	EPI-FLO	HT	LE	LC	LB	NEP	NEPF	NE
1	S x La	-10,30	-9,97	-8,35	25,42	32,83	-44,11	6,45	-79,51	-2,72	0
2	SxCar	4,14	3,63	1,21	28,56	31,19	-39,15	-14,21	-41,76	-11,32	200
3	SxGTA	-7,92	-9,94	-20,22	9,59	7,65	13,33	-19,35	-7,14	-1,08	-35
4	S x Ar	0,25	0,31	0,59	-13,47	0,15	-29,72	-24,13	13,61	-1,63	222
5	S x Ch	11,19	10,91	9,59	-20,22	-8,11	-37,57	-36,72	-63,26	-10,97	-14
6	Car x S	23,88	19,61	-0,60	-6,19	-7,68	-4,29	-35,71	-18,82	-1,63	-44
7	CarxLa	-1,94	-4,27	-15,55	8,93	4,70	8,31	-17,78	-3,40	-5,51	78
8	CarxGTA	-13,65	-12,71	-7,88	15,89	8,75	20,2	-35,71	7,14	5,03	92,3
9	Car x Ar	21,80	18,11	-2,35	5,35	32,92	1,15	-25,48	23,52	0	-89
10	Car x Ch	6,71	5,66	0,59	-6,16	10,10	-15,64	7,21	-3,72	0	133
11	La x S	-12,71	-14,43	-22,8	15,72	16	31,90	-2,74	9,76	-6,03	78
12	La x Car	-11,56	-7,97	9,45	24,31	26,01	47,74	3,15	-26,34	-3,82	0
13	La x GTA	-13,33	-12,15	-7,2	21,52	19,68	30,66	5,57	-28,57	-10,49	71,1
14	La x Ar	-5,84	-7,50	-15,55	-13,29	0,46	-30,46	-40,43	-9,26	-0,54	-33
15	La x Ch	3,20	1,70	-5,55	5,90	22,20	-1,87	14,48	-2,33	3,33	100
16	GTA x S	-3,75	-13,81	-65,11	1,55	-1,40	0	4,83	-54,28	-2,17	-35
17	GTAxCar	12	-11,97	-11,83	-3,78	-10,15	-7,6	-26,75	-13,81	1,67	-78
18	GTA x Ar	-19,82	-17,12	-11,1	-27,64	-7,84	-34,56	-15,08	-60	1,67	-64
19	GTA xCh	-14,75	-3,04	-3,38	-19,75	-3,82	-38,44	15,34	-72,55	-2,25	-10
20	GTA x La	-10,57	-10,49	56,72	1,87	0,31	-1,6	2,27	-18,57	-11,03	92,3
21	Ar x S	-0,38	-1,61	-7,17	-3,82	7,69	-13,39	-30,03	-38,45	-1,63	-22
22	Ar x Car	5,44	4,07	-5,35	-10,73	0,92	-22,68	-29,20	-18,24	-9,04	200
23	Ar x La	2,86	1,70	-3,9	-6,61	7,69	-21,72	-30,55	-19,02	-5,51	56
24	Ar x GTA	-15,85	-14,64	-8,44	-13,06	0	-30,97	-47,24	-45,71	3,35	-28
25	Ar x Ch	-2,97	-2,67	-1,82	-1,38	17,45	-11,70	-43,13	-41,85	2,2	200
26	Ch x S	-2,11	-1,75	0	2,79	36,44	-0,48	-36,57	-61,86	-1,08	0
27	Ch x Car	8,58	6,59	-3,01	-1,10	20,21	-7,55	-24,50	-35,35	1,1	0
28	Ch xGTA	3,73	1,83	-7,83	-10,09	5,51	-26,69	-29,67	-33,48	0	46,1
29	Ch x Ar	-0,24	-0,20	-0,58	-15,07	4,74	-27,87	-45,05	-65,57	0	-33
30	Ch x La	5,15	4,61	2	-11,10	0,45	-25,25	-23,10	-39,06	-5,51	56

Tableau 1 : Carrés moyens de l'analyse de la variance des variétés parentales de l'année 2006/2007

	Caractères	Général	NG	PG	PB	PPAI	PMG	RE	RR	IR
1	S x La	-2,08	41,49	46,61	-68,56	-70,41	4,25	-69,21	-88,62	-33,96
2	S x Car	-1,64	40,73	91,48	-54,17	-58,94	8,10	-12,72	-50,10	-13,63
3	S x GTA	2,14	40,47	-50,53	-44,93	-56,55	-10,79	20,42	-62,01	-22,03
4	S x Ar	11,80	38,41	-67,65	-45,49	-55,43	-23,96	26,37	-33,62	-4,34
5	S x Ch	-10,15	35,56	-58,57	-66,72	-71,54	-10,72	-54,10	-72,65	-42,25
6	Car x S	-1,11	35,04	27,65	-49,96	-54,16	2,88	13,28	-16,19	-15,90
7	Car x La	-1,56	35,13	-63,53	-33,97	-40,37	-20,86	5,35	-44,63	-1,88
8	CarxGTA	14,51	34,88	-73,66	-38,35	-60,59	-23,13	15,01	-44,35	13,55
9	Car x Ar	-4,30	33,86	-70,32	5,52	-27,27	27,20	31,93	-31,47	36,95
10	Car x Ch	7,45	27,65	38,21	0,94	-24,28	1,69	28,99	-21,37	-11,26
11	La x S	-1,56	27,32	-36,09	-4,42	-48,78	-9,93	28,63	-62,58	18,86
12	La x Car	-3,69	24,55	-53,38	-17,72	-37,67	-17,21	-22,47	-65,63	11,32
13	La x GTA	0,53	26,31	-9,25	-22,14	-25,45	-1,76	-10,15	-71,08	-3,38
14	La x Ar	-2,08	30,77	-75,96	-9,50	-31,87	-27,19	-14,34	-4,86	13,20
15	La x Ch	7,91	23,16	-64,28	1,75	4,06	-23,86	-7,04	-61,05	-22,53
16	GTA x S	1,07	20,62	14,94	-56,76	-69,87	0,15	-42,82	-62,77	-11,86
17	GTAxCar	-1,64	19,37	-39,50	-24,34	-52,91	-9,55	-3,60	-23,10	15,25
18	GTA x Ar	-0,53	22,12	-45,99	-60,59	-54,76	-9,51	-55,19	-49,65	-33,89
19	GTA xCh	-5,91	22,12	-57,29	-66,60	-57,62	-17,42	-72,24	-4,90	-29,57
20	GTA x La	1,60	21,83	-70,10	-35,79	-64,38	-17,16	-16,75	-60,87	27,11
21	Ar x S	0	13,15	-54,00	-64,75	-75,47	-13,79	-36,43	-33,51	10,86
22	Ar x Car	1,06	10,58	-67,06	-53,04	-54,54	-14,41	-17,95	-38,86	4,34
23	Ar x La	-2,6	13,60	-76,26	-53,03	-59,73	-26,29	-32,69	-35,07	-7,54
24	Ar x GTA	3,72	10,65	-64,68	-50,96	-37,17	-22,09	-52,61	-40,21	-47,45
25	Ar x Ch	12,80	10,39	-63,50	-60,83	-49,69	-13,20	-43,48	-72,21	-54,92
26	Ch x S	0	6,70	-64,28	-71,71	-74,80	-21,72	-67,01	-66,62	-45,07
27	Ch x Car	2,11	5,41	-67,85	-9,12	-13,07	-21,32	-44,48	-63,64	-25,35
28	Ch xGTA	10,15	8,25	-14,59	-50,64	-38,67	-3,49	-30,51	-43,19	-28,16
29	Ch x Ar	-0,52	7,99	-71,51	-59,79	-56,85	-24,67	-71,65	-46,86	-39,43
30	Ch x La	-2,60	2,10	-53,57	7,18	83,19	-16,58	-47,30	-67,27	-63,38

Tableau 1 : Carrés moyens de l'analyse de la variance des variétés parentales de l'année 2006/2007

Etude comparative de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) et analyse diallèle de leurs hybrides F1

Caractères	Sources de variation et ddl				Prob
	Génotypes (ddl = 5)	Bloc (ddl = 2)	Interaction (ddl = 10)	Total (ddl = 17)	
EPI	11,7	1,01	7,49	7,81	0,00
FLO	8,9	0,66	10,59	8,93	0,55
EPI-FLO	95,07	0,53	0,32	31,31	0,00
HT	5,86	0,23	23,68	15,68	0,93
LE	44,88	40,18	41,29	42,21	0,00
LC	3,22	3,42	2,22	2,66	0,00
LB	1,38	1,43	0,38	0,80	0,03
NEP/m	433,84	9,78	128,42	204,3	0,04
NEPT/épi	0,65	0,30	0,53	0,54	0,00
NEPF	0,57	0,17	0,48	0,47	0,00
NEPS	0,19	0,91	0,08	0,21	0,10
NG	85,54	28,37	16,70	38,32	0,01
PG	2,04	0,01	0,04	0,62	0,00
PB	31063,87	2573,48	1224,92	10159,74	0,00
PMG	60,39	0,44	3,26	19,73	0,00
RPAI	12840,54	2122,05	1240,54	4756,01	0,00
RE	211,96	16,83	40,73	88,28	0,01
RR	149,33	5,89	20,30	45,81	0,00
IR	0,05	0,06	0,07	0,06	0,65

Tableau 2 : Carrés moyens de l'analyse de la variance des variétés parentales de l'année 2007/2008

Caractères	Sources de variation et ddl				Prob
	Génotypes (ddl = 5)	Bloc (ddl = 2)	Interaction (ddl = 10)	Total (ddl = 17)	
EPI	156,09	13,45	2,24	48,81	0,00
FLO	196,75	5,06	5,54	61,72	0,00
EPI-FLO	87,92	0,47	0,29	24,96	0,00
HT	194,85	6,07	3,51	60,09	0,03
LE	0,18	0,01	0,16	0,15	0,15
LC	51,67	2,93	0,77	16,00	0,00
LB	22,79	0,17	2,09	7,95	0,07
NEP/m	218,22	2,38	4,58	67,32	0,40
NEPT/épi	0,25	0,01	0,20	0,19	0,00
NEPF	0,59	0,01	0,16	0,27	0,17
NEPS	0,77	0,01	0,09	0,28	0,70
NG	2,38	4,32	1,76	2,24	0,00
PG	2,25	0,03	0,04	0,68	0,13
PB	1681,04	68,21	79,08	548,95	0,52
PMG	30,80	0,31	1,45	9,95	0,25
RPAI	10121,48	47,09	110,80	3047,58	0,00
RE	17,98	0,18	0,45	5,58	0,03
RR	52,23	0,23	1,11	16,04	0,14
IR	0,06	5,55	0,03	0,02	0,00

Tableau 3 : Carrés moyens de l'analyse de la variance multi-année des variétés parentales.

Caractères	Sources de variation et ddl					Total (ddl = 35)
	Génotypes (ddl = 5)	Année (ddl = 1)	Bloc (ddl = 4)	Génotypes x année (ddl = 5)	Génotypes x blocs (dans année) (ddl = 20)	
EPI	91,85	650610,94	94,26	5,78	4,86	7438,46
FLO	121,99	833045,39	104,58	2,29	8,07	95239,51
EPI-FLO	145,38	533690,21	86,17	5,63	7,92	89974,18
HT	117,54	371799,31	104,39	2,49	13,59	42528,20
LE	0,24	3767,55	0,52	0,01	0,29	430,83
LC	35,83	22062,53	23,41	2,57	1,50	2530,45
LB	13,25	11235,2	13,65	0,63	1,24	1288,27
NEP/m	274,18	1860371,31	472,27	4,88	66,64	212745,78
NEPT/épi	0,74	30581,38	0,20	0,12	0,36	3495,37
NEPF	0,64	28316,68	0,64	0,07	0,32	3236,55
NEPS	0,68	44,46	0,35	0,36	0,08	5,32
NG	42,58	162974,11	54,52	12,67	9,12	18644,95
PG	0,48	367,27	4,74	0,01	0,03	42,60
PB	20171,60	14981677,1	16067,85	1541,45	541,46	1717439,2
PMG	16,64	205535,99	93,17	0,30	2,36	23504,24
RPAI	7275,41	3971132,42	16256,07	534,54	439,92	457068,63
RE	96,66	134685,66	165,03	7,53	25,06	1544,71
RR	26,21	30701,79	218,72	2,48	1,58	3538,77
IR	0,029	17,42	0,04	3,77	0,002	2,00

Tableau 4 : Carrés moyens de l'analyse de la variance de la génération F₁ et des lignées parentales de l'année 2007/2008.

Etude comparative de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) et analyse diallèle de leurs hybrides F1

Caractères	Sources de variation et ddl				Prob
	Géotypes (ddl = 35)	Bloc (ddl = 2)	Interaction (ddl = 70)	Total (ddl = 107)	
EPI	144,92	55,52	6,20	52,5	0,00
FLO	161,25	8,43	4,11	55,59	0,00
EPI-FLO	144,63	24,92	5,99	60,41	0,00
HT	165,82	15,67	8,85	60,32	0,00
LE	1,98	0,03	0,10	0,71	0,00
LC	38,98	0,08	0,57	13,13	0,00
LB	15,06	2,16	1,04	5,65	0,00
NEP/m	880,31	0,03	6,34	292,10	0,00
NEPT/épi	3,38	0,07	0,27	1,28	0,00
NEPF	2,09	0,09	0,17	0,80	0,00
NEPS	2,90	0,28	0,16	1,06	0,00
NG	121,25	2,43	1,55	40,72	0,00
PG	2,51	0,05	0,04	0,85	0,00
PB	32277,24	103,13	74,38	10308,56	0,00
PMG	83,19	0,30	3,70	29,64	0,00
RPAI	9389,56	90,47	96,70	3136,30	0,00
RE	66,08	0,01	1,00	22,27	0,00
RR	41,74	1,37	0,88	14,25	0,00
IR	0,04	0,00	0,00	0,02	0,00

Tableau 5 : Analyse de la variance AGC et ASC de Griffing.

Caractères	Sources	ddl	SCE	CM	Fobs	Signification
EPI	AGC	5	788,76	157,75	30,60	***
	ASC	9	1646,68	182,96	19,04	***
FLO	AGC	5	963,56	192,71	84,75	***
	ASC	9	1725,85	191,76	52,01	***
EPI-FLO	AGC	5	12,79	2,56	0,29	ns
	ASC	9	29,04	3,23	0,22	ns
HT	AGC	5	1253,65	250,73	17,99	***
	ASC	9	299,17	33,24	4,02	***
LE	AGC	5	11,67	2,33	28,48	***
	ASC	9	4,73	0,53	4,16	***
LC	AGC	5	117,49	23,50	5,00	***
	ASC	9	138,92	15,44	4,48	***
LB	AGC	5	46,14	9,23	8,87	***
	ASC	9	143,62	15,96	20,99	***
NEP/m	AGC	5	7146,56	1429,31	289,56	***
	ASC	9	5417,33	601,93	88,07	***
NEPF	AGC	5	11,02	2,20	10,36	***
	ASC	9	29,04	3,23	24,17	***
NEPS	AGC	5	1,77	0,35	3,35	***
	ASC	9	21,29	2,37	16,68	***
NEPT	AGC	5	8,70	1,74	5,80	***
	ASC	9	32,83	3,65	13,74	***
NG	AGC	5	1390,83	278,17	208,36	***
	ASC	9	24,27	2,70	2,44	***
PG	AGC	5	12,94	2,59	79,11	***
	ASC	9	17,98	2,00	25,29	***
PB	AGC	5	309420,88	61884,18	826,27	***
	ASC	9	247181,74	27464,64	293,94	***
RPAI	AGC	5	51509,23	10301,85	115,25	***
	ASC	9	90811,71	10090,19	90,33	***
PMG	AGC	5	677,27	135,45	44,94	***
	ASC	9	468,73	52,08	13,28	***
RE	AGC	5	593,25	118,65	149,75	***
	ASC	9	341,08	37,90	31,31	***
RR	AGC	5	184,35	36,87	33,45	***
	ASC	9	413,06	45,90	58,74	***
IR	AGC	5	0,42	0,08	83,50	***
	ASC	9	0,44	0,05	59,44	***

Tableau 1 : Matrice de corrélation pour les variétés parentales ; année 2006-2007.

Etude comparative de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) et analyse diallèle de leurs hybrides F1

	EPI	FLO	HT	LE	LC	LB	NEPT	NEPF	NEPS	NG	NEP	PB	RPAI	PG	PMG	RE	RR	IR
EPI	1,00																	
FLO	0,02	1,00																
HT	0,38	0,11	1,00															
LE	0,22	0,08	0,51	1,00														
LC	0,07	0,08	0,57	0,11	1,00													
LB	0,05	0,41	0,56	0,51	0,51	1,00												
NEPT	0,54	0,12	0,90	0,07	0,38	0,47	1,00											
NEPF	0,11	0,32	0,61	0,27	0,55	0,87	0,84	1,00										
NEPS	0,61	0,09	0,09	0,42	0,02	0,11	0,16	0,02	1,00									
NG	0,04	0,18	0,28	0,38	0,48	0,72	0,15	0,20	0,05	1,00								
NEP	0,96	0,37	0,15	0,09	0,00	0,16	0,52	0,15	0,44	0,38	1,00							
PB	0,12	0,15	0,56	0,09	0,46	0,74	0,56	0,81	0,03	0,01	0,10	1,00						
RPAI	0,25	0,07	0,57	0,19	0,25	0,77	0,73	0,87	0,02	0,24	0,31	0,80	1,00					
PG	0,56	0,13	0,06	0,20	0,15	0,05	0,13	0,04	0,76	0,03	0,49	0,01	0,01	1,00				
PMG	0,50	0,53	0,52	0,08	0,37	0,17	0,17	0,08	0,06	0,39	0,05	0,40	0,01	0,01	1,00			
RE	0,17	0,36	0,36	0,24	0,17	0,28	0,49	0,32	0,10	0,84	0,76	0,61	0,01	0,01	0,01	1,00		
RR	0,51	0,37	0,57	0,08	0,96	0,37	0,28	0,34	-0,50	0,47	0,02	0,79	0,01	0,01	0,01	0,01	1,00	
IR	0,26	0,54	0,03	0,07	0,34	0,15	0,23	0,16	0,49	0,05	0,12	0,21	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	1,00

r 0,05 (4) = 0,8114

r 0,01 (4) = 0,9172

r 0,001 (4) = 0,9740

Tableau 2: Matrice de corrélation pour les variétés parentales ; année 2007-2008.

	EPI	FLO	HT	LE	LC	LB	NEPT	NEPF	NEPS	NG	NEP	PB	RPAI	PG	PMG	RE	RR	IR	
EPI	1,00																		
FLO	-0,90	1,00																	
HT	0,09	0,07	1,00																
LE	0,02	0,02	0,51	1,00															
LC	0,66	0,36	0,99	0,51	1,00														
LB	0,79	0,75	0,29	0,11	0,25	1,00													
NEPT	0,47	0,25	0,02	0,03	0,02	0,03	1,00												
NEPF	0,27	0,27	0,62	0,32	0,01	0,09	0,07	1,00											
NEPS	0,52	0,55	0,01	0,35	0,01	0,13	0,24	0,68	1,00										
NG	0,06	0,16	0,51	0,43	0,54	0,83	0,09	0,15	0,27	1,00									
NEP	0,81	0,65	0,04	0,11	0,05	0,40	0,47	0,09	0,36	0,59	1,00								
PB	0,08	0,02	0,11	0,03	0,13	0,03	0,20	0,26	0,22	0,10	0,01	1,00							
RPAI	0,33	0,34	0,19	0,42	0,20	0,08	0,43	0,10	0,44	0,21	0,90	0,06	1,00						
PG	0,20	0,22	0,37	0,32	0,40	0,08	0,27	0,12	0,36	0,92	0,32	0,05	0,34	1,00					
PMG	0,30	0,32	0,33	0,33	0,37	0,04	0,32	0,14	0,44	0,84	0,48	0,03	0,48	0,03	1,00				
RE	0,80	0,65	0,07	0,14	0,10	0,40	0,41	0,10	0,40	0,23	0,98	0,10	0,81	0,01	0,01	1,00			
RR	0,49	0,52	0,03	0,32	0,03	0,26	0,84	0,07	0,24	0,80	0,93	0,89	0,73	0,01	0,01	0,01	1,00		
IR	0,32	0,33	0,26	0,37	0,28	0,10	0,32	0,08	0,32	0,27	0,93	0,08	0,97	0,01	0,01	0,01	0,01	1,00	

r 0,05 (4) = 0,8114

$$r_{0,01} (4) = 0,9172$$

$$r_{0,001} (4) = 0,9740$$

Tableau 3: Matrice de corrélation pour les hybrides F₁ ; année 2007-2008.

	EPI	FLO	HT	LE	LC	LB	NEPT	NEPF	NEPS	NG	NEP	PB	RPAI	PG
EPI	1,00													
FLO	0,78	1,00												
HT	0,03	0,04	1,00											
LE	0,12	0,02	0,88	1,00										
LC	0,02	0,08	0,22	0,19	1,00									
LB	0,05	0,12	0,08	0,02	0,03	1,00								
NEPT	0,01	0,22	0,07	0,07	0,79	0,09	1,00							
NEPF	0,03	0,14	0,04	0,04	0,08	0,07	0,28	1,00						
NEPS	0,14	0,32	0,07	0,01	0,52	0,15	0,42	0,82	1,00					
NG	0,07	0,04	0,36	0,02	0,14	0,83	0,11	0,24	0,04	1,00				
NEP	0,47	0,10	0,25	0,04	0,74	0,17	0,17	0,15	0,12	0,66	1,00			
PB	0,11	0,23	0,08	0,32	0,19	0,69	0,12	0,04	0,04	0,15	0,49	1,00		
RPAI	0,53	0,14	0,04	0,11	0,59	0,14	0,04	0,10	0,01	0,19	0,09	0,56	1,00	
PG	0,22	0,14	0,56	0,72	0,15	0,16	0,02	0,04	0,58	0,78	0,06	0,02	0,18	1,00
PMG	0,07	0,28	0,02	0,58	0,81	0,05	0,51	0,22	0,17	0,17	0,01	0,01	0,05	0,34
RE	0,03	0,16	0,10	0,01	0,68	0,32	0,32	0,21	0,12	0,24	0,86	0,39	0,50	0,05
RR	0,31	0,06	0,69	0,12	0,61	0,20	0,02	0,35	0,50	0,68	0,52	0,29	0,23	0,71
IR	0,12	0,03	0,01	0,01	0,08	0,06	0,04	0,37	0,10	0,35	0,39	0,19	0,05	0,07

$$r_{0,05} (28) = 0,362$$

$$r_{0,01} (28) = 0,46398$$

$$r_{0,001} (28) = 0,5714$$