

***Etude agronomique et analyse diallèle de  
six variétés de blé dur (Triticum durum  
Desf.)***

**Melle.YOUSFI Kheira**

**Promoteur** : M<sup>me</sup>. MEKLICHE-HANIFI L. (Professeur à l'ENSA)  
*Soutenu le* : 17/11/2011

Jury : Président : M<sup>me</sup>. KHELIFI L. (Professeur à l'ENSA) Examineurs : M<sup>r</sup>. AISSAT A. (Maître de conférences à l'université de Blida) M<sup>r</sup>.KHELIFI M. (Professeur à l'ENSA)



# Table des matières

Remerciement . .	5
LISTE DES ABREVIATIONS . .	6
Résumé . .	8
Summary . .	9
ص خ لم . .	10
Introduction . .	11
Synthese bibliographique . .	13
<b>CHAPITRE I : Généralité sur le blé dur . .</b>	<b>13</b>
1. Origine de blé . .	13
2. Classification . .	14
3. Morphologie du blé . .	14
4. Exigences agro-écologiques du blé dur . .	15
5. Formation du rendement chez le blé . .	15
<b>CHAPITRE II : Amélioration génétique du blé . .</b>	<b>17</b>
1. Aperçu historique . .	17
2. Objectifs . .	18
3. Types de sélections . .	21
4. Méthodes de sélection . .	22
5. Etude des Croisements diallèles . .	24
<b>Matériels et méthodes . .</b>	<b>28</b>
1. Localisation des essais . .	28
2. Caractéristiques pédoclimatiques du milieu . .	28
2.1. Caractéristiques du sol . .	28
2.2. Caractéristiques climatiques de la campagne d'étude . .	28
3. Matériel végétal . .	30
4. Dispositif expérimental . .	34
4.1 Essais sur les F <sub>1</sub> . .	34
4.2 Essais sur les F <sub>3</sub> . .	34
5. Itinéraire technique . .	36
5.1. Précédent cultural . .	36
5.2. Travail du sol . .	36
5.3. Semis . .	37
5.4. Fertilisation . .	37
5.5. Désherbage . .	39
5.6. Traitements phytosanitaires . .	39
5.7. Irrigation . .	39
5.8. Récolte . .	39
6. Caractères mesurés . .	40
6.1. Caractères phénologiques . .	40
6.2. Caractères agronomiques . .	40

6.3. Caractères morphologiques . . .	41
7. Méthodes de traitement des données . . .	42
7.1. Analyse statistique . . .	42
7.2. Analyse génétique au niveau des F <sub>1</sub> . . .	42
Résultats et discussions . . .	46
I. Etude des différents caractères agronomiques, morphologiques et phénologiques de l'essai diallèle . . .	46
1. Caractères agronomiques . . .	46
2. Caractères phénologiques . . .	51
3. Caractères morphologiques . . .	54
4. corrélations . . .	56
5. Analyse génétique des différents caractères étudiés au niveau du diallèle . . .	60
II. Etude des différents caractères (agronomiques, morphologiques et phénologiques) des populations F <sub>3</sub> . . .	65
1. Caractères agronomiques . . .	65
2. Caractères phénologiques . . .	68
3. Caractères morphologiques . . .	68
4. Etude des corrélations et des régressions . . .	69
5. Discussion . . .	71
Conclusion . . .	73
Références bibliographiques . . .	75
ANNEXES . . .	85

## Remerciement

La louange est à Dieu, le Seul et Unique à Qui je dois toute mon obéissance et à Qui

J'adresse mes amples remerciements ;

Mes remerciements et ma reconnaissance iront à madame Hanifi-Mekliche L., ma promotrice qui a suivi ce travail avec beaucoup d'intérêt, qu'elle trouve ici mes vifs remerciements pour sa disponibilité, son aide et ses précieux conseils ;

Mes remerciements iront également à monsieur KHELIFI L., qui a accepté d'examiner et de présider la soutenance de ma thèse ; Je tiens à remercier Monsieur AISSAT A. et madame KHELIFI M. qui ont fait l'honneur de juger mon travail ;

Mes remerciements iront également à monsieur Morsli A. le chef de département de foresterie ;

Je tiens à remercier également madame Anissa, (département de Productions Végétales) ;

Je tiens à remercier vivement Dalila M., Krifa A., Noura K., Khaled R., Reda A., Mohamed T., Samia R., Abdelrahim M., Samira M. pour leur précieuse collaboration, leurs aides et leurs conseils.

Je tiens à remercier tous les ouvriers, techniciens, et ingénieurs qui m'ont aidé à réaliser mon expérimentation durant toute l'année et plus particulièrement, Amira, Mohamed, Nacer et Yahia.

Je ne saurais terminer sans remercier, les personnes qui ont contribué le plus à la finalisation de ce travail, je suis reconnaissante à Fatima D. et Nouara B. pour leur aide, leur soutien, la bonne ambiance qu'elles ont su créer ;

À toute personne qui a participé de près ou de loin à la finalisation de ce travail, qu'elle trouve ici l'expression de mes reconnaissances les plus sincères.

Kheira

## LISTE DES ABREVIATIONS

- **AGC** : Aptitude générale à la combinaison.
- **Ar** : Ardente.
- **ASC** : Aptitude spécifique à la combinaison.
- **BA** : Biomasse aérienne.
- **BB** : Barbes blanches.
- **BN** : Barbes noires.
- **Ca** : Carioca.
- **Ch** : Chen's.
- **CIMMYT**: Centre international de l'amélioration du maïs et du blé.
- **CM** : Carre moyen.
- **CV** : Coefficient de variation de l'erreur
- **ddl**: degré de liberté.
- **E** : Environnement.
- **ENSA** : Ecole Nationale Supérieure Agronomique.
- **F obs.** : F observé du test de Fisher.
- **G** : Génotype.
- **GT** : GTA dur.
- **HE** : Hétérosis économique (Par rapport à la meilleure variété).
- **HG** : Hétérosis global (par rapport à la moyenne de toutes les variétés).
- **HM** : Hétérosis par rapport au parent moyen.
- **HT** : Hauteur de la tige.
- **HS**: Hétérosis par rapport au meilleur parent.
- **H<sup>2</sup>** : Héritabilité au sens large.
- **ICARDA** : Centre International de la Recherche Agricole dans les Régions Arides.
- **INRA**: Institut National de la Recherche Agronomique.
- **ITCF**: Institut technique des céréales et des fourrages.
- **ITGC**: Institut technique des grandes cultures.
- **IR**: Indice de récolte.
- **La** : Latino.
- **LB**: Longueur des barbes.
- **LCE** : Longueur du col de l'épi.
- **LE**: Longueur de l'épi.
- **L1** : Ligne 1.
- **MADR**: Ministère de l'agriculture et du développement rural.
- **MDLC**: Ministère de la coopération.
- **NE/ m** : Nombre d'épis par mètre linéaire
- **NE/m<sup>2</sup>**: Nombre d'épis par mètre carré.

- **NEF** : Nombre d'épillets fertiles par épi.
- **NES**: Nombre d'épillets stériles par épi.
- **NET**: Nombre total d'épillets /épi.
- **NG/E**: Nombre de grains par épi.
- **NP/m<sup>2</sup>**: Nombre de pieds par mètre carré.
- **ns**: Non significatif.
- **p** : Parent.
- **P**: Probabilité.
- **PE**: Précocité a l'épiaison.
- **PE-F** : Période entre l'épiaison et la floraison.
- **PF**: Précocité a la floraison.
- **PMG**: Poids de mille grains.
- **ppds**: Plus petite différence significative.
- **R<sup>2</sup>** : Coefficient de détermination.
- **RE** : Rendement en grain estimé.
- **RR** : Rendement en grain réel.
- **SCE**: Somme des carrés des écarts.
- **Sign.** : Signification.
- **Si**: Siméto.

## Résumé

La présente étude a pour objectif d'évaluer et de comparer les performances agronomiques de 15 hybrides F<sub>1</sub> et 71 populations F<sub>3</sub> issus du croisement diallèle de six variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) (Ardenne, Carioca, Chen's, GTA dur, Latino, Siméto) afin de tirer les meilleures combinaisons et améliorer le rendement en grain.

Pour les F<sub>1</sub>, les résultats indiquent une variabilité entre les génotypes pour les caractères : NE/m, BA, NEF, PE, PF, PE-F, LCE. De fortes corrélations génétiques sont enregistrées chez les hybrides entre le rendement en grain d'une part et d'autre part le nombre d'épis par mètre linéaire, la durée épiaison-floraison, la longueur du col de l'épi et le nombre d'épillets fertiles. Des hétérosis élevés ont été enregistrés pour le nombre d'épis par mètre linéaire et le poids de la biomasse aérienne. L'analyse de la variance des aptitudes à la combinaison réalisée selon le modèle de Griffing fait ressortir des effets d'AGC et d'ASC significatifs pour trois caractères (LCE, BA et PE-F), c'est-à-dire les actions géniques additives et de dominance sont toutes deux importantes dans le contrôle de ces caractères. L'étude du rapport AGC/ASC et de l'héritabilité au sens large montre que les trois caractères étudiés (LCE, BA et PE-F) sont sous contrôle des gènes à effet non additifs. Cela nous permet de conclure que la sélection à partir de la F<sub>1</sub> à l'intérieur du diallèle serait peu efficace. La sélection doit être retardée jusqu'à ce qu'un degré d'homozygotie raisonnable soit atteint.

Pour les F<sub>3</sub>, l'analyse statistique de nos résultats a montré un effet non significatif pour l'ensemble des caractères, ce qui est probablement dû à différentes contraintes biotiques et abiotiques rencontrées au cours de la campagne agricole pour les deux essais, mais aussi à un mélange au niveau des variétés parentales détecté avant la maturité et après la réalisation des croisements.

**Mots clés :** Blé dur (*Triticum durum* Desf.), diallèle, AGC, ASC et hétérosis.

## Summary

This study aims to evaluate and compare the agronomic performance of 15 F<sub>1</sub> hybrids and 71 F<sub>3</sub> populations derived from diallel cross of 6 varieties of wheat (*Triticum durum* Desf.) (Ardente, Carioca, Chen's, GTA dur, Latino, Simeto) to get the best combinations and improve the grain yield.

For F<sub>1</sub>, the results indicate the presence of variability among genotypes for the traits: number of the spike per meter, weight of aboveground biomass, the number of fertile spikelets, heading, flowering, heading-flowering period and the collar length of spike. Strong genetic correlations are recorded in hybrids between grain yield and number of spikes per meter, heading-flowering period, the collar length of ear and the number of fertile spikelets. High heterosis values were recorded for the number of spike per meter and weight of aboveground biomass. The analysis of the variance of the aptitudes for the combination carried out according to the model of Griffing emphasizes effects of AGC and ASC significant for three traits (the collar length of ear, the biomass weight and heading-flowering period) that's mean that the actions genic additive and of predominance are both important in the control of these traits. The study compared the AGC/ASC and the broad-sense heritability shows that the three characters studied (the collar of ear length, the biomass weight and heading-flowering period) are under the control of non-additive gene effect. This allows us to conclude that the selection of F<sub>1</sub> from within the diallel was ineffective. The selection must be delayed until a reasonable degree of homozygosity is reached.

For F<sub>3</sub>, the statistical analysis of our results showed a non-significant effect for all the traits, which is probably due to different biotic and abiotic constraints encountered during the growing season for both tests, but also a mixture at the parent varieties detected before maturity and after crossing.

**Key words:** Durum wheat (*Triticum durum* Desf.), diallel, GCA, SCA, AGC/ASC and heterosis.

## ص خ لم

تهدف هذه الدراسة لتقييم و مقارنة ودراسة سلوك الجيل الأول و الثالث الناتج من التصالب المزدوج بين بعض سلالات القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.) من أجل اختيار أحسن وأفضل الأفراد من أجل خلق أصناف جديدة عالية المردود.

بالنسبة للجيل الأول أظهر التحليل الإحصائي تباين بين مختلف الأنماط الوراثية بالنسبة إلى الصفات التالية : عدد السنابل في المتر الخطي، عدد السنبيلات الخصبة، وزن الكتلة الحيوية، التسييل المبكر، الإزهار المبكر، فترة التسييل - الإزهار و طول عنق السنبلة. تم تسجيل ارتباطات وراثية قوية بين مردود الحبوب من جهة، و: عدد السنابل في المتر الخطي، عدد السنبيلات الخصبة، فترة سنبل-إزهار و طول عنق السنبلة من جهة أخرى. أظهرت تحليل التصالب المزدوج لنموذج Griffing فروق ذات دلالة إحصائية بين الأنماط الجينية للصفات : وزن الكتلة الحيوية، فترة سنبل-إزهار و طول عنق السنبلة. تظهر تحاليل التباين للقدرة على الارتباط المحسوب وفقا لنموذج Griffing قدرة عامة و قدرة خصوصية على الارتباط معتبرتين لعدد السنابل في المتر المربع الواحد وهذا يعني أن آثار الجينات المضافة والسائدة تعتبر هامة على حد سواء لمراقبة هذه الصفة. تقرير المعامل بين القدرة العامة والقدرة الخصوصية على الارتباط منخفض للصفات الثلاثة مما يدل على أن الجينات المسؤولة على هذه الصفات ذات تأثير غير مضاف. الاختيار المبكر للتصالب المزدوج غير فعال و يجب أن يؤخر إلى درجة من الاستقرار.

بالنسبة للجيل الثالث، أظهرت نتائج التحليل الإحصائي لدينا غياب الاختلاف بين الأنماط الوراثية، والتي ربما يرجع إلى العوامل الحيوية وغير الحيوية المختلفة غير الملائمة خلال موسم النمو لكل من الاختبارات، ولكن أيضا في خليط من أصناف الوالد قبل الكشف عن النضج و بعد العبور.

الكلمات الرئيسية: القدرة العامة على الارتباط، القدرة الخصوصية على الارتباط، المعامل بين القدرة العامة والقدرة الخصوصية على الارتباط، التهجين، التصالب المزدوج،

القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.)

---

## Introduction

Les céréales sont les principales cultures vivrières pour les être humains. Le blé fait partie des plus importantes grandes céréales avec le maïs et le riz, c'est une céréale riche par rapport à sa valeur nutritive, il contient 60 à 80% d'amidon et 7 à 22 % de protéine (GUSTAFSON *et al.*, 2009). D'après HARDOUIN *et al.* (2002), certaines variétés de blé dur sont riches en caroténoïdes, ces nutriments sont aujourd'hui connus comme étant dotés de propriétés bénéfiques pour la santé humaine.

Depuis l'antiquité, les céréales ont constitué l'aliment principal dans la ration alimentaire en Algérie ; cette constance du modèle de consommation dominant, s'explique par les traditions alimentaires et les habitudes de consommation (CHEHAT, 2006), en particulier les semoules qui sont destinées à la pastification et la fabrication de couscous (KHALDOUN *et al.*, 2006).

En Algérie, la céréaliculture occupe une superficie qui se situe entre 3 et 3,3 millions d'hectares, 41 % de cette superficie est réservée au blé dur (MADR, 2008).

La production nationale se caractérise par une variabilité interannuelle. Cette variation est due principalement aux conditions climatiques (ITGC, 1999). En effet, la sécheresse due à l'irrégularité des précipitations est le stress le plus répandu, il est très souvent combiné avec d'autres stress (températures hivernales basses et fortes chaleurs). La production locale reste modeste par rapport aux besoins de consommation qui augmentent rapidement en raison de doublement du nombre des consommateurs et l'accroissement de la consommation par les ménages (RACHEDI, 2003). Ce déséquilibre entre l'offre et la demande classe l'Algérie parmi les premiers importateurs mondiaux. En effet, l'Algérie est le troisième importateur mondial des céréales après le Brésil et l'Égypte. A titre indicatif, la quantité de blés importés pour la saison 2005/2006 a atteint 5,5 millions de tonnes (KELLOU, 2008). Alors que la production pour la même saison était de 17,7 millions de quintaux, cette production a chuté jusqu'à 8,1 millions de quintaux en 2008 (MADR, 2009).

Le faible niveau de technicité des agriculteurs associé à la mauvaise préparation du sol, la protection insuffisante des cultures contre les prédateurs, les maladies et les mauvaises herbes et le faible niveau d'utilisation des intrants expliquent les faibles rendements obtenus (FELLIACHI, 2000).

Dans les pays développés, il s'avère que certaines techniques culturales ne peuvent plus être pratiquées comme avant car le contexte économique récent du marché du blé est caractérisé par une dégradation des rapports de prix entre blé et intrants, et par une pression importante de la société contre l'usage intensif des produits phytosanitaires et des engrais et cet état de fait accroît la fréquence d'apparition de facteurs limitant la production (BARBOTTIN, 2004).

L'amélioration des performances des cultures, conduites sous stress hydrique, peut être réalisée par l'amélioration des techniques culturales et/ou par la création de variétés résistantes à ces contraintes (RICHARDS *et al.*, 2002).

Selon KHALDOUN *et al.* (2006), l'intensification des systèmes de culture et l'utilisation de la mécanisation ont créé une demande de plus en plus accrue de nouvelles variétés.

L'hybridation est un outil remarquable pour accroître la variabilité génétique, qui permet de créer de nouveaux génotypes avec une productivité et une qualité meilleure ainsi qu'une meilleure adaptation aux contraintes biotiques et abiotiques.

L'objectif de notre travail est l'évaluation des performances de six variétés de blé dur par :

- La détermination de la valeur de ces variétés en tant que géniteurs dans le cadre d'un croisement diallèle incluant toutes les combinaisons possibles dans les conditions environnementales de la Mitidja.
- La caractérisation de 71 populations F<sub>3</sub> issus du croisement de ces mêmes variétés et sélectionnées selon la couleur des barbes.

# Synthese bibliographique

L'expérimentation mise en place au cours de la campagne 2009/2010 est constituée de 15 hybrides F1 et 71 populations F3 issus du croisement diallèle de six variétés de blé dur (Ardente, Carioca, Chen's, GTA dur, Latino, Siméto). L'étude porte sur plusieurs caractères (agronomiques, morphologiques et phénologiques) permettant l'évaluation des performances agronomiques de ces génotypes et leur comparaison afin de tirer la ou les meilleures combinaisons. Deux essais ont été réalisés l'un pour les hybrides F1 et l'autre pour les populations F3.

## CHAPITRE I : Généralité sur le blé dur

### 1. Origine de blé

#### 1.1. Origine génétique

Les blés tétraploïdes ( $2n = 4x = 28$  chromosomes) résultent d'un croisement rare mais naturel entre deux espèces de blés diploïdes. En effet, les chromosomes d'un hybride stérile de génome A B se dédoublent spontanément pour produire un hybride tétraploïde fertile AA BB par le phénomène de l'amphidiploïdie (COOK *et al.*, 1993).

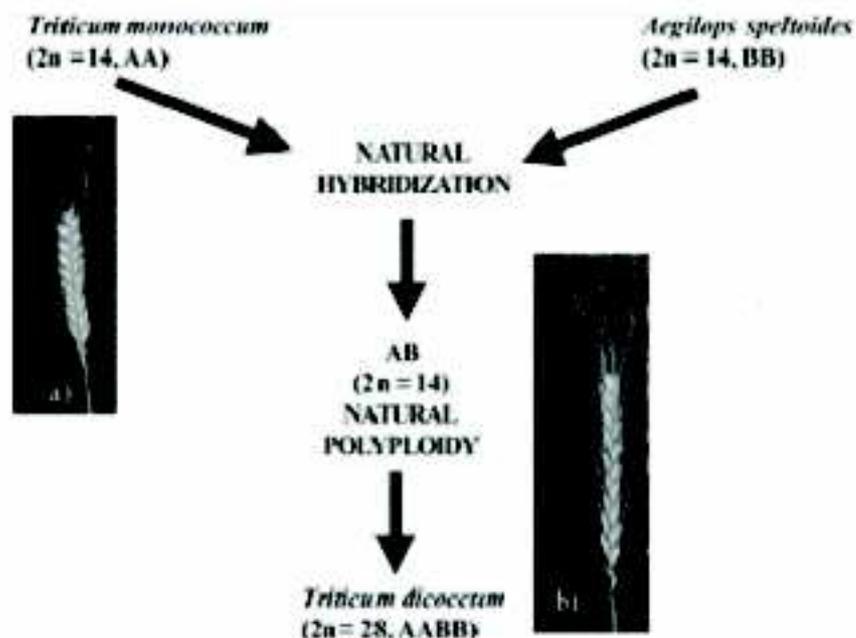


Figure 1. Evolution des blés tétraploïdes cultivées (SRAMKOVA *et al.*, 2009)

Les formes diploïdes ( $2n = 14$ , AA) de *T. monococcum*(a) ont été naturellement pollinisées par les espèces de mauvaises herbes ( $2n = 14$ , BB). La polyploïdie a donné lieu à plusieurs espèces sauvages et cultivées tétraploïdes ( $2n = 28$ , AABB) comme *T. dicoccum*(b) et *T. durum* (ŠRAMKOVÁ *et al.*, 2009).

### 1.2. Origine géographique

Il semble que la culture des céréales existait déjà il y a 10000 ou 12000 ans, sous une forme rudimentaire dans le croissant fertile de Mésopotamie (l'Irak et l'Iran d'aujourd'hui) (GUSTAFSON *et al.*, 2009). Elles ont été un élément fondateur des premières civilisations. Les relations génétiques entre l'engrain et l'amidonnier indiquent que le site le plus probable de la domestication est près de Diyarbakir en Turquie. La culture du blé a commencé à s'étendre au-delà du Croissant fertile au cours du Néolithique, 5000 ans avant J. C., le blé avait atteint l'Ethiopie, l'Inde, la Grande-Bretagne, l'Irlande et l'Espagne. Un millénaire plus tard, il atteignit la Chine (ŠRAMKOVÁ *et al.*, 2009).

Le blé dur est représenté, en Afrique du Nord, par un très grand nombre de variétés appartenant pour le presque totalité aux espèces *aestivum* L. et *durum* Desf. (KHALDOUN *et al.*, 2006). Vavilov cité par [DEMOL](#) *et al.* (2002) considérait tout le pourtour de la Méditerranée comme un centre d'origine secondaire (centre de différenciation) du blé dur.

## 2. Classification

---

D'après la classification proposée par Dhalgren et Clifford (1985) in BONJEAN et PICARD (1990), le blé dur appartient au

**Super ordre** : Comméliniflorales

**Ordre** : Poales

**Famille** : Poaceae

**Genre** : *Triticum*

**Espèce** : *Triticum durum*

## 3. Morphologie du blé

---

Le blé est une plante herbacée annuelle, à système de reproduction autogame et cléistogame : elle se reproduit par autofécondation et sans ouverture de la fleur (NAVILLE, 2005).

Le système racinaire est fasciculé assez développé si on le compare à celui des graminées prairiales (SOLTNER, 2005). Il comprend des racines séminales produites par la plantule durant la levée, ainsi que des racines adventives qui se forment plus tard à partir des nœuds à la base de la plante et constituent le système racinaire permanent qui assure la nutrition de la plante (HAMMADACHE, 2001).

Le système aérien est formé d'un certain nombre d'unités biologiques (talles) partant d'une zone située à la base de la plante (le plateau de tallage) (MOULE, 1980) et donnant ultérieurement les brins. Le nombre de brins dépend de la variété, des conditions de croissance et de la densité de plantation (BOZZINI, 1988). La tige (chaume) est cylindrique, dressée, habituellement creuse et subdivisée en entre-nœuds. Certaines variétés possèdent toutefois des tiges pleines (CLARKE *et al.*, 2002). Les tiges sont

engainées par des feuilles à nervures parallèles issues chacune d'un entre-nœud (SOLTNER, 2005).

Le rachis ou l'axe de l'épi (l'inflorescence du blé) porte de 15 à 25 épillets constitués chacune de 3 à 4 fleurs. Le fruit est un caryopse ou fruit sec et indéhiscents dont les parois sont soudées à celles de la graine (SOLTNER, 2005).

Les grains de blé dur sont de couleur blanc-jaunâtre ou rougeâtre, suivant les variétés. Leur texture est normalement vitreuse, d'apparence translucide. Ils sont en général étroits et amincis aux deux extrémités, plus au moins comprimés latéralement et présentent une saillie dorsale marquée ainsi par un sillon profond, étroit et bien dessiné. Leur section transversale est plus ou moins triangulaire leur embryon est large avec un scutellum ovale, leurs dimensions varient avec les variétés et les conditions de végétations (BOUFENAR-ZEGHOUANE et ZEGHOUANE, 2006).

#### 4. Exigences agro-écologiques du blé dur

Le blé dur est bien adapté aux régions à climat relativement sec, où il fait chaud le jour et frais la nuit durant la période végétative, ce qui est typique des climats méditerranéens et tempérés (BOZZINI, 1988). Les semences peuvent lever à environ 2 °C, même si la température optimale est de 15 °C. Un abaissement de la température pendant l'hiver est nécessaire aux variétés non alternatives (d'hivers) pour la mise en fleur. Cependant un abaissement brutal de la température se répercute sur le rendement (GATE, 1995). Quant à l'intensité lumineuse, et à l'aération, elles agissent directement sur l'intensité de la photosynthèse, dont dépend à la fois, la résistance des tiges à la verse et le rendement (SOLTNER, 2005).

Trois caractéristiques font une bonne terre à blé

- Une texture fine limono-argileuse, qui assurera aux racines fasciculées du blé une grande surface de contact donc de nutrition ;
- Une structure stable, qui résiste à la dégradation par les pluies d'hiver, le blé n'y souffrira pas d'asphyxie et la nitrification sera bonne au printemps ;
- Une bonne profondeur et une richesse suffisante en colloïdes argile et humus, capable d'assurer la bonne nutrition nécessaire aux forts rendements.

Alors que les moins bonnes terres de blé sont les terres très argileuses mal drainées, les terres caillouteuses et les terres sableuses. Le blé s'accommode de terres bien différentes si l'on emploie les fumures, les variétés appropriées et l'irrigation (SOLTNER, 2005).

#### 5. Formation du rendement chez le blé

Le rendement en grain s'élabore par étape au cours des différentes phases de développement. Il est le résultat 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).

La formation des composantes est étalée dans le temps, elle est donc soumise à différentes conditions de croissance, comme elle subit aussi les effets de compensation entre composantes (ABBASSENNE *et al.*, 1998). L'effet de compensation entre les composantes du rendement est un mécanisme de développement important qui est à

même de reconstituer le rendement en grain lors de la reprise après stress (BLUM, 1989). Cette compensation dépend du parcours d'élaboration du rendement et des processus physiologiques liés au génotype : durée de vie des feuilles, poids relatif de l'épi et taux de mobilisation des assimilats. Dans certaines limites, ces composantes entrent en concurrence ce qui peut affecter le rendement (GRIGNAC, 1978 et BOUZERZOUR *et al.*, 2000).

Selon LI et GILL (2004), Le rendement en grain est le caractère agronomique le plus important et le plus complexe. Il est déterminé, physiologiquement, par la source (les organes photosynthétiques, surtout les feuilles supérieures) et la capacité de translocation des assimilats. Mathématiquement, il est le produit d'une série de composantes, nombre de plantes/unité de surface, nombre d'épispar plante, nombre de grainspar épi et poids du grain. Génétiquement, il est contrôlé par de nombreux gènes, à action additive, de dominance, d'épistasie et de l'interaction génotype  $\times$  environnement (G $\times$ E).

### 5.1. Nombre d'épis par unité de surface

Le nombre d'épis s'élabore au cours de la montaison, il est immédiatement suivi du nombre de grains par épi qui se détermine au stade épiaison. Le nombre d'épis par mètre carré est la composante du rendement la plus étroitement liée au rendement (BOUZERZOUR *et al.*, 2000). Le nombre d'épis est sous la dépendance du tallage herbacé. La capacité du tallage permet à la plante de s'ajuster à un environnement variable pour assurer un minimum de production

Les meilleurs rendements en grain de blé dur en zones semi-arides (ABBASSENNE *et al.*, 1997) et en région méditerranéenne (OUDJANI, 2009) sont le résultat de la capacité génétique à produire plus d'épis par unité de surface associée à une bonne fertilité.

### 5.2. Nombre de grains par épi

Le nombre de grains par épi est un caractère étroitement lié au rendement en grain, sous différents lieux et pour différents génotypes (FISCHER et MAURER 1978 ; SIMANE *et al.*, 1993). Ce caractère est mis en place au moment de l'induction florale, dès la fin du tallage et se produit au cours de la montaison. Selon BOUZERZOUR et BENMAHAMED (1995), cette composante varie en fonction des variétés et des dates de semis. Elle est déterminée par le nombre d'épillets potentiels et la fertilité de l'épi (MOSSÉDDAQUE et MOUGHLI, 1999). JONARD (1964) note que la variation du nombre de grains par épi est due aux conditions d'alimentation minérale, surtout la fertilisation en potassium. GATE (1995) indique qu'une carence en azote aux alentours de la fécondation réduit le nombre de grains par épi, en augmentant le nombre de fleurs avortées.

Selon GRIGNAC (1981), le nombre de grains par épi est affecté par le déficit hydrique. D'après GATE *et al.*, (1992), les principales conséquences de la sécheresse, survenant durant la période de fin montaison-début épiaison, sont la réduction du nombre d'épis par unité de surface et du nombre de grains par épi.

### 5.3. Poids de mille grains

Le poids moyen d'un grain est exprimé le plus souvent sous la forme de poids de 1000 grains. Le poids du grain contribue très peu à la variation du rendement en grain (BLUM, 1989). Il est généralement peu maîtrisable, car il est fortement lié aux effets de l'environnement au moment de la formation et du remplissage du grain. Un manque d'eau après floraison combiné aux températures élevées (conditions fréquentes en Algérie)

---

entraînent une diminution du poids de mille grains par altération de la vitesse et / ou de la durée du remplissage ce qui se traduit par l'échaudage des grains (BENBELKACEM et KELLOU, 2000).

Selon GRIGNAC (1981), le poids de mille grains optimal qui permet d'obtenir des rendements plus élevés devrait être supérieur à 48 g. Ce caractère dépend aussi de la continuité de la nutrition azotée jusqu'à la maturation (SOLTNER, 2005).

D'après BENLARIBI (1984) et BOUZERZOUR (1998), la taille et le poids moyen du grain participent à la stabilité de la production d'un cultivar donné. Ils dépendent des conditions de croissance post-anthèse (vitesse de transfert), de l'activité photosynthétique durant le remplissage du grain (durée de vie de la feuille étendard) et du nombre de cellules formées par l'endosperme.

Selon WARDLAW (2002), c'est la durée de remplissage du grain qui a le plus grand effet sur le poids moyen du grain. Un poids de mille grains faible peut être le résultat d'une maladie de fin de cycle, des pluies tardives associées à de fortes chaleurs ou à un degré moindre à la verse (GATE *et al.*, 1991). Selon COUVREUR (1981), le poids de mille grains est dépendant du nombre de grains formés, et quel que soit le type de variété, plus les grains sont nombreux, plus ils sont petits.

## CHAPITRE II : Amélioration génétique du blé

### 1. Aperçu historique

---

L'amélioration des plantes est une activité plus ancienne que l'agriculture (DEMOL *et al.*, 2002). Selon BONJEAN et PICARD (1990), DORE *et al.* (2006) GUSTAFSON *et al.* (2009), l'agriculture remonte à plus de 10 000 ans. Elle a succédé très progressivement à la cueillette. Elle s'est traduite d'abord par la domestication. Cette domestication, qui n'a touché qu'une petite fraction des espèces végétales (moins de 0,01%), était le résultat d'une sélection qui a pris la forme d'un choix de plantes et ensuite un choix de fruits et de géniteurs (ZAHOUR, 1992).

Les véritables progrès en sélection ont commencé au XIX<sup>e</sup> siècle grâce à des précurseurs comme SHERRIFF en Ecosse et VILMORIN en France (DORE *et al.*, 2006). Ces précurseurs ont élaboré des méthodes de sélection qui sont toujours en pratique. Au début du siècle, Knight et Sageret, notamment, ont ébauché les prémices de la génétique végétale à partir de l'étude de croisement entre variétés d'une même espèce (DORE *et al.*, 2006). Cependant, ces pratiques ignoraient les lois de l'hérédité qui ne seront intégrées à la sélection qu'au début de XX<sup>e</sup> siècle après la découverte des travaux publiés par Mendel en 1865 (DORE *et al.*, 2006).

Avec les avancées de la génétique et les découvertes en physiologie végétale durant la deuxième moitié du XX<sup>e</sup> siècle, les sélectionneurs ont aujourd'hui accès à des outils et des méthodes plus performantes qui ont permis de réaliser de véritables bonds en termes de progrès génétique.

La compréhension des mécanismes de transmission des gènes contrôlant les caractères d'intérêt a permis à l'homme de cumuler d'une façon beaucoup plus efficace les

caractères agronomiques les plus intéressants dans les variétés qu'il cultivait (BOUAZZA, 2003).

## 2. Objectifs

---

Le but de l'amélioration des plantes est la création variétale. Ces variétés agricoles doivent avoir un ensemble de caractéristiques leur permettant d'être cultivées avec profit par le producteur et d'être appréciées par le consommateur (ZAHOUR, 1992). En pratique, toute sélection est nécessairement multivariable car il s'agit de progresser sur un ou plusieurs caractères sans perdre ceux déjà acquis. Or de nombreux caractères sont complexes et résultent de l'expression d'un grand nombre de gènes. Pour accumuler le maximum de gènes ou de combinaisons de gènes favorables dans un individu, il faut donc provoquer le maximum de recombinaison (FELDMAN et FEYT, 2002). Un programme d'amélioration performant et efficace nécessite de bien identifier les objectifs à atteindre pour répondre aux besoins des différents utilisateurs. L'évolution permanente des conditions climatiques, écologiques, sociales et économiques conduit à un ajustement continu des objectifs, de la manière la plus prospective possible en raison du temps et du coût élevé des opérations de production et de diffusion de nouvelles variétés (FELDMAN et FEYT, 2002).

L'amélioration du rendement et de la qualité du blé dur passe par la création variétale et le choix de critères fiables pour l'identification de mécanismes d'adaptation aux contraintes environnementales. Parmi ces critères, la stabilité du rendement, la tolérance aux stress abiotiques, la résistance aux maladies et une bonne qualité technologique restent les plus recherchés (BENBELKACEM *et al.*, 1995).

### 2.1. Rendement en grain

#### 2.1.1. Productivité

LAFON *et al.* (1998) définissent la productivité comme étant la capacité potentielle d'une variété à produire des rendements élevés quand les conditions optimales sont réalisées. Un rendement supérieur peut être obtenu par une accumulation de gènes favorables pour un caractère dans une même plante et / ou par modification de l'architecture de la plante pour lui permettre de mieux utiliser les ressources du milieu dans lequel elle se développe (ZAHOUR, 1992). Pour le blé, une augmentation de rendement de 42 % a été observée entre 1967 et 1974 en Angleterre. Plus de la moitié (30%) de ce gain était le résultat direct de l'utilisation de variétés nouvelles (ZAHOUR, 1992).

#### 2.1.2. La souplesse d'adaptation (la rusticité)

Elle assure la stabilité des rendements.

##### 2.1.2.1 Adaptation au milieu abiotique (la tolérance)

CATTIVELLI *et al.* (2002) définissaient la tolérance au stress comme la capacité génotypique à maintenir un haut rendement en grain quelles que soient les conditions de croissance prévalentes. C'est l'expression génétique d'une plante qui se met en harmonie avec les éléments du milieu dans lequel elle se développe (PADAKIS, 1938 *in* MEKHOULOUF, 2009).

##### 2.1.2.1.1. Tolérance au froid

La tolérance au froid est une caractéristique variétale complexe qui dépend à la fois du stade végétative considéré, de l'intensité du froid et de l'état d'endurcissement de la plante (GATE, 1995 ; FOWLER et LIMIN, 2007). Il s'agit d'un caractère quantitatif qui dépend de trois grands groupes de facteurs : thermique (basses températures, changements brusques de températures), anaérobie (inondations, croûtes de glace, neige profonde) et mécaniques (pression de la glace ou le sol gelé, soulèvement, soufflage, etc)(NETSVETAEV et NETSVETAeva, 2004). L'acclimatation au froid et la vernalisation sont deux importants mécanismes que les céréales possèdent pour faire face à un stress à basse température. Les deux sont régis par des interactions génotypiques et environnementaux complexes induisant un grand nombre de changements physiques et biochimiques dans la plante (FOWLER *et al.*, 1996).

L'amélioration génétique de la résistance du blé dur aux basses températures a fait l'objet de plusieurs études, des espèces apparentées ont été utilisées en croisements pour améliorer le comportement du blé dur vis-à-vis du froid (LIMIN et FOWLER 1989). Plusieurs études se sont intéressées à la localisation dans le génome et sur le chromosome des gènes qui contrôlent la résistance au froid. LAMIN et FLOWER (1981) in MEKHLOUF (2009) mentionnent que les espèces portant le génome B sont moins tolérantes au froid que celles qui portent le génome D, ce dernier présente une source intéressante de résistance au froid. BARASHKOVA et VAVILOV (1991) in MEKHLOUF (2009) suggèrent au même titre que l'*Aegilops tauschii* porteur du génome D est utilisé comme source potentielle de résistance dans les programmes de croisements pour améliorer la résistance du blé dur au froid. La tolérance du blé au gel de l'hiver est contrôlée par un système polygénique. Sur les 21 paires de chromosomes du blé tendre, au moins 10 sont impliqués dans le contrôle de la tolérance au gel (GALIBA *et al.*, 2001).

#### **2.1.2.1.2. Résistance à la sécheresse**

La sécheresse est l'une des causes principales de diminution du rendement chez le blé dur. Dans la région méditerranéenne, les pertes varient de 10 à 80% selon les années (NACHIT *et al.*, 1998).

L'amélioration génétique peut conduire à créer soit des variétés capables d'échapper à la sécheresse en intervenant lors du remplissage et de la maturité du grain, soit, des variétés capables de tolérer la sécheresse en maintenant leurs activités métaboliques pendant cette période. (HANIFI-MEKLICHE et TOUADI, 1998).

La sélection à la précocité est l'un des moyens utilisés pour échapper à la sécheresse qui se produit en fin du cycle (BOUTHIBA *et al.*, 2008). La date d'épiaison, souvent utilisée comme un indicateur convenable de précocité, est considérée comme un caractère qui influence le rendement des céréales, surtout en zones où la distribution de la pluviométrie et la variabilité des températures affectent la longueur du cycle de développement. Elle détermine la durée des phases de développement qui jouent un rôle important dans l'élaboration des composantes du rendement et dans l'évitement des accidents climatiques défavorables (ABBASSENE *et al.*, 1997). Dans les conditions méditerranéennes, la recherche d'une plus grande précocité est le moyen le plus utilisé pour éviter les effets du déficit hydrique sur le poids du grain (DOUSSINAULT *et al.*, 1992).

L'amélioration génétique pour la tolérance à la sécheresse passe aussi par une sélection pour des caractères liés au rendement en condition de stress (MONNEVEUX et THIS, 1995). En effet, l'exploitation des caractères morpho- physiologiques de forte héritabilité est un moyen très efficace contre la sécheresse (RICHARDS *et al.*, 2007). Ils permettent de rendre compte de la tolérance avec un potentiel hydrique élevé ou

faible DOUSSINAULT *et al.* (1992), par la faculté de la plante à conserver l'intégrité de ses structures membranaires et son activité photosynthétique (GATE, 1995) ou bien par l'ajustement du potentiel osmotique par accumulation d'ions (DOUSSINAULT *et al.*, 1992).

### 2.1.2.2. Adaptation et résistance aux contraintes biotiques

La sélection pour la résistance aux stress biotique est l'un des objectifs les plus importants dans un programme de sélection. La résistance aux stress biotiques permet d'augmenter et de stabiliser la production. Cette résistance peut nous économiser les frais de traitements par des pesticides et réduire les risques de pollution chimique (ZAHOUR, 1992).

Les maladies des plantes présentent une contrainte majeure à la production de blé et peuvent conduire à une réduction significative du rendement et de la qualité du grain. En effet, environ 20 maladies et cinq ravageurs (insectes ou acariens) peuvent attaquer le blé, certains d'entre eux ont une distribution mondiale et se produisent dans la plupart des régions productrices de blé, tandis que d'autres sont limités à certaines régions géographiques ou climatiques (MCINTOSH, 1998). Le développement de cultivars résistants prend en considération la variabilité génétique des parasites ou des maladies ainsi que la variabilité de la résistance qui existe au sein de l'espèce cultivée (ou d'espèces apparentées dont la résistance peut souvent être obtenue) (BROWN et CALIGARI, 2008). Les sélectionneurs de blé dur tentent de maintenir la résistance aux maladies du blé et s'efforcent constamment d'intégrer une résistance stable (REDDY et USHA, 2004). La durabilité de la résistance de cultivars peut être affectée par l'émergence de nouvelles races de parasites qui sont en mesure de surmonter le mécanisme de résistance dans la plante hôte. Ainsi la longévité de la résistance aux maladies qui peut être réalisée dans un nouveau cultivar est souvent aussi importante que le degré de résistance que le nouveau cultivar présente effectivement (BROWN et CALIGARI, 2008).

Pour certaines maladies et ravageurs, les gènes sont présents dans les cultivars locaux ou exotiques, de phénologie et de qualité similaires, pour d'autres, il sera nécessaire d'utiliser différents types de blés en tant que parents, pour d'autres encore, les espèces apparentées peuvent être les seules sources de niveaux satisfaisants de résistance (MCINTOSH, 1998).

En outre, les consommateurs sont intéressés par la façon dont les produits alimentaires sont cultivés, en préférant une alimentation saine souvent cultivée sans produits agrochimiques ou conservateurs. Le recours aux cultivars résistants aux maladies, répond aux besoins de ces consommateurs (BROWN et CALIGARI, 2008).

## 2.2. Amélioration qualitative des productions

Les caractéristiques qualitatives d'une variété de blé ont une importance primordiale dans un programme d'amélioration des plantes. La teneur en protéine, la couleur ainsi que des caractéristiques physique favorable (absence de mitadinage et moucheture) sont les principaux critères recherchés par un sélectionneur (BOUFENAR-ZAGHOUANE et ZAGHOUANE, 2006).

La qualité du grain déterminée par la structure et la composition du grain à la maturité est la résultante d'une interaction complexe de nombreux processus biochimiques et un grand nombre de gènes. Au niveau le plus simple, la composition du grain mûr dépend fortement de l'accumulation relative des glucides et des protéines, qui à leur tour dépendent de facteurs environnementaux exploités au cours de la croissance des grains telles que la disponibilité en azote et la température (STONE et SAVIN, 1999).

Comprendre les mécanismes par lesquels la génétique et les variations saisonnières qui influencent la composition du grain, et donc la qualité, est une étape importante dans une stratégie d'amélioration visant à produire des produits de la qualité demandée par un marché plus exigeant (STONE et SAVIN, 1999)

La recherche de variétés produisant un rendement élevé en grain peut aboutir à l'obtention de variétés de mauvaise qualité, en particulier de mauvais rendement semoulier. Pour cette raison, une attention particulière est prêtée aux valeurs nutritionnelles et technologiques des cultivars obtenus. L'étude des paramètres technologiques sert de critères de sélection dans le programme d'amélioration génétique (BENBELKACEM *et al.*, 1995).

### 3. Types de sélections

#### 3.1. Sélection directe

Le rendement en grain est le caractère le plus recherché comme critère de sélection (BOUZERZOUR, 1998). La sélection directe utilise le rendement lui-même qui est mesuré après la mort de la plante. Selon CECCARELLI *et al.* (1992), le rendement est un caractère quantitatif complexe, sa variation est sous contrôle polygénique de nature non additive. Il est plus soumis à la variation environnementale. Cette sélection n'est efficace qu'en conditions favorables.

#### 3.2. Sélection indirecte

Ce type de sélection est basé sur les composantes du rendement et certains caractères qui conditionnent la réalisation d'un haut rendement. L'instabilité des rendements en grain observée chez le matériel végétal issue de la sélection directe a exigé la recherche d'autres critères de sélection qui pourraient s'avérer plus efficaces dans l'amélioration de la régularité (BOUZERZOUR, 1998). Les améliorateurs ont donc procédé à une sélection indirecte en utilisant d'autres caractères de la plante liés au rendement tels que les caractères morphologiques (col de l'épi, longueur de la tige, surface foliaire, etc..) ou les composantes du rendement comme critères de sélection. Le rendement en grain puisse être augmenté en sélectionnant pour les composantes du rendement. Toutefois, le choix de l'une ou l'autre des composantes doit dépendre de son degré de liaison avec le rendement et de son héritabilité (HANIFI-MEKLICHE *et al.*, 2008).

Le nombre de grains par épi, paramètre qui influe sur la capacité du puit et en situation de déficit hydrique, est un bon indicateur de la tolérance à la sécheresse (TRIBOI, 1987).

**MERAH et al. (2001)** soulignent que la discrimination isotopique du carbone du grain élevé pourrait être utilisée comme indicateur d'un bon rendement en grain et comme critère pour améliorer ce dernier dans les conditions de sécheresse méditerranéennes. En effet, le rendement en grain et  $\Delta K$  (la quantité de  $C_{13}$  assimilé par le grain) sont significativement et positivement corrélés dans l'ensemble des environnements étudié par cet auteur, alors que ce caractère ( $\Delta K$ ) a montré des faibles interactions G x E.

SIDDIQUE *et al.* (1989) soulignent que la biomasse élevée est la cause principale des rendements élevés enregistrés chez les variétés récentes. Un long cycle de développement est plus favorable à la production d'une biomasse aérienne élevée. Selon RICHARDS *et al.* (1997) et BENMAHAMED (2005), une biomasse élevée est une caractéristique désirable en milieu semi-arides. TALEBI *et al.* (2010) constataient que le développement d'un génotype

à haut rendement est la conséquence du développement des génotypes à biomasse et nombre d'épis élevés. Ces auteurs ajoutent que la hauteur et l'indice de récolte ont un effet positif sur le rendement en grain quelles que soient les conditions.

Les caractéristiques de l'épi contribuent également à une limitation des pertes en eau. L'épi assure une activité photosynthétique importante au cours du remplissage du grain et sa contribution à la photosynthèse de la plante serait comprise entre 13 et 76% (BISCOPE *et al.*, 1975). ABBAD *et al.* (2004) indiquent l'importance du rôle photosynthétique de l'épi dans l'élaboration du rendement par rapport à celui de la feuille étendard, non seulement en conditions de sécheresse mais aussi en absence de stress.

La hauteur de la paille est souvent rapportée comme étant une caractéristique bénéfique en cas de déficit hydrique. Selon BAHLOULI *et al.* (2008), dans des conditions défavorables les meilleurs génotypes sont ceux qui maintiennent l'activité photosynthétique et qui augmentent le taux de remplissage grâce à l'utilisation des assimilats stockés dans la tige.

La longueur du col de l'épi a souvent été proposée comme critère de sélection de génotypes tolérants au déficit hydrique (FISHER et MAURER, 1978). Le rôle de ce caractère s'expliquerait par les quantités d'assimilats stockés dans cette partie de la plante qui sont susceptibles d'être transportés vers le grain en conditions de déficit hydrique terminal (GATE *et al.*, 1992). Un col de l'épi long constitue une protection contre la contamination de l'épi par les spores de *Septoria* à partir des dernières feuilles (WARDLAW, 1967 *in* OUDJANI, 2009).

La précocité consistant à raccourcir la durée du cycle de la variété est une stratégie parmi celles appliquées en amélioration des plantes pour réduire les effets du stress. La phénologie rythme le développement de la plante et ajuste le cycle végétatif de manière à l'assortir aux conditions optimales de croissance de l'environnement de production (OUDJANI, 2009).

La teneur relative en eau (TRE) figure parmi les différents critères d'évaluation de la tolérance à la sécheresse proposés par plusieurs auteurs (CLARCKE et MC CAIG (1982) ; SCHONFELD *et al.* (1988) ; MATIN *et al.* (1989) et LIWICK (1993) cités par BARKAT (2005). Ces auteurs montrent en effet que les variétés de blé qui ont une TRE importante sont plus tolérantes à la sécheresse.

FELLAH *et al.* (2002) notent des différences génotypiques dans le temps mis par les stomates pour se fermer sous stress ainsi que des différences assez conséquentes dans la teneur relative en eau pour lesquelles les stomates se ferment.

## 4. Méthodes de sélection

---

### 4.1. Sélection massale

La sélection massale est à la base de la domestication de plusieurs espèces végétales. Elle est simple et peu coûteuse. Elle consiste à choisir les meilleurs individus dans une population qui seuls, serviront à réaliser les générations suivantes (PREVOST, 1999). En se basant sur les phénotypes, la sélection massale présente un certain nombre d'inconvénient (ZAHOUR, 1992) :

Elle n'est pas efficace pour un certain nombre de caractères à faible héritabilité qui sont influencés par l'environnement.

---

Elle ne permet pas de séparer les plantes homozygotes des plantes hétérozygotes dans le cas où la dominance est complète. D'autres cycles sont nécessaires pour éliminer l'hétérozygotie.

#### 4.2. Sélection massale modifiée

Elle consiste à exposer à des conditions de végétation difficiles (stress abiotique et biotique) toutes les générations instables et à sélectionner les plantes les plus résistantes. Dans cette méthode, il y a l'intervention du sélectionneur. Il choisit les graines des plantes sélectionnées dans chaque génération instable, pour les semer et obtenir la génération suivante (KHALDOUN et *al.*, 2006).

#### 4.3. Sélection des lignées pures

Cette méthode consiste à choisir des individus dans une population hétérogène et procéder ensuite à l'étude des descendance en autofécondation en suivant la filiation généalogique de chaque individu (plante ou épi par ligne) (DEMARLY et SIBI, 1996). Elle permet d'extraire d'une population des lignées homozygote pour leurs caractères essentiels et adaptés à l'environnement où s'est opérée la sélection. Son grand intérêt est de fournir à la grande culture des lignées pures dont les avantages sont considérables (végétation uniforme et homogène) (KHALDOUN et *al.*, 2006).

#### 4.4. Sélection généalogique

Cette méthode est pratiquée le plus souvent après avoir réalisé une hybridation forcée entre deux lignées pures. Elle consiste à suivre la descendance de chacune des plantes au départ en se basant sur des critères phénotypiques ou/et génotypiques (PREVOST, 1999). Historiquement, cette méthode a conduit à sélectionner les meilleurs génotypes de blé, d'orge et même de betterave sucrière (DORE et *al.*, 2006).

#### 4.5. Sélection bulk

Dans cette méthode la génération  $F_2$  est semée en parcelle à la densité d'une parcelle d'essai, sur plusieurs mètres carrés. Aucun suivi individuel de plante n'est fait. A la récolte, les parcelles sont récoltées en mélange (*bulk*) et un échantillon des semences récoltées est utilisé pour semer la génération suivante  $F_3$  et ainsi de suite (BONJEAN et PICARD, 1990). Cette méthode n'est pas coûteuse et elle a l'avantage de conserver une bonne variabilité qui dépend, cependant des effets de la sélection naturelle, de la compétition et de la sélection artificielle exercée par le sélectionneur. Nilsson-Ehle était le premier qui l'utilisa chez le blé en 1912, pour sélectionner des lignées de blé qui cumuleraient la résistance au froid et la productivité (BONJEAN et PICARD, 1990).

#### 4.6. Back-cross récurrent

Lorsqu'un gène recherché, trouvé chez un géniteur dégradant sur le plan agronomique, est introduit dans le génotype d'un parent de bonne valeur agronomique, la méthode permet d'éliminer progressivement tous les gènes du géniteur, sauf le gène intéressant. Cette méthode est très utilisée pour introduire des caractères à hérédité simple dans un génotype déjà amélioré (gène de résistance, gène de stérilité mâle, gène qui gouverne la teneur en un constituant biochimique) (LAFON et *al.*, 1998).

#### 4.7. Croisements intraspécifiques

Dans la majorité des cas, les génotypes sont croisés à l'intérieur d'une même espèce avec un ou plusieurs partenaires qui apportent des qualités complémentaires ou qui intensifient, par effet cumulatif, les performances (DEMARLY et SEBI, 2006). Ceci se fait par l'intermédiaire des recombinaisons réalisées à la méiose de l'hybride et aux cours des méioses successives d'autogamie qui ramèneront un état homozygote. On peut avoir  $2^n$  gamètes différentes ce qui augmente la variabilité génétique et la fréquence des allèles désirables. Selon DEMOL *et al.* (2002), les nouvelles lignées créées présentent des améliorations limitées par rapport aux parents.

#### 4.8. Croisements interspécifiques

L'hybridation des céréales cultivées avec des géniteurs d'autres espèces apportant des caractères de résistance a conduit à un certain nombre de résultats significatifs (BONJEAN et PICARD, 1990). Ces hybridations nécessitent préalablement des études taxonomiques et cytologiques portant sur les communications génétiques entre espèces (DEMOL *et al.*, 2002). Deux cas possibles de croisement interspécifique (KALDOUN *et al.*, 2006) :

- Lignée d'addition ou de substitution

Dans les lignées de substitutions ou d'addition, une paire de chromosome de l'espèce cultivée peut être remplacée par une paire de l'autre espèce, cela n'est possible que s'il existe une homéologie assez forte entre les espèces. Cauderon en 1958 et en 1960 a obtenu deux lignées d'addition TAF1 et TAF2, possédant 44 chromosomes composés du stock complet du blé et une paire de chromosomes d'agropyron porteuse du facteur de résistance aux rouilles.

- Les amphiploïdes

Les amphiploïdes sont des espèces qui contiennent le génome de deux espèces. Le dédoublement par la colchicine permet de rétablir partiellement la fertilité, c'est le cas du triticales (hybridation entre le blé et le seigle).

### 5. Etude des Croisements diallèles

---

#### 5.1. Définition

Il s'agit d'un ensemble d'hybridations dirigées entre structure à étudier comprenant systématiquement toute une série de combinaisons (les graines issues de chaque parent mâle étant individualisées sur chaque parent femelle). Tous les croisements 2 à 2 de  $n$  génotypes d'un échantillon A sont réalisés (KHALDOUN *et al.*, 2006). Cela conduit à différents types de croisements diallèles (complet ou incomplet). Les croisements diallèles permettent une interprétation plus poussée en termes d'aptitudes à la combinaison et en ce qui concerne le conditionnement génétique des caractères quantitatifs (DEMARLY et SIBI, 2006). Ils sont relativement faciles à manipuler du point de vue expérimental, puisqu'ils n'y figurent que des familles. Une famille comporte un des parents et les croisements où il figure (ECOCHARD et HUET, 1961 ; BERBIGIER, 1964).

#### 5.2. Mode d'action des gènes

##### Effets additifs

L'additivité est parmi les multiples effets qui concourent à la réalisation des valeurs génotypiques. La présence des effets uniquement additifs est interprété par une valeur phénotypique d'un hétérozygote intermédiaire entre les parents [AA] et [BB] où :

$$[AB] = [AA] + [BB] / 2 \text{ (DEMARLY, 1977 ; GALLAIS, 1990 )}$$

### Effets de dominance

La dominance est l'écart entre les valeurs réelles et les valeurs additives. Elle apparaît donc comme l'interaction entre les segments homologues (DEMARLY, 1977). En définissant le degré de dominance par le rapport de la différence (d) entre la valeur de l'hétérozygote et la moyenne des deux homozygotes (m) à la demi-différence (a) entre les valeurs des deux homozygotes, soit (GALLAIS, 2009) :

$$\delta = 2 (G_{Bb} - m) / (G_{BB} - G_{bb}) = d/a,$$

$G_{BB}$  : la valeur génétique de l'homozygote dominant.

$G_{bb}$  : la valeur génétique de l'homozygote récessif.

$G_{Bb}$  : la valeur génétique de l'hétérozygote.

-Il y a une dominance complète lorsque la valeur de l'hétérozygote est égale à la valeur du génotype possédant l'allèle dominant :  $[Bb] = [BB]$ ,  $\delta = 1$ .

-Il y a une dominance incomplète lorsque la valeur de l'hétérozygote Aa est inférieure à la valeur du parent possédant l'allèle dominant :  $[Bb] < [BB]$ ,  $0 < \delta < 1$ .

-Il y a une superdominance lorsque la valeur de l'hétérozygote est supérieure à la valeur du parent possédant l'allèle dominant :  $[Bb] > [BB]$ ,  $\delta > 1$ .

### Effets d'épistasie

Les effets d'épistasie sont constitués par la somme des interactions entre les segments non homologues. Ces interactions peuvent intervenir entre des effets additifs A x A x A... , entre des effets de dominance D x D x D... , ou être mixte A x D ... Il existe deux types d'épistasie : cis et trans (DEMARLY, 1977).

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 (DEMARLY, 1977).

L'épistasie « trans » se produit entre les loci plus éloignés sur le même chromosome ou entre des loci se trouvant sur des segments non homologues. Elle est aléatoirement modifiée à chaque génération en fonction des rencontres gamétiques (DEMARLY, 1977). Pour un caractère dépendant de plusieurs gènes, FALCONER (1974), DEMARLY (1977) et GALLAIS (1978) ont formulé la variance phénotypique comme suit :

$$V_p = V_g + V_e$$

et

$$V_g = V_A + V_D + V_I$$

Avec :

$V_p$ ,  $V_g$  et  $V_e$  étant respectivement les variances phénotypiques, génotypiques et environnementales.

$V_A$ ,  $V_D$  et  $V_I$  étant les variances additives, de dominance et d'épistasie.

## 5.3. Héritabilité

L'héritabilité est l'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). L'héritabilité est souvent recherchée dans un programme de sélection parce qu'elle permet de discerner entre les différences observées entre les individus qui proviennent de variation dans la constitution génétique des plantes et celles qui sont liées aux facteurs du milieu (DEMARLY, 1977).

Les caractères totalement déterminés par des gènes à effet additif sont entièrement héritable. L'héritabilité d'un caractère diminue dans la mesure où il est influencé par le milieu, la dominance et l'épistasie trans (FALCONER, 1972).

L'héritabilité au sens large est le rapport entre la variance génotypique et la variance phénotypique, alors que l'héritabilité au sens étroit est le rapport entre la variance additive et la variance phénotypique (DEMARLY, 1977). L'héritabilité au sens étroit est formée presque entièrement par l'additivité et provient aussi en partie des effets épistatiques « cis » (KRIEG, 1989).

L'héritabilité peut être estimée soit à partir de l'étude de la transmission du caractère établissant une régression entre les parents et les valeurs moyennes de leurs descendants, ou bien par l'analyse de la ressemblance entre familles de pleins-frères ou de demi-frères (KRIEG, 1989).

### 5.4. Hétérosis

L'hétérosis est l'augmentation de vigueur observée au niveau de la descendance du croisement entre deux individus. C'est un phénomène universel dans le monde végétal et animal, traduisant un avantage de l'état hétérozygote (GALLAIS, 2009). Le terme hétérosis proposé par SHULL (1914) désigne la supériorité de l'hybride par rapport au meilleur de ses parents (GALLAIS, 1990). Cependant pour les généticiens quantitative, c'est l'écart entre la valeur de l'hybride et la moyenne des deux parents même si l'hybride n'est pas supérieur au meilleur parent (GALLAIS, 2009).

Chez les plantes autogames, l'hétérosis apparaît nettement moins important que chez les plantes allogames. Ainsi chez le blé tendre d'hiver, l'avantage de l'hybride par rapport au meilleur parent est de 5 à 15 %. Alors que pour des lignées moins sélectionnées, l'hétérosis par rapport au meilleur parent pourrait atteindre des valeurs nettement plus élevées assez fréquemment 30% (GALLAIS, 2009).

L'hétérosis est plus important pour un caractère complexe comme le rendement que pour un caractère à déterminisme plus simple. En effet, l'hétérosis d'un caractère est le résultat du produit des hétérosis des caractères composant ce caractère (GALLAIS, 2009).

### 5.5. Méthodes d'interprétation du diallèle

#### 5.5.1. Méthode de GRIFFING (1956)

Elle permet la mesure des aptitudes générales et spécifiques à la combinaison (AGC et ASC). L'AGC correspond à la valeur du gamète moyen du parent ou bien c'est la moyenne des effets gamétiques d'un individu (DEMARLY, 1977). La valeur des individus  $x$  et  $y$  présente un écart par rapport aux prévisions de l'additivité des AGC. Cet écart qui caractérise spécifiquement le croisement  $xx$  par  $yy$ , est appelé aptitude spécifique à la combinaison (ASC). Les variances des deux mesures (AGC et ASC) permettent le choix de

la méthode de sélection à poursuivre dans un programme d'amélioration pour une qualité (tableau 1) (DEMARLY, 1977)

**Tableau 1. Stratégie de sélection en fonction des variances d'aptitude à la combinaison (DEMARLY, 1977).**

Variance AGC	Variance ASC
<u>Faible</u> : peu de choix dans les formules parentales.	<u>Forte</u> : faire de nombreux croisements et choisir en suite.
<u>Forte</u> : choix efficace dans les formules parentales.	<u>Faible</u> : le choix des parents avant hybridation reste prioritaire.

### 5.5.2. Méthode de HAYMAN

C'est une méthode qui donne l'information sur la composition des gènes dominants et récessifs des parents du diallele, la dominance globale des caractères étudiés et le sens de cette dominance, le progrès génétique possible à partir du pool génétique mis en essai et l'estimation du nombre de locus intervenant sur le caractère étudié (COUSIN, 1969). La méthode proposée par HAYMAN possède l'indéniable avantage de s'interpréter graphiquement d'une manière simple ; elle permet aussi d'analyser un intéressant modèle génétique. Par contre, elle a l'inconvénient d'exiger, dans son utilisation, d'assez nombreuses conditions restrictives (DEMARLY, 1977).

# Matériels et méthodes

L'expérimentation mise en place au cours de la campagne 2009/2010 est constituée de 15 hybrides F<sub>1</sub> et 71 populations F<sub>3</sub> issus du croisement diallèle de six variétés de blé dur (Ardente, Carioca, Chen's, GTA dur, Latino, Siméto). L'étude porte sur plusieurs caractères (agronomiques, morphologiques et phénologiques) permettant l'évaluation des performances agronomiques de ces génotypes et leur comparaison afin de tirer la ou les meilleures combinaisons. Deux essais ont été réalisés l'un pour les hybrides F<sub>1</sub> et l'autre pour les populations F<sub>3</sub>.

## 1. Localisation des essais

Les essais ont été réalisés sous des abris grillagés à la station expérimentale de l'Ecole Nationale Supérieure agronomique, El Harrach (Alger), se trouvant à une altitude de 48 m à 3' 08" de longitude Est et 36' 43" de latitude Nord.

## 2. Caractéristiques pédoclimatiques du milieu

### 2.1. Caractéristiques du sol

---

Afin de déterminer les principales propriétés qui caractérisent le sol de nos essais, une série d'analyses a été réalisée sur un échantillon issu d'un mélange de cinq prélèvements du sol à l'aide d'une tarière suivant les diagonales de la parcelle à une profondeur de 30 cm. L'analyse est faite au niveau du laboratoire d'Agriculture du département de Production Végétales. Les résultats sont rapportés dans le tableau 2 p. 22.

- 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 (0,34 %).
- La teneur en matière organique est faible par rapport à la norme proposée par CLAVET et VIELLEMIN (1986). C'est un sol faiblement fourni en azote (0,95 %), riche en phosphore P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (78 ppm), mais pauvre en potassium K<sub>2</sub>O (1,5 méq / 100g de terre) (MDLC, 1993).
- D'après BAISE (1988), le sol est considéré comme non salé car la conductivité électrique (0,93 mmohs/cm) est inférieure à la norme (2,5 mmohs/cm).

### 2.2. Caractéristiques climatiques de la campagne d'étude

---

Le développement du peuplement végétal est très lié aux conditions climatiques. En effet, l'émission des feuilles et l'apparition des différents stades sont déterminées en grande partie par la pluviométrie et la somme des températures journalières depuis le semis jusqu'à la fin du cycle de la plante.

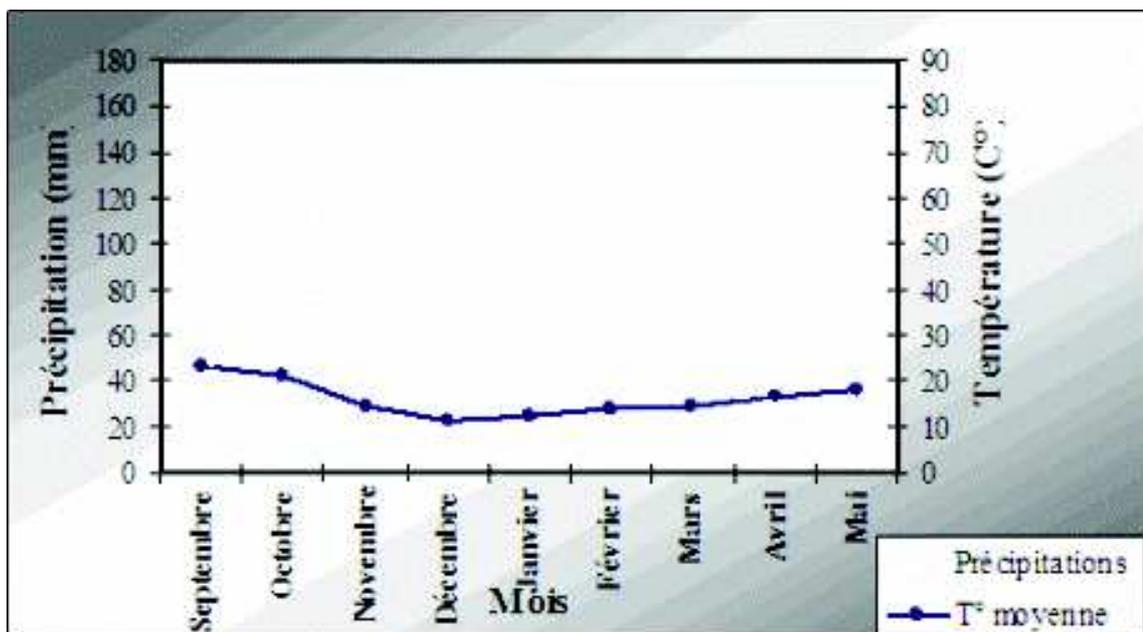
Dans le but de déterminer les conditions climatiques qui ont caractérisé la campagne 2009-2010, un suivi régulier a été réalisé par la station météorologique de l'ENSA. Les principales données sont rapportées dans le tableau 3 à partir duquel une courbe d'évolution des températures moyennes et de la pluviométrie durant la campagne 2009/2010 a été tracée (figure 2, p. 23).

Des précipitations considérables ont été enregistrées au début de la campagne, dont le maximum a été enregistré au mois de Novembre avec 154,1 mm, ce qui a permis un bon départ de la végétation mise en place en Décembre. Le mois d'avril a enregistré une faible pluviométrie (Figure 2, p. 23) par rapport à la campagne 2008-2009 (159,4 mm).

La gamme des températures moyennes de la campagne 2009-2010 varie de 11,4°C, pour le mois de Décembre qui correspond au mois le plus froid, à 23,2°C en Septembre correspondant au mois le plus chaud pour la période considérée (Figure 2, p. 23).

La figure 2 (p. 23) révèle une période humide qui s'étale du mois de Septembre jusqu'au mois d'Avril. Tandis que la période de sécheresse est apparue entre Mars et Mai coïncidant avec les stades épiaison et remplissage du grain. Contrairement à la campagne 2007-2008 (essai de CHETMI, 2009) la pluviométrie des mois de Janvier (29,7 mm), Février (23,8 mm) et Avril (20,5 mm) est faible coïncidant avec les stades tallage herbacé et floraison.

Le total des précipitations durant la campagne 2009-2010 est de 625,8 mm enregistrant une augmentation de 132,31mm par rapport à la moyenne enregistrée entre 1996 et 2009 (493,49mm)(figure 3 p. 23). Une baisse de 218,8 mm par rapport à la campagne 2008-2009 et de 83,4 mm par rapport à la campagne 2007-2008 ont été enregistrées. En revanche, on remarque une distribution des pluies durant les campagnes 2008-2009 et 2009-2010 plus régulière par rapport à la campagne 2007-2008.



**Figure 2.** Evolution des températures moyennes et de la pluviométrie durant la campagne 2009/2010

Source : données de la station météorologique de l'ENSA, 2009-2010

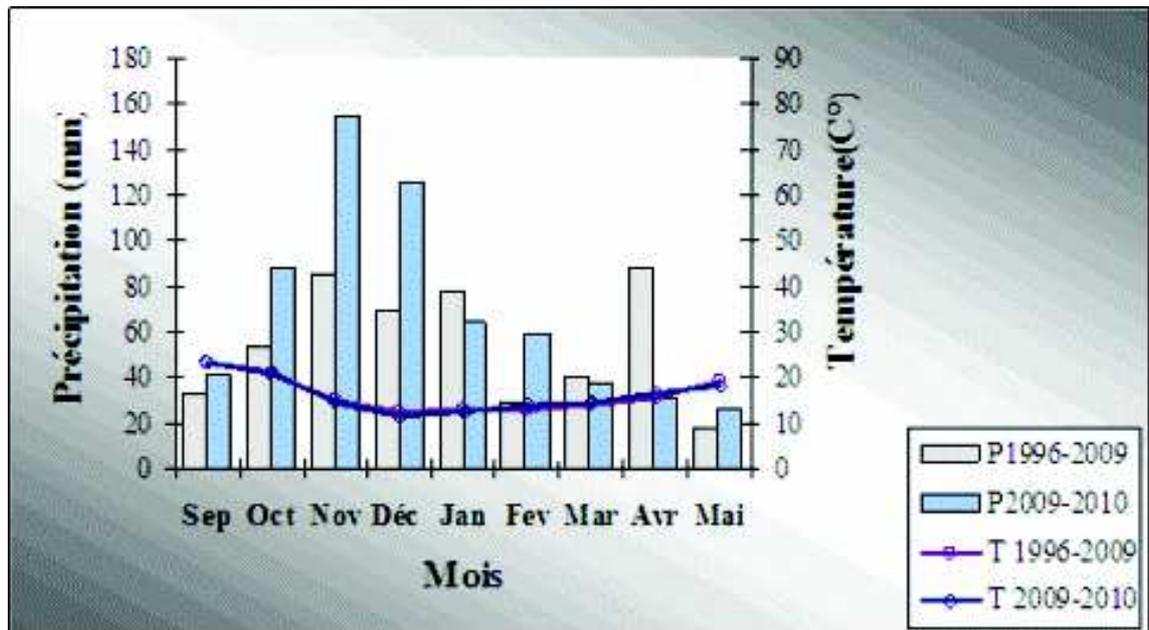


Figure 3. Variation des précipitations et des températures moyennes

Source : données de la station météorologique de l'ENSA, 1996-2008

### 3. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans l'essai des F<sub>1</sub> est composé de six variétés de blé dur « *Triticum durum* Desf. » (Ardente, carioca Chen's, GTA dur, Latino, Siméto) et 26 hybrides (Ardente\*Carioca, Carioca\*ardent, Ardente\*Chen's, Chen's\*Ardente, Ardente\*GTA dur, GTA dur \*Ardente, Ardente\*Latino, Latino\*Ardente, Ardente\*Siméto, Carioca\*Chen's, Carioca\*GTA dur, GTA dur\* Carioca, Carioca\*Latino, Latino\* Carioca, Carioca \*Siméto, Siméto\* Carioca, Chen's\*GTA dur, GTA dur\*Chen's, Chen's\*Latino, Latino\*Chen's, Chen's\*Siméto, Siméto\* Chen's, GTA dur\*Latino, Latino\*GTA dur, GTA dur\*Siméto, Latino\*Siméto, Siméto\*Latino). Les données des hybrides et des réciproques ont été regroupées dans les analyses statistiques et génétiques. Les caractéristiques des variétés sont illustrées dans le tableau 3.

Tableau 3. Caractéristiques des différentes variétés

	Ardente	Carioca	Latino	GTA dur	Chen's	Sémito
Origine	Introduite de France	SERASEM-France		CIMMYT (Mexique)	CIMMYT (Mexique)	Italie, Sélectionnée à l'ITGC de Tiaret
<u>Caractères morphologiques</u>						
<b>Compacité de l'épi</b>	-compact	-compact	-compact	-compact	-compact	- demi- lâche
<b>Couleur de l'épi</b>	-blanc	-blanc	-blanc	-blanc	-blanc à roux pâle	-blanc
<b>Forme grain</b>	-allongé	-allongé	----- -	-demi-allongé	-demi-allongé	-demi-allongé
<b>hauteur à la maturité</b>	- moyen cm	-65-75 cm	80- 90 cm	-80- 90 cm	-65 à 75cm	-90 à 100cm
<u>Caractéristiques culturales</u>						
<b>Cycle végétatif</b>	-précoce à très précoce	-précoce	-précoce	-précoce	-précoce	-----
<b>Tallage</b>	-moyen	-faible	-moyen	-fort	-moyen à fort	-----

Tableau 3. Caractéristiques des différentes variétés (suite)

**Etude agronomique et analyse diallèle de six variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.)**

Tolérances aux maladies et aux conditions climatiques						
<b>Rouille brune</b>	-tolérante	-sensible à assez sensible	-sensible à assez sensible	moyennement résistante	moyennement sensible	Moyennement tolérante
<b>Oidium</b>	-----	-sensible	-sensible	-résistante	moyennement sensible	moyennement tolérante
<b>Septoriose</b>	-peu sensible	-sensible	-sensible	-résistante	-----	-moyennement Tolérante
<b>Fusariose</b>	Moyennement tolérante	-assez sensible	-assez sensible	-résistante	-sensible	-résistante
<b>Froid</b>	sensible	moyennement résistant	moyennement résistant	-résistante	-tolérante	-tolérante
<b>Sécheresse</b>	-tolérante	moyennement tolérante	moyennement tolérante	moyennement résistante	-moyennement tolérante	-sensible
<b>Verse</b>	- sensible	-résistante	- résistante		-résistante	-résistante
Caractères technologiques						
<b>Qualité semoulière</b>	-----	-bonne	-----	-----	-----	-----
<b>PMG</b>	-----	-----	35- 40g	45g	35 à 45g	élevé
<b>Mitadinage</b>	-Tolérante	-peu sensible	-résistante	moyennement résistante	moyennement résistante	-résistante
<b>Moucheture</b>	- Résistante	-peu sensible	-résistance moyenne	-résistante	-résistante	- résistante

**Source** : ITGC ; 2006

Le matériel végétal utilisé dans la comparaison des F<sub>3</sub> provient de l'étude des F<sub>1</sub> réalisée par CHETMI (2009) en 2007/2008 et des F<sub>2</sub> par DAHLIA (2010) en 2008/2009. L'étude agronomique et morphologique menée sur les génotypes F<sub>2</sub> par DAHLIA (2010) était basée sur la sélection selon la couleur des barbes a permis de passer de 38 populations F<sub>2</sub> à 71 populations F<sub>3</sub>. Le tableau 4 suivant présente les 71 génotypes utilisés ainsi que leurs numéros.

**Tableau 4. Liste des numéros attribués aux génotypes dans les histogrammes et les tableaux des moyennes.**

Numéros attribués aux géotypes	Géotypes	Numéros attribués aux géotypes	Géotypes
1	Ardente BB	37	GTA dur BB
2	Ardente BN	38	GTA dur BN
3	Ardente*Carioca BB	39	GTA dur*Ardente BB
4	Ardente*Carioca BN	40	GTA dur*Ardente BN
5	Ardente*Chen's BB	41	GTA dur*Carioca BB
6	Ardente*Chen's BN	42	GTA dur*Chen's BB
7	Ardente*GTAdur BB	43	GTA dur*Chen's BN
8	Ardente*GTAdur BN	44	GTA dur*Latino BB
9	Ardente*Latino BB	45	GTA dur*Latino BN
10	Ardente*Latino BN	46	GTA dur*Siméto BB
11	Ardente*Siméto BN	47	GTA dur*Siméto BN
12	Ardente*Siméto BB	48	Latino BB
13	Carioca BB	49	Latino BN
14	Carioca BN	50	Latino*Ardente BB
15	Carioca*Ardente BB	51	Latino*Ardente BN
16	Carioca*Ardente BN	52	Latino*Carioca BB
17	Carioca*chen's BB	53	Latino*Carioca BN
18	Carioca*Chen's BN	54	Latino*Chen's BB
19	Carioca*GTA dur BB	55	Latino*Chen's BN
20	Carioca*GTA dur BN	56	Latino*GTA dur BB
21	Carioca*Latino BB	57	Latino*GTA dur BN
22	Carioca*Latino BN	58	Latino*Siméto BB
23	Carioca*Siméto BN	59	Latino*Siméto BN
24	Carioca*Siméto BB	60	Siméto BB
25	Chen's BB	61	Siméto BN
26	Chen's BN	62	Siméto*Ardente BB
27	Chen's*Ardente BB	63	Siméto*Ardente BN
28	Chen's*Ardente BN	64	Siméto*Carioca BB

Tableau 4. Liste des numéros attribués aux géotypes dans les histogrammes et les tableaux des moyennes (suite).

29	Chen's*Carioca BB	65	Siméto*Carioca BN
30	Chen's*Carioca BN	66	Siméto*Chen's BB
31	Chen's*GTA dur BB	67	Siméto*Chen's BN
32	Chen's*GTA dur BN	68	Siméto*GTA dur BB
33	Chen's*Latino BB	69	Siméto*GTA dur BN
34	Chen's*Latino BN	70	Siméto*Latino BB
35	Chen's*Siméto BB	71	Siméto*Latino BN
36	Chen's*Siméto BN		

BB : Barbes blanches

BN : Barbes noires

## 4. Dispositif expérimental

Le dispositif utilisé pour les deux essais était le bloc aléatoire complet à trois répétitions.

### 4.1 Essais sur les F<sub>1</sub>

---

Chaque bloc comprenait 32 lignes de 1 m. L'espacement entre les lignes est de 0,3 m et entre les blocs est de 0,5m. La densité de semis était de 26 grains par ligne (figures 4 p. 28).

### 4.2 Essais sur les F<sub>3</sub>

---

Chaque génotype est semé dans une micro-parcelle de 1,2 m<sup>2</sup> comprenant 4 lignes de 2 m. L'espacement entre deux lignes successives était de 20 cm, la dose de semis était 70 grains par mètre linéaire. La distance entre deux micro-parcelles successives était de 20 cm (pour éliminer l'effet de bordures) et l'espacement entre deux blocs était de 50 cm (figures 5 p. 29-31).

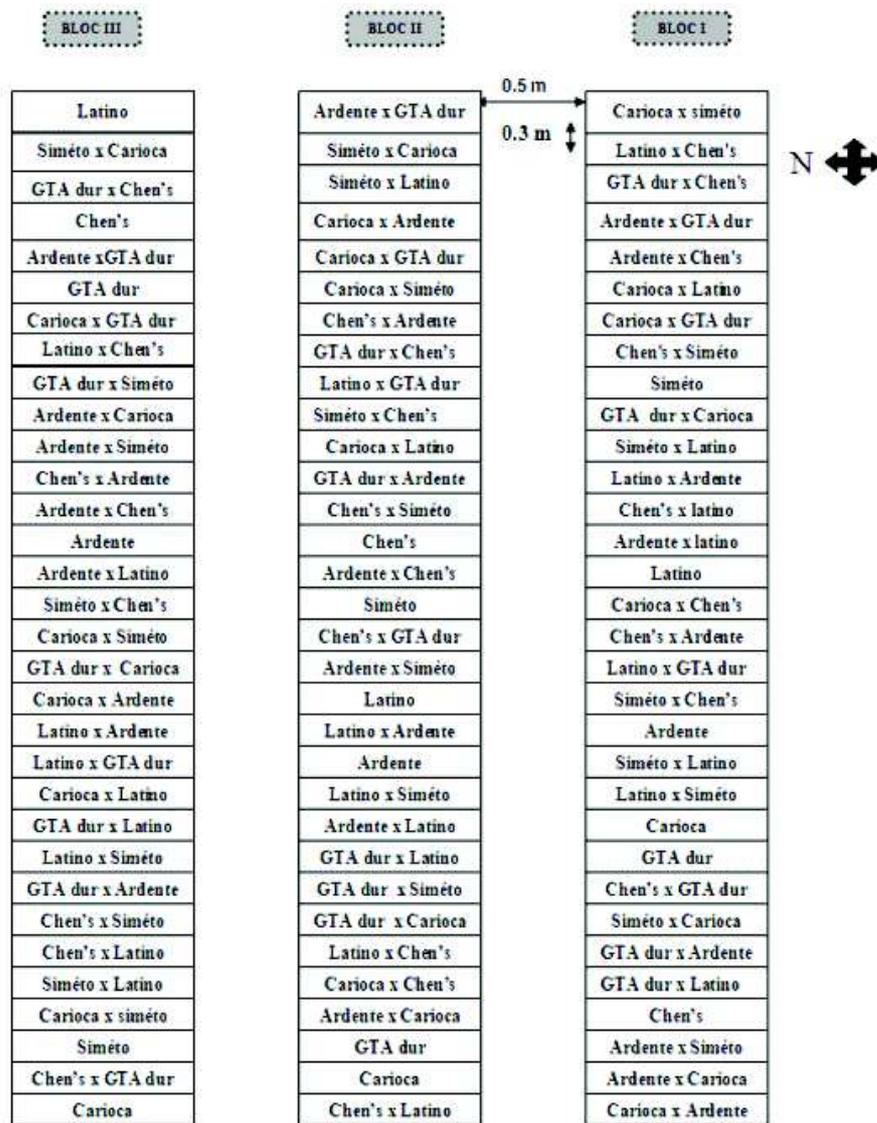


Figure 4. Plan du dispositif expérimental du diallèle  $F_1$



Figure 5. Plan du dispositif expérimental des F3

## 5. Itinéraire technique

### 5.1. Précédent cultural

Le précédent cultural des deux essais était une culture de soja installée en Juillet et récolté en Novembre.

### 5.2. Travail du sol

Le labour des parcelles a été effectué le 18 Novembre 2009.

## 5.3. Semis

### 5.3.1. Essai sur les F<sub>1</sub>

Pour avoir une densité homogène, le semis a été réalisé le 25 Novembre 2009 dans des alvéoles. Chaque alvéole comprenait 2 grains. La transplantation a été réalisée le 5 Décembre 2009.

### 5.3.2. Essai sur les F<sub>3</sub>

Le semis a été réalisé le 31 Décembre 2009.

## 5.4. Fertilisation

### 5.4.1. Fertilisation azotée

L'apport d'azote s'est fait en plusieurs fractions, le premier est réalisé avant la mise en place de l'essai et le dernier au stade épisaison. La dose totale apportée est de 138,92 kg/ha. La date, les différentes doses et le mode d'apport d'azote sont présentés dans le tableau 5.

Date de l'apport	Fertilisant utilisé et dose d'utilisation	Dose d'azote apporté (kg/ha)	Stade de culture
F1 : 07/12/2009 F3 : 28/12/2009	15-15-15 300 kg/ha	45	Fumure de fond (avant l'installation de la culture)
F1 : 26/12/2009 F3 : 27/01/2010	Urée 100 kg/ha	46	Début tallage
F1 : 16/01/2010 F3 : 17/02/2010	Urée 100 kg/ha	46	Plein tallage
F1 : 16/01/2010 F3 : 17/02/2010	Phosamco 6 sp. 2,53 kg/ha	0,506	Plein tallage
F1 : 02/02/2010 F3 : 16/03/2010	Safe N 2,53 l/ha	0,708	Montaison
F1 : 14/03/2010 F3 : 04/04/2010	Safe N 2,53 l/ha	0,708	Episaison

*Tableau 5. Récapitulatif de la fertilisation azotée*

### 5.4.2. Fertilisation phosphorique

Le premier apport de phosphore a été fait avant la mise en place de l'essai comme fumure de fond et le dernier apport au stade épisaison comme fumure de couverture. La dose totale apportée est de 49,52 kg/ha. La date, les différentes doses et le mode d'apport de phosphore sont indiqués dans le tableau 6.

Date de l'apport	Fertilisant utilisé et dose d'utilisation	Dose de phosphore apporté (kg/ha)	Stade de culture
F1 : 07/12/2009 F3 : 28/12/2009	15-15-15 300 kg/ha	45	Fumure de fond (avant l'installation de la culture)
F1 : 26/12/2009 F3 : 02/02/2010	Agiphos 2,53 l/ha	1,08	Début tallage
F1 : 16/01/2010 F3 : 17/01/2010	Agiphos 2,53 l/ha	1,08	Plein tallage
	Phosamco 6 sp. 2,53 kg/ha	0,2	
	F1 : 02/02/2010 F3 : 16/03/2010	Agiphos 2,53 l/ha	1,08
F1 : 14/03/2010 F3 : 04/04/2010	Agiphos 2,53 l/ha	1,08	Epiaison

*Tableau 6. Récapitulatif de la fertilisation phosphorique*

#### 5.4.3. Fertilisation potassique

La fertilisation potassique a été effectuée en deux apports foliaires l'un au stade plein tallage et l'autre à l'épiaison. La dose totale apportée est de 46,2 kg/ha. La date, les différentes doses et le mode d'apport de potassium sont présentés dans le tableau 7.

Date de l'apport	Fertilisant utilisé et dose d'utilisation	Dose de potassium apporté (kg/ha)	Stade de culture
F1 : 07/12/2009 F3 : 28/12/2009	15-15-15 300 kg/ha	45	Fumure de fond (avant l'installation de la culture)
F1 : 16/01/2010 F3 : 17/02/2010	Phosamco 6 sp. 2,53 kg/ha	0,354	Plein tallage
	Agipotash 2,53 l/ha	0,843	
F1 : 13/04/2010 F3 : 04/04/2010	Agipotash 2,53 l/ha	0,843	Epiaison

*Tableau 7. Récapitulatif de la fertilisation potassique*

#### 5.4.4. Fertilisation en oligo-éléments

Les différents oligoéléments : Cu, Fe, Mn, Mg, Bo, ... sont apportés par voie foliaire. Les quantités apportées, les engrais et les dates sont donnés dans le tableau 8.

Date de l'apport et Stade de culture	Fertilisant utilisé et dose d'utilisation	Dose d'oligo-éléments apportés (kg/ha)
F1 : 26/12/2009 : début tallage 02/02/2010 : montaison 14/03/2010 : épiaison F3 : 02/02/2010 16/03/2010 04/04/2010	Agiphos 2,53 l/ha	Cuivre: 0,037 Fer: 0,012 Magnésium: 0,05 Zinc: 0,037
F1 : 16/01/2010 plein tallage F3 : 17/02/2010	Phosamco 6 sp. 2,53 kg/ha	Cuivre: 0,0876 Fer: 0,0125 Magnésium: 0,106 Zinc: 0,040 Bore: 0,0010
	Agiphos 2,53 l/ha	Molybdène: 0,00015 Manganèse: 0,0065 Soufre: 0,126

**Tableau 8.** Récapitulatif de la fertilisation en oligo-éléments

## 5.5. Désherbage

Un désherbage chimique a été réalisé avant l'installation de la culture avec un herbicide total (Roundup) le 24 Novembre 2009. Un dernière désherbage a été effectué sur la surface cultivée au stade début tallage le 28-12-2009 pour les F<sub>1</sub> et le 03/02/2010 pour les F<sub>3</sub> à l'aide d'un désherbant sélectif (Hussar of) à raison de 0,5 l/ha et à base de deux matières actives : le *Finaxoprop-P-Ethyle* et l'*Indosulfuron methyle sodium* efficace contre les dicotylédones, le Ray-grass, la folle Avoine et le Phalaris. Le désherbage chimique a été complété par un désherbage manuel effectué à chaque fois qu'il y a apparition de mauvaises herbes.

## 5.6. Traitements phytosanitaires

Différents traitements ont été appliqués le long du cycle de la culture. Le traitement se fait dès l'observation des premiers symptômes des maladies fongiques ou des premières populations de ravageurs. Les détails sur ces traitements sont donnés dans le tableau 9.

## 5.7. Irrigation

Les semences F<sub>1</sub> ont été arrosées uniquement pendant la première semaine dans les alvéoles. Les deux essais au champ ont été menés sous régime pluvial.

## 5.8. Récolte

La récolte s'est faite manuellement le 02-06-2010 pour les F<sub>1</sub> et le 08/06/2010 pour les F<sub>3</sub>. Chaque unité parcellaire de chaque génotype a été récoltée séparément. Un prélèvement de 10 échantillons au niveau de chaque micro parcelle a été effectué le jour de la récolte pour les deux essais.

## 6. Caractères mesurés

### 6.1. Caractères phénologiques

---

Deux caractères ont été déterminés, la précocité à l'épiaison et la précocité à la floraison.

- Précocité à l'épiaison

Ce paramètre a été déterminé au niveau de chaque génotype par le calcul du nombre de jours entre le semis et le stade épiaison qui est atteint lorsque 50 % des tiges de chaque ligne ont leurs épis dégagés.

- Précocité à la floraison

Elle a été déterminée au niveau de chaque génotype par le calcul du nombre de jours entre le semis et le stade floraison qui est atteint lorsque 50 % des épis de chaque épis-ligne ont leurs étamines dégagées.

### 6.2. Caractères agronomiques

---

#### A ) Avant la récolte

Deux caractères ont été déterminés, le nombre de pieds et d'épis par mètre carré. Le dénombrement s'est fait pour chaque épis-ligne des différents génotypes.

- Nombre moyen de pieds par mètre carré

La détermination de ce caractère s'est faite au stade trois feuilles en comptant le nombre de pieds sur la distance semée rapportée au mètre carré.

- Nombre moyen d'épis par mètre carrée

Le dénombrement s'est fait au moment où toutes les lignées ont atteint le stade épiaison par le comptage du nombre d'épis sur la distance semée rapporté au mètre linéaire pour les F<sub>1</sub> et au mètre carré pour les F<sub>3</sub>.

#### B ) Après la récolte

Les paramètres ont été mesurés sur 10 échantillons de chaque génotypes.

- Nombre moyen de grains par épi

Il a été déterminé par le comptage du nombre de grains se trouvant au niveau de chaque épi.

- Nombre moyen total d'épillets par épi

Ce caractère a été déterminé en comptant le nombre total d'épillets se trouvant sur chaque épi.

- Nombre moyen d'épillets stériles et fertiles par épi

Il a été calculé au niveau de chaque épi par le comptage des épillets stériles. Le nombre d'épillets fertiles a été déduit à partir du nombre d'épillets stériles et du nombre total d'épillets

- Poids moyen de mille grains

Pour ce caractère, trois échantillons de mille grains pour chaque génotype récolté ont été comptés à l'aide d'un compteur de grains puis pesés un à un à l'aide d'une balance de précision.

- Rendement en grain estimé

Pour calculer le rendement en grain estimé, la formule suivante a été utilisée :

$$RE \text{ (g/ unité de surface)} = \frac{NEM * NGE * PMG}{1000}$$

Avec :

**RE** : Rendement en grain estimé.

**NEM** : Nombre d'épis par unité de surface (m linéaire pour les F<sub>1</sub> et m<sup>2</sup> pour les F<sub>3</sub>).

**NGE** : Nombre de grains par épi.

**PMG** : Poids de mille grains.

- Rendement en grain réel

Les grains de chaque ligne récoltée ont été pesés puis rapportés en gramme par mètre linéaire pour les F<sub>1</sub> et m<sup>2</sup> pour les F<sub>3</sub>.

- Poids moyen de la Biomasse aérienne

Après la récolte de chaque génotype, on a calculé son poids total (paille + épis) puis la valeur obtenue a été rapporté à l'hectare pour les F<sub>3</sub>.

- Indice de récolte (IR)

Il a été déterminé par la formule suivante :

$$IR = \frac{\text{Rendement en grains réel}}{\text{Poids de la biomasse aérienne}}$$

### 6.3. Caractères morphologiques

- Hauteur moyenne de la tige

Elle a été déterminée par la mesure de la distance séparant la base de la tige de celle de l'épi.

- Longueur moyenne de l'épi

Nous avons mesuré cette longueur à partir de la base de l'épi jusqu'à son extrémité hormis les barbes.

- Longueur moyenne du col de l'épi

La mesure de la longueur s'est faite de la base du limbe de la dernière feuille jusqu'à la base de l'épi.

- Longueur moyenne des barbes

Elle a été déterminée par la mesure de la longueur de l'extrémité de l'épi jusqu'à celle des barbes.

## 7. Méthodes de traitement des données

### 7.1. Analyse statistique

Une analyse de la variance à deux critères de classification a été réalisée à l'aide du logiciel EXCEL. Le coefficient de variation résiduel a été calculé par la formule suivante :

$$CV_{\text{Résiduel}} = \frac{\text{Ecart type résiduel}}{\text{Moyenne}}$$

Une comparaison multiple des moyennes a été effectuée en utilisant la ppds pour la détermination des groupes homogènes. Les tests de corrélation entre deux variables ont été faits selon Pearson et les coefficients de régression ont été calculés.

### 7.2. Analyse génétique au niveau des F<sub>1</sub>

#### 7.2.1. 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 ne comprend que les hybrides F<sub>1</sub> (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	S <sub>g</sub>	M <sub>g</sub>	$\sigma^2 + (p-2)\left(\frac{1}{p-1}\right)\sum_i g_i^2$	$\sigma^2 + \sigma_i^2 + (p-2)\sigma_g^2$
ASC	p(p-3)/2	S <sub>s</sub>	M <sub>s</sub>	$\sigma^2 + \left(\frac{2}{p(p-3)}\right)\sum_{i < j} S_{ij}^2$	$\sigma^2 + \sigma_i^2$
Erreur ( $\sigma^2/b$ )	M	S <sub>e</sub>	M'e	$\sigma^2$	$\sigma^2$

**Tableau 10.** 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

$$\left( \frac{1}{p-1} \right) \sum_i g_i^2 = \frac{1}{6-1} \left( \frac{Mg - M'e}{P-2} \right) = \frac{1}{5} \left( \frac{Mg - M'e}{4} \right) = (A)$$

Composante de dominance

$$\left( \frac{2}{p(p-3)} \right) \sum_{i < j} S_{ij}^2 = \left( \frac{2}{6(6-3)} \right) Ms - M'e = \frac{1}{9} (Ms - M'e) = (B)$$

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

**Cas du Modèle II, calcul des héritabilités**

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

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

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

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

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

### 7.2.2. Hétérosis

- L'hétérosis par rapport au parent moyen (HM) est calculé comme suit :  
 $HM = ((F_1 - P) / P) \times 100$  avec  $F_1$  = 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 :  
 $HS = ((F_1 - P_s) / P_s) \times 100$  avec :  $P_s$  = Parent qui a la plus grande valeur.
- L'hétérosis par rapport à la meilleure variété = Hétérosis économique ou Standard (HE)  
 $HE = ((F_1 - P_e) / P_e) \times 100$  avec :  $P_e$  = Variété qui a la plus grande valeur.
- L'hétérosis global :  $HG = ((mF_1 - P_g) / P_g) \times 100$  avec  $P_g$  = moyenne de toutes les variétés.  
 $mF_1$  = moyenne de toutes les  $F_1$ .

### 7.2.3. Corrélation génétiques et environnementales

**Corrélation génétique (x,y)** =  $PMEG(x,y) / \text{Racine}(\sqrt{CMEG(x) \cdot CMEG(y)})$

Où  $PMEG(x,y)$  = Produit moyen des écarts génotypiques.

$CMEG(x)$  et  $CMEG(y)$  = Carré moyen des écarts génotypiques (**GALLAIS, 1990**)

**Corrélation environnementale (x,y)** =  $PMER(x,y) / \text{Racine}(\sqrt{CMER(x) \cdot CMER(y)})$

Où  $PMER(x,y)$  = Produit moyen des écarts résiduels.

$CMER(x)$  et  $CMEG(y)$  = Carré moyen des écarts résiduels (**GALLAIS, 1990**)

# Résultats et discussions

## I. Etude des différents caractères agronomiques, morphologiques et phénologiques de l'essai diallèle

### 1. Caractères agronomiques

L'analyse de la variance (Annexe I, tableau 1 p. 91) a montré une différence très hautement significative entre génotypes pour le poids de la biomasse aérienne et une différence significative pour le nombre d'épis par mètre linéaire et le nombre d'épillets fertiles par épis, avec des coefficients de variation de 49,98 %, 48,66 % et 7,16 % respectivement. Les autres caractères ont montré une différence non significative entre génotypes avec des coefficients de variation variant de 5,56 % (le nombre total d'épillets) à 61,91 % (le nombre d'épillets stériles).

#### 1.1. Nombre moyen d'épis par mètre linéaire

La comparaison des moyennes par le test de Fisher (ppds) a montré la présence de cinq groupes chevauchants (annexe 1, tableau 1 p. 91 et Annexe II, tableau 2 p. 92). Le nombre moyen d'épis par mètre linéaire le plus élevé a été obtenu par le croisement Chen's\*Latino avec 167,07 épis par mètre linéaire. Alors que la valeur la plus faible a été observée chez la variété Latino avec 48,33 épis par mètre linéaire, soit une différence de 118,74 épis (figure 6).

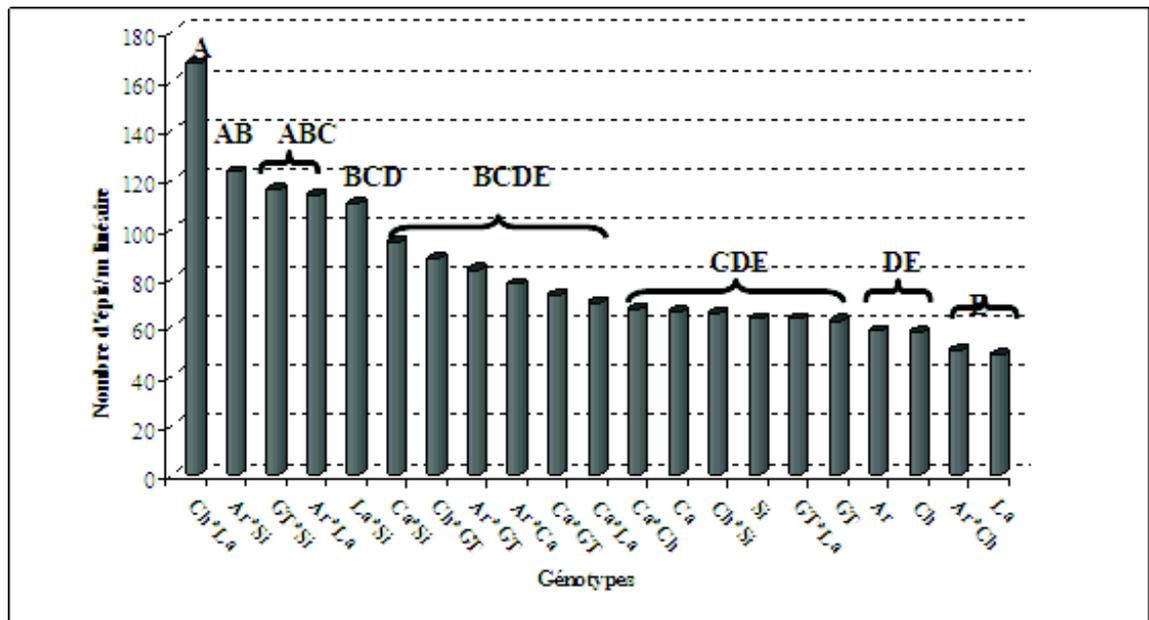


Figure 6. Variation du nombre d'épis/ m linéaire en fonction des génotypes

La comparaison des hybrides  $F_1$  avec leurs parents a montré que les hybrides Chen's\*Latino, Ardente\*Siméto et Ardente\*Latino étaient statistiquement supérieurs aux deux parents, Latino\*Siméto a présenté une valeur statistiquement égale au parent ayant la plus grande valeur, les hybrides restants avaient des valeurs moyennes statistiquement égales aux deux parents. L'hétérosis globale était de 50,18 %.

Le nombre d'épis dans notre essai était moyennement supérieur à celui de CHETMI (2009). Le nombre moyen d'épis par mètre linéaire le plus élevé pour CHETMI (2009) a été obtenu par les croisements Carioca\*GTA dur et Latino\*Siméto avec 75 épis par mètre linéaire. Alors que la valeur la plus faible a été observée chez Siméto\*Latino avec 14 épis par mètre linéaire. Cet état de fait pourrait être dû à une densité de semis différente ou à des contraintes climatiques. Selon GATE (1995) un stress hydrique durant le tallage herbacé ralentit l'émission des talles et conduit à la réduction du nombre d'épis par unité de surface. Ce qui a été probablement observé chez CHETMI (2009) où on a remarqué que la pluviométrie pendant les mois de janvier et février est moins importante (respectivement 29,7 mm et 23,8 mm) par rapport la campagne de notre essai (respectivement 64,5 mm et 59,0 mm).

HSU et WALSON (1971) cité par BENMAHAMED (2005) et BOUZERZOUR *et al.* (2000) mentionnent que le nombre d'épis est la composante la plus déterminante du rendement. Selon BOUZERZOUR et MONNEVEUX (1993), le nombre d'épis varie plus en fonction des années et des lieux qu'en fonction des variétés pour une même année.

MEKLICHE (1976) indique qu'à partir du stade montaison le blé est dans sa phase de sensibilité à la sécheresse, l'alimentation en eau ne doit pas être limitante afin de ne pas affecter la formation des talles épis potentielles.

## 1.2. Nombre moyen de grains par épi

L'hybride Chen's\*Siméto a enregistré le meilleur nombre de grains par épi au niveau de la  $F_1$  avec 48,53 grains par épi. Le nombre de grains par épi le plus faible a été enregistré chez l'hybride Ardente\*Siméto avec 25,40 grains par épi (annexe I, tableau 1 p. 91, Annexe II tableau 10 p. 100).

Pour CHETMI (2009), les hybrides Siméto\*Latino, Siméto\*Carioca et Siméto\*GTA dur ont enregistré les meilleurs nombres de grain par épi avec respectivement 61,60 et 60,56 tandis que la variété ardente a donné la plus faible valeur.

## 1.3. Nombre total d'épillets

Le nombre le plus élevé a été obtenu par le croisement Siméto\*Chen's soit 23,67 épillets par épi suivi par GTA dur\*Latino (23,22). Tandis que le nombre le plus faible a été enregistré chez le croisement GTA dur\*Siméto avec 20,57 épillets par épi (annexe I, tableau 1 p. 91, Annexe II tableau 10 p. 100).

Les résultats de CHETMI (2009) ont révélé que le croisement Carioca\*GTA dur s'est distingué par le nombre total d'épillets le plus élevé qui est de 23,67 épillets par épi, par contre le croisement Siméto\*Chen's a présenté le nombre total d'épillets le plus faible avec 18,67.

## 1.4. Nombre d'épillets fertiles par épi

La comparaison des moyennes par le test de Fisher (ppds) (annexe I, tableau 1 p. 91 et Annexe II, tableau 3 p. 95) a révélé la présence de cinq groupes chevauchants (Figure 7).

L'hybride Siméto\*chen's s'est distingué par un nombre d'épillets fertiles élevé (23,44), suivi par GTA dur\*Latino (22,66) et Carioca\*Latino (21,67). La valeur la plus faible a été donnée par Carioca\*Siméto avec 18,72 épillets fertiles par épi. L'hétérosis global était égal à 2,17 %.

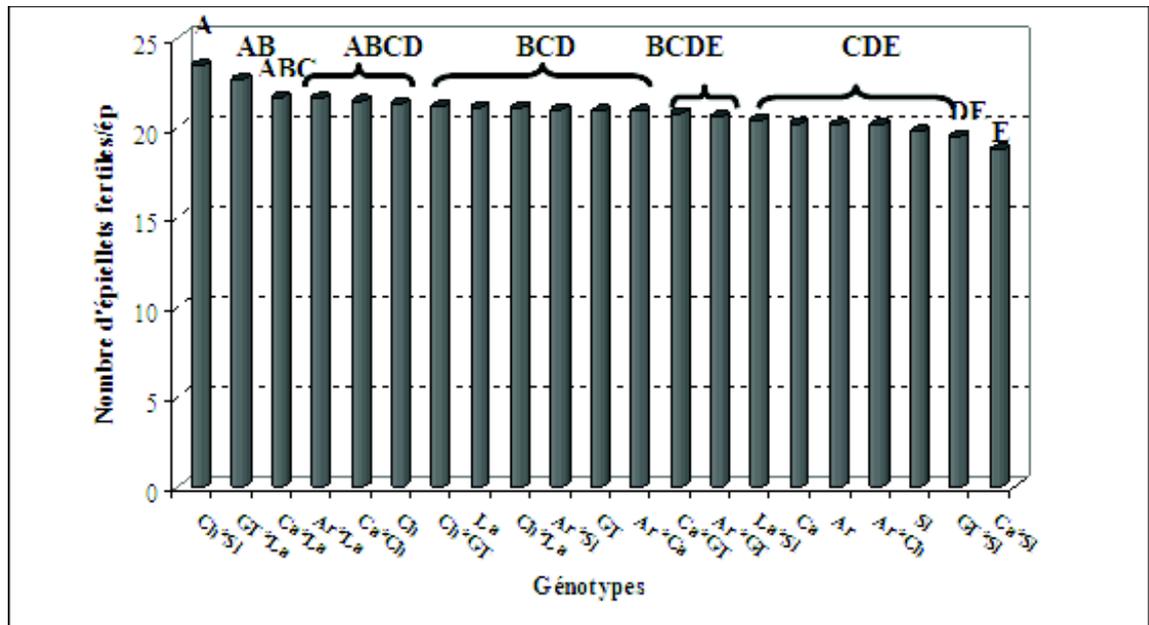


Figure 7. Variation du nombre d'épillets fertiles/épi en fonction des génotypes

La comparaison des F<sub>1</sub> avec leurs parents a montré que :

- Chen's\*Siméto était supérieur au parent qui a présenté la plus grande valeur Chen's,
- GTA dur\*Latino, Carioca\* Latino, Ardente\*Latino, Carioca\*Chen's, Ardente\*Siméto, Ardente\*Carioca, Carioca\*GTA dur, Ardente\*GTA dur, Latino\*Siméto, GTA dur\*Siméto et Carioca\*Siméto avaient des valeurs moyennes statistiquement égales aux deux parents,
- Chen's\*GTA dur, Chen's\* Latino et Ardente\*Chen's ont présenté des valeurs statistiquement égales au parent ayant la plus petite valeur.

Pour CHETMI (2009), l'hybride Latino\*Chen's a donné la valeur la plus élevée, soit 20,78, tandis que le nombre le plus faible a été obtenu par les hybrides GTA dur\*Latino et Siméto\*Carioca avec respectivement 17,89 et 17,93 épillets fertiles par 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.

Selon LEDENT (1978) in OUDJANI (2009) la fertilité est la composante du rendement la plus importante.

### 1.5. Nombre d'épillets stériles par épi

Le nombre d'épillets stériles moyen varie de 0,33 (Ardente\*Siméto) à 1,39 (Ardente\* Carioca), la variété GTA dur a enregistré le nombre le plus élevé avec 1,33 épillets stériles par épi (annexe I, tableau 1 p. 91, Annexe II tableau 10 p. 100).

Pour CHETMI (2009) le nombre d'épillets stériles varie de 3,22 (Siméto\*Ardente) à 0 (Siméto).

### 1.6. Poids de mille grains

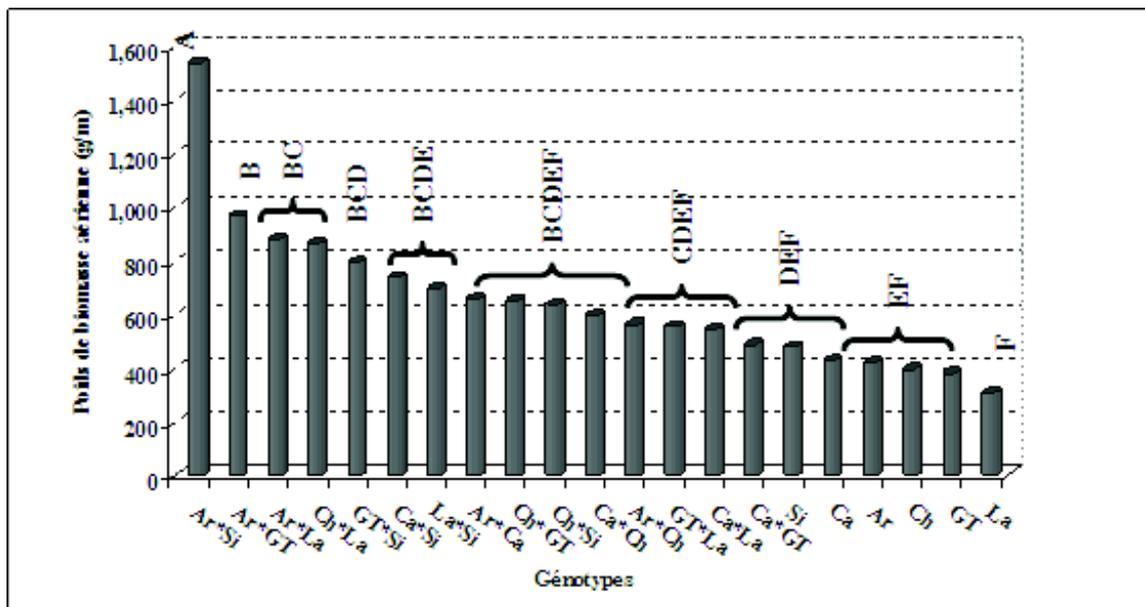
L'hybride Carioca\*GTA dur a enregistré le poids de mille grains le plus élevé avec 63,40g, alors que l'hybride Siméto\*Chen's a donné la valeur la plus faible avec 46(annexe I, tableau 1 p. 92, Annexe II tableau 10 p. 101).

Les résultats enregistrés par CHETMI (2009) ont montré que le poids de mille grains le plus élevé a été enregistré par l'hybride Siméto\*Latino avec 58,75 g, alors que la valeur la plus faible a été enregistré par Ardente\*Latino avec 42,69 g. En moyenne le poids de mille grains obtenu dans notre essai était supérieur à celui de CHETMI (2009).

Selon GATE (1995), les déficits hydriques intervenant en cours de la montaison peuvent engendrer des diminutions de poids de 1000 grains. Alors qu'un manque d'eau après floraison combiné aux températures élevées entraînent une diminution du PMG par altération de la vitesse et / ou de la durée du remplissage ce qui se traduit par l'échaudage des grains (BENBELKACEM et KELLOU, 2000). Il est probable que l'essai de CHETMI (2009) ait souffert d'un manque d'eau par rapport à notre essai. En effet, le mois d'avril, précédant l'épiaison, était moins pluvieux avec 20,5 mm de précipitations. Le mois de Mai par contre, coïncidant avec la période de remplissage du grain était le plus pluvieux avec 68,5 mm.

### 1.7. Poids de la biomasse aérienne

La comparaison des moyennes par le test de Fisher (ppds) (annexe I, tableau 1 p. 91 et Annexe II, tableau 4, p. 94) a révélé la présence de six groupes chevauchants (figure 8, p. 46). Le poids de la biomasse aérienne le plus élevé a été noté chez Ardente\*Simétoavec 1 537,71 g/m linéaire, tandis que le poids le plus faible a été observé chez l'hybride Carioca\*GTA duravec une moyenne de 488,80 g/ m linéaire. CHETMI (2009) a obtenu un poids de la biomasse aérienne le plus élevé chez Chen's\*Latino avec 424,71g/m linéaire et le poids le plus faible chez Chen's\*Siméto avec 117, 28g/ m linéaire.



**Figure 8.** Variation du poids de la biomasse aérienne en fonction des génotypes

La comparaison des F<sub>1</sub> avec leur parents a montré que :

-les hybrides Ardente\*Siméto, Ardente\*GTA dur, Ardente\*Latino et Chen's\*Latino a présenté un poids de biomasse aérienne supérieur au parent ayant la plus grande valeur,

-les hybrides GTA dur\*Siméto, Latino\*Siméto avaient des valeurs moyennes statistiquement égales au parent ayant la plus grande valeur (Siméto),

- les hybrides restants avaient des valeurs statistiquement égales aux deux parents. L'hétérosis moyen était de 84,72%.

Parmi l'ensemble des hybrides étudiés par CHETMI (2009), trois hybrides surpassent les deux parents (Carioca\*Ardente, Carioca\*Chen's et Chen's\*Latino). BOUZERZOUR (1998) 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. Selon MOSSEDAQ et MOUGHLI (1999), les apports d'azote au début du cycle se traduisent par une forte production de biomasse.

### 1.8. Indice de récolte

L'indice de récolte varie entre 0,33 (Carioca\*Siméto) à 0,16 (Ardente\*Chen's et Siméto\*Chen's) (annexe I, tableau 1 p. 91, annexe II, tableau 11 p. 101).

CHETMI (2009) a noté que l'hybride GTA dur\*Latino s'est distingué par l'indice de récolte le plus élevé, tandis que l'hybride Chen's\*Latino s'est distingué par l'indice de récolte le plus faible.

Selon RICHARDS *et al.* (1997), l'indice de récolte sous conditions de croissance non limitantes est de 50 %, il chute à des valeurs de 35% dans les régions arides. Ce qui fait douter sur le fait que les possibilités de l'amélioration de cet indice pourraient engendrer des augmentations du rendement en grain, sous stress hydrique. Ce rôle semble conditionné par la réalisation d'une biomasse aérienne élevée, dont le maximum se matérialise sous forme de grains.

DAKHEEL *et al.* (1993) cité par OUDJANI (2009) notent que l'indice de récolte est positivement corrélé avec le rendement en grain sous tous types d'environnements.

### 1.9. Rendement en grain estimé

Le meilleur rendement a été enregistré par le croisement Carioca\*Siméto avec une moyenne de 262,78 g/m linéaire suivi par le croisement Chen's\*Latino avec 260,4 g/m linéaire, alors que la valeur la plus faible a été donnée par le croisement Carioca\*Chen's avec 92,75 g/m linéaire. La variété Latino a enregistré le rendement le plus faible avec 75,08 g/m linéaire (annexe I, tableau 1 p. 91, annexe II, tableau 11 p. 101).

Pour (CHETMI, 2009), la valeur la plus élevée pour ce caractère a été obtenue par le croisement Carioca\*Chen's avec une moyenne de 21 g/m linéaire, suivi par le croisement Latino\*Siméto avec une moyenne de 20,89 g/m linéaire, alors que la valeur la plus faible a été noté chez le croisement GTA dur\*Chen's avec 4,73 g/m linéaire.

### 1.10. Rendement en grain réel

Le meilleur rendement en grain a été obtenu par Chen's\*Latino (314,83 g/m linéaire) suivi par Carioca\*Siméto (218,58 g/m linéaire). Le rendement le plus faible en grain a été donné par Latino\*Carioca BB (114,05 g/m linéaire). La variété GTA dur a enregistré le plus faible rendement avec 74,6 g/m linéaire (annexe I, tableau 1 p. 91, annexe II, tableau 11 p. 101).

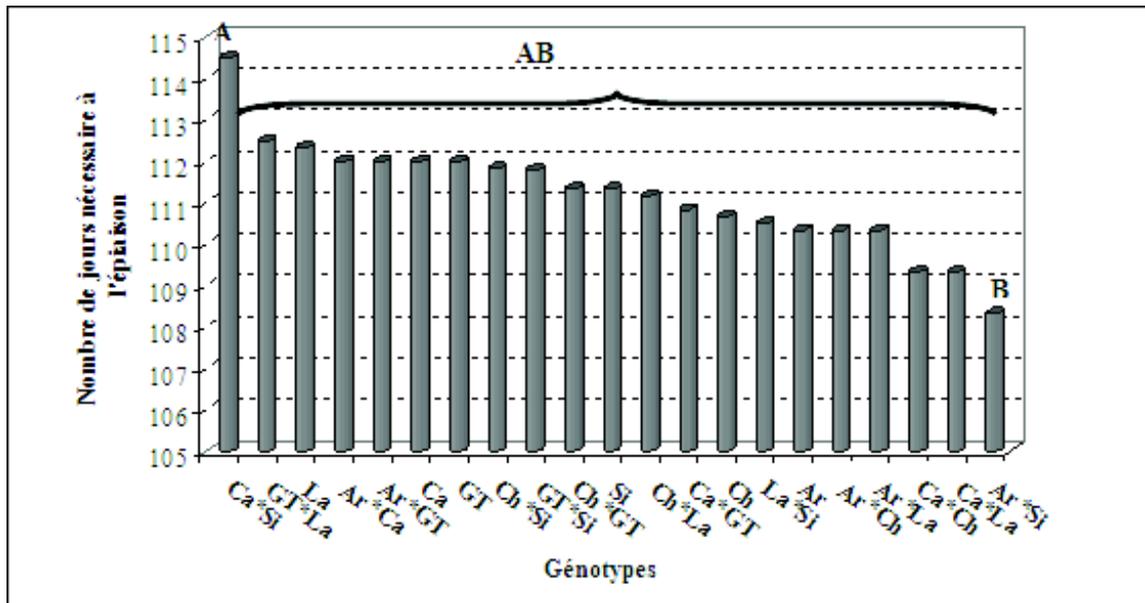
Dans l'essai de CHETMI (2009), le meilleur rendement en grain a été obtenu par Latino\*Ardenle (16,65 g/m linéaire). Le rendement le plus faible en grain a été donné par Siméto\*Latino (1,94 g/m linéaire).

## 2. Caractères phénologiques

L'analyse de la variance pour ces caractères a montré un effet significatif pour le nombre de jours nécessaire à l'épiaison, à la floraison et pour le nombre de jours entre l'épiaison et la floraison. Les coefficients de variation de l'erreur varient de 2,03 % (précocité à la floraison) à 22,74 % (nombre de jours épiaison-floraison).

### 2.1. Date d'épiaison

La comparaison des moyennes par le test de Fisher (ppds) (annexe I, tableau 1, p. 91 et annexe II tableau 5, p. 95) a révélé la présence de deux groupes homogènes chevauchants (figure 12, p. 55). L'hybride le plus précoce à l'épiaison était Ardenle\*Siméto avec 108,33 jours suivi par Carioca\*Chen's 109,33 jours et le plus tardif était Carioca\*Siméto avec 114,5 jours. L'hétérosis moyen était de -0,32%.



**Figure 9.** Variation du nombre de jours nécessaire à l'épiaison en fonction des génotypes

La comparaison des F<sub>1</sub> avec leurs parents a montré que tous les hybrides avaient des valeurs égales statistiquement aux deux parents.

Pour CHETMI (2009), le génotype le plus précoce à l'épiaison était GTA dur\*Ardenle avec 80,89 jours et le plus tardif était Carioca\*Siméto avec 106 jours. Parmi les trente combinaisons F<sub>1</sub>, cet auteur a relevé que cinq hybrides étaient plus tardifs que leurs parents, un plus précoce et les 24 autres étaient intermédiaires entre les deux parents.

Les variétés Latino, GTA dur et Carioca sont caractérisées par une épiaison tardive soit respectivement 112,33 et 112 jours pour les deux autres, ces résultats concordent avec ceux de CHETMI (2009) qui enregistrait pour les variétés Latino, GTA dur un nombre de

jours respectivement 101,44 et 99 jours. La tardiveté à l'épiaison permet d'éviter les gelées tardives qui affectent la fertilité de l'épi (BOUZERZOUR et MONNEVEUX, 1993).

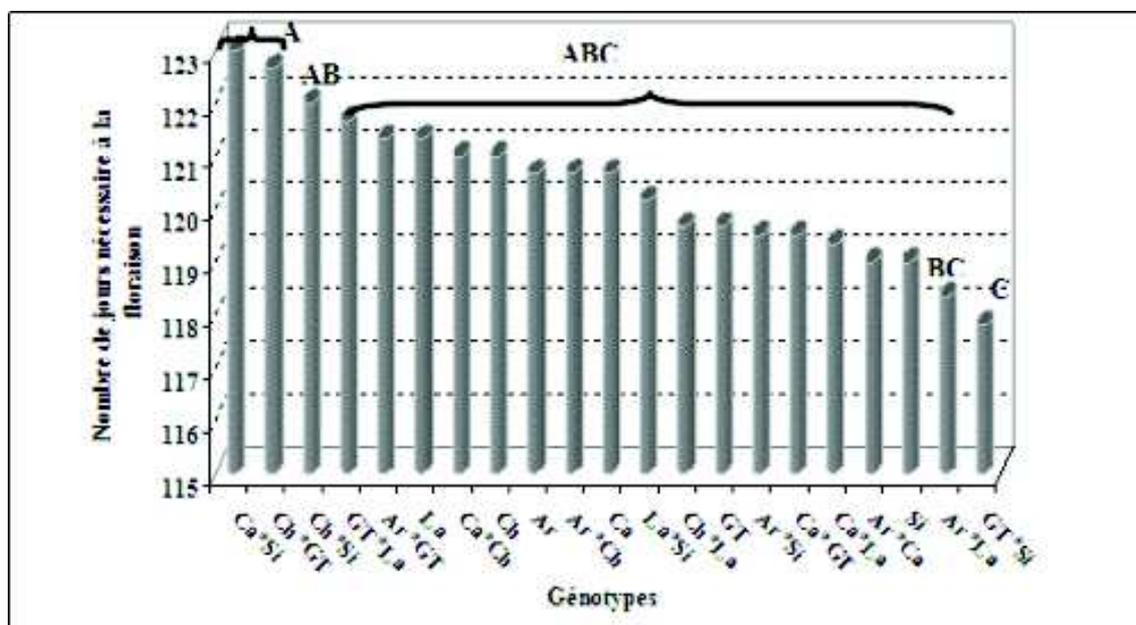
La variété Ardente est caractérisée par sa précocité (90,05 jours). Ce caractère permet d'échapper aux stress hydrique en fin de cycle (MOURET *et al.*, 1991). Selon GATE (1995), le gain du rendement attribué à la précocité est expliqué par le fait que les lignées peuvent éviter les principales contraintes climatiques caractérisant la région à savoir le déficit hydrique et les hautes températures de fin de cycle. Ces dernières constituent un facteur limitant majeur de production (température supérieure ou égale à 25°C). Ainsi la précocité est donc un caractère recherché par les sélectionneurs pour les génotypes résistants à la sécheresse.

Un génotype précoce a tendance à épier plus tôt ou plus tard selon que l'hiver est plus doux ou plus rigoureux. Les génotypes tardifs ont tendance, par contre, à épier à une date plus ou moins fixe (BAHLOULI *et al.*, 2001). Ceci est expliqué par cet auteur probablement par le fait que les génotypes précoces répondent plus aux sommes des degrés-jours accumulés, alors que les génotypes tardifs répondent plus aux températures vernales et à la photopériode. WORLAND *et al.*, (1994) cités par BAHLOULI *et al.* (2001) rapportent qu'il existe des génotypes très stables concernant ce caractère pour le blé.

## 2.2. Date de floraison

La comparaison des moyennes par le test de Fisher (ppds) (annexe I, tableau 1 p. 91 et Annexe II, tableau 6 p. 96) a révélé la présence de trois groupes chevauchants (figure 10). Les croisements GTA dur \*Siméto et Ardente\*Siméto a été caractérisés par une floraison précoce

respectivement (117,81 et 118,33 jours), alors que le croisement Carioca\*Siméto était le plus tardif avec 123 jours.



**Figure 10 :** Variation du nombre de jours nécessaire à la floraison en fonction des génotypes

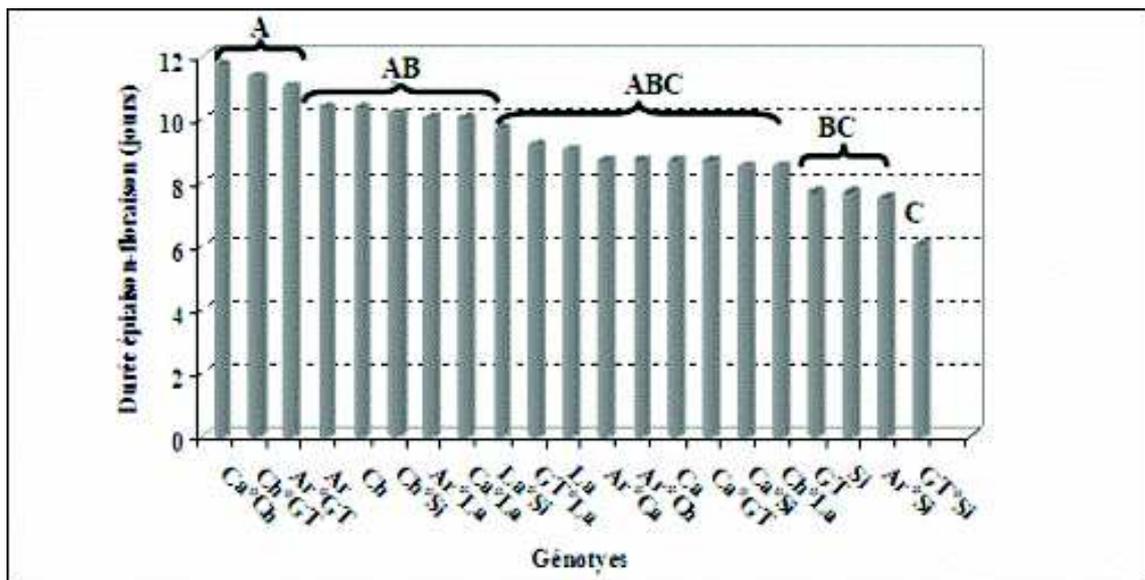
La comparaison des F<sub>1</sub> avec leur parent a montré que tous les hybrides avient des valeurs statistiquement égales aux deux parents.

Pour CHETMI (2009), les croisements GTA dur\*Ardente et Latino\*Siméto a été caractérisés par une floraison précoce (100 jours et 100,11 jours respectivement), alors que le croisement Carioca\*Siméto a été caractérisé par une floraison tardive (124 jours). La distribution des trente combinaisons a montré que six hybrides ont surpassé leurs parents, et vingt-trois autres étaient intermédiaires entre leurs parents et un seul hybride était inférieur aux deux parents, il s'agit de Latino\*GTA dur. On remarque que l'hybride Carioca\*Siméto est toujours le plus tardif quel que soit l'essai.

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.

### 2.3. Durée épiaison-floraison

La comparaison des moyennes par le test de Fisher (ppds) (annexe I, tableau 1, p. 91 et annexe II, tableau 7, p. 97) a révélé la présence de trois groupes homogènes chevauchants (figure 11). La durée moyenne de la phase épiaison-floraison des différents génotypes étudiés est de 9,20 jours. Le croisement GTA dur \* Siméto s'est distingué par la durée épiaison-floraison la plus courte soit 6,02 jours suivis de Ardente\*Carioca avec 7,5 jours ; cette faible différence constaté montre que ces génotypes peuvent être intéressants dans la mesure où un génotype présentant une précocité de quelques jours peut échapper à la sécheresse. Les croisements Chen's\*GTA dur et Carioca\*Chen's ont été caractérisés par une longue durée soit respectivement 11, 33et 11,67 jours.



**Figure 11.** Variation de la durée entre l'épiaison et la floraison en fonction des génotypes

La comparaison des hybrides F<sub>1</sub> avec leurs parents a montré que l'hybrideChen's\*GTA dur a présenté une durée épiaison-floraison égale statistiquement au parent ayant la plus longue durée épiaison-floraison (Chen's). Les quatorze hybrides restants avaient des valeurs moyennes statistiquement égales aux deux parents.

Nos résultats concernant les génotypes GTA dur\*Siméto et Chen's\*GTA dur confirment ceux obtenus par CHETMI (2009) concernant la durée 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.

L'étude des différents génotypes a montré que ceux qui étaient tardifs à l'épiaison sont aussi tardifs à la floraison et que ceux qui étaient précoces à l'épiaison sont aussi précoces à la floraison.

EROUX (1974) a montré que les génotypes à floraison tardive et à maturité précoce présentent un rythme de développement dit « tardif-précoce » fournissant des rendements maxima. 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, 1995).

### 3. Caractères morphologiques

---

L'analyse de la variance pour ces caractères montre une différence hautement significative entre les génotypes uniquement pour la longueur du col de l'épi avec un coefficient de variation de 10,23 %. Les autres caractères ont montré une différence non significative avec des coefficients de variation de l'erreur variant de 4,75 % (hauteur de la tige) à 9,33 % (longueur des barbes).

#### 3.1. Hauteur de la tige

La moyenne générale pour ce caractère était de 79,20cm. La hauteur la plus élevée a été obtenue par Ardente\*Chen's avec 82 cm, alors que la hauteur la plus faible a été donnée par la variété GTA dur (73,17 cm) (annexe I, tableau 1 p. 91, annexe II, tableau 9 p. 99).

Pour (CHETMI, 2009), la moyenne générale pour ce caractère était de 71,49 cm. La hauteur la plus élevée a été obtenue par le croisement Latino\*Chen's soit 84,98 cm, et la plus faible valeur a été donnée par GTA dur\*Ardente soit 56,44 cm.

BEGGA *et al.* (1970) indiquent que la taille élevée du chaume est souvent associée à un système racinaire profond et donc une meilleure aptitude à extraire l'eau et les éléments nutritifs du sol. MONNEVEUX (1989) indique que la productivité en grain est plus ou moins importante chez les variétés à tige haute par rapport à celles à tige courte. Selon PHELOUNG et SIDDIQUE (1991), le remplissage du grain est lié à la remobilisation des quantités d'assimilats stockés dans cette partie de la plante. Si les tiges sont physiquement courtes, leur capacité de stockage est plus petite et leur sensibilité au stress environnemental est plus grande.

#### 3.2. Longueur du col de l'épi

La comparaison des moyennes par le test de Fisher (ppds) (annexe I, tableau 1 p. 91 et annexe II, tableau 8, p. 98) a révélé la présence de quatre groupes homogènes chevauchants (figure 12, p. 52). La moyenne générale pour ce caractère était de 17,97 cm. La valeur la plus élevée a été enregistrée par l'hybride Ardente\*Chen's avec 20,28 cm, alors que la plus faible valeur a été donnée par l'hybride GTA dur\*Siméto avec 13,12 cm. L'hétérosis moyen était de 1,59 %.

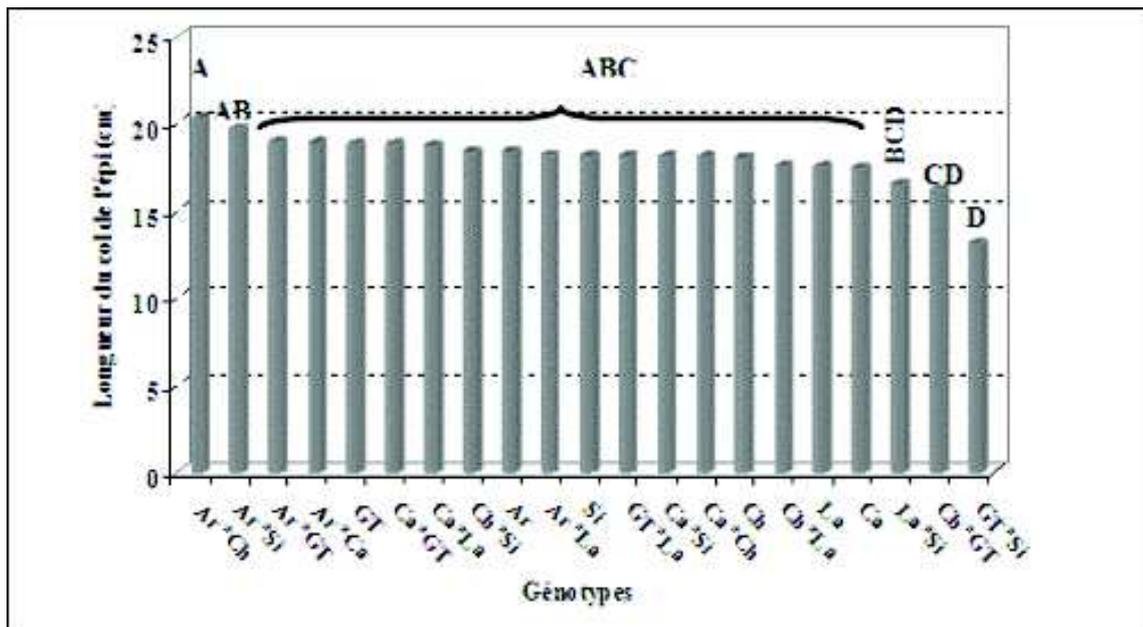


Figure 12. Variation de la longueur de l'épi en fonction des génotypes

La comparaison des F<sub>1</sub> avec leurs parents a montré que tous les hybrides avaient des valeurs moyennes statistiquement égales aux deux parents.

CHETMI (2009) a enregistré la moyenne la plus élevée pour la longueur du col de l'épi chez Chen's avec 13 cm et la plus faible valeur a été donnée par l'hybride Siméto\*Latino avec 7,83 cm. La comparaison des hybrides F<sub>1</sub> à leurs parents a montré cinq combinaisons avec une longueur du col supérieure aux deux parents. Vingt-deux autres ont donné une longueur du col intermédiaire entre les deux parents. Les trois croisements restants ont enregistré une longueur du col inférieure aux deux parents.

Selon BOUBAKER (1995) *in* HADOUCHE et MEKLIČHE (2008), la longueur du col de l'épi a une influence sur le contrôle génétique du rendement. Ce caractère est considéré comme étant un critère de sélection de génotypes tolérants au déficit hydrique (FISHER et TURNER, 1978, AL HAKIMI, 1992, GATE *et al.*, 1992). Le rôle de ce caractère s'expliquerait par les quantités d'assimilats stockés dans cette partie de la plante qui sont susceptibles d'être transportés vers le grain en conditions de déficit hydrique terminal (GATE *et al.*, 1990).

### 3.3. Longueur de l'épi

La moyenne générale pour ce caractère était de 9,30 cm. La longueur de l'épi la plus élevée a été obtenue par le croisement Ardente\*Chen's avec 10,37 cm, et la plus faible valeur a été donnée par Chen's\*GTA dur (8,73 cm) (annexe I, tableau 1 p. 91, annexe II, tableau 9 p. 99).

CHETMI (2009) a noté que la valeur la plus élevée a été obtenue par Chen's\*Siméto avec 8,91 cm et la plus faible valeur a été donnée par GTA dur\*Carioca avec 5,75 cm.

### 3.4. Longueur des barbes

La moyenne générale pour ce caractère était de 13,09 cm. La longueur des barbes la plus élevée a été enregistrée par Chen's\*Latino avec 13,09cm. Tandis que la valeur la plus faible a été enregistrée par la variété GTA dur et l'hybride Ardente\*Chen's avec respectivement 10,78 et 11,04 cm (annexe I, tableau 1 p. 91, annexe II, tableau 9 p. 99).

Dans l'essai de CHETMI (2009), Ardente a présenté la longueur des barbes la plus grande avec 15,58 cm. Tandis que la valeur la plus faible a été enregistrée par les hybrides Chen's\*Siméto et son réciproque Siméto\*Chen's avec 8,10 cm respectivement.

## 4. corrélations

---

### 4.1. Etude des corrélations phénotypiques

Le rendement en grain est la résultante de plusieurs caractères qui contribuent à sa réalisation (BAHLOULI *et al.*, 2001). Ces caractères sont utiles à identifier dans le milieu pour lequel la sélection est souhaitée, car ils déterminent la réalisation d'un niveau donné de rendement comme ils déterminent souvent la stabilité (CECCARELLI *et al.*, 1992).

#### 4.1.1. Relation entre les caractères agronomiques, morphologiques et phénologiques

Les génotypes ayant les rendements en grain réel et estimé les plus élevés étaient ceux qui présentent un nombre d'épis par mètre linéaire ( $r = 0,931^{***}$ ,  $r = 0,849^{***}$  respectivement), et un poids de biomasse aérienne élevés ( $r = 0,609^{**}$ ,  $r = 0,581^{**}$  respectivement) (annexe III, tableau 12 p. 102).

Des corrélations significatives ont été enregistrées, entre d'une part, le rendement en grain réel et d'autre part, le rendement estimé ( $r = 0,926^{***}$ ) et le poids de mille grains ( $r = 0,431^*$ ).

Des corrélations significatives entre d'une part, la longueur des barbes, et d'autre part, le rendement en grain réel et estimé ( $r = 0,717^{***}$ ,  $r = 0,558^{**}$  respectivement) ont été trouvées.

Les génotypes à paille haute ont présenté des longueurs du col de l'épi les plus élevées ( $r = 0,445^*$ ).

La longueur des barbes est augmentée avec l'indice de la récolte ( $r = 0,429^*$ ), le poids de la biomasse aérienne ( $r = 0,444^*$ ) et le poids de mille grains ( $r = 0,558^{**}$ ), et elle est diminuée avec le nombre total d'épillets par épi et le nombre d'épillets fertiles par épi ( $r = -0,561^{**}$  et  $r = -0,533^{**}$  respectivement).

Le nombre total d'épillets est corrélé positivement avec le nombre d'épillets fertiles ( $r = 0,85^{***}$ ) et le nombre de grains par épi ( $r = 0,548^{**}$ ).

Ces résultats sont en accord avec ceux trouvés par BOUZERZOUR et OUDINA (1989), BOUZERZOUR (1998), ERECHIDI *et al.* (2000), MEZIANI (2002) et BAHLOULI *et al.* (2006) qui affirment que le rendement est lié au nombre de grains et au nombre d'épis par m<sup>2</sup>. BOUZERZOUR et OUDINA (1989) expliquent cette relation étroite entre le rendement et le nombre d'épis/ m<sup>2</sup> par les conditions climatiques favorables lors du tallage-épi, alors que le nombre d'épis ne se réalisent que beaucoup plus tard, sous des conditions plus limitantes (sécheresse, haute température).

De même, un indice de récolte élevé contribue favorablement dans l'accroissement du rendement (MONNEVEUX, 1991). ALI DIB *et al.* (1992) affirment que l'indice de récolte est positivement corrélé avec le rendement en grain en condition de sécheresse. ABBASSENNE *et al.* (1998) trouvent chez le blé, une corrélation positive entre le rendement en grain et la biomasse aérienne. PFEIFFER *et al.* (2000) confirment que l'amélioration génétique moderne du blé dur résulte d'une biomasse aérienne plus élevée.

Selon AUSTIN *et al.* (1980), la capacité d'un génotype à produire une forte biomasse est indicatrice d'une meilleure adaptation au milieu de production. BENMAHAMED (2005) mentionne qu'en zones semi-arides, la biomasse aérienne est une caractéristique qui traduit bien la capacité d'un génotype à utiliser au mieux les potentialités du milieu.

Selon KERMICHE (2000), c'est la biomasse aérienne qui explique le plus le rendement suivi de l'indice de récolte, du nombre d'épis/m<sup>2</sup> et de la hauteur de la plante. Selon HOUASSINE (2004), l'accroissement de la biomasse aérienne est dû principalement à l'augmentation du nombre de grains, autrement dit un nombre de grains élevé est déterminé par un nombre d'épis et un nombre de grains par épi élevé.

#### **4.1.2. Influence de la phénologie sur certains caractères agronomiques et morphologiques(annexe III, tableau 12 p. 102).**

Une corrélation positive a été enregistrée entre d'une part, la précocité à l'épiaison et d'autre part, la précocité à la floraison ( $r=0,456^*$ ).

Une durée d'épiaison-floraison courte est expliquée par une tardivité à l'épiaison, une précocité de floraison, un nombre d'épillets fertiles élevé ( $r = (-0,509^*$ ,  $r = 0,534^*$  et  $r = 0,499^*$ respectivement) et par un nombre d'épillets stériles par épi réduit ( $r = -0,495^*$ ).

Les nombres total d'épillets et de grains par épi les plus élevés ont été donnés par les génotypes les plus tardives à la floraison ( $r = 0,473^*$  et  $r = 0,499^*$ ). Ces résultats sont en accord avec ceux de BOUZERZOUR et BENMAHAMMED (1995) qui trouvent que le nombre moyen de grains par épi augmente à mesure que la durée à l'épiaison est longue.

Les génotypes les plus tardifs à l'épiaison et à la floraison ont présenté le poids de mille grains le plus faible ( $r = -0,570^{**}$ ,  $r = -0,511^*$  respectivement).

Pour les zones méditerranéenne, les céréales souffrent de la sécheresse et des hautes températures durant le remplissage du grain, de plus les risques de gelées à l'épiaison obligent à choisir un matériel plus ou moins tardif à l'épiaison mais précoce à la maturité (SRIVASTAVA *et al.*, 1988).

#### **4.1.3. Relations entre les composantes du rendement (annexe III, tableau 12 p. 102)**

Les génotypes ayant un nombre d'épis élevé ont présenté un poids de mille grains et un poids de biomasse aérienne importants ( $r = 0,709^{***}$ ,  $r = 0,439^*$ ), d'autre part un nombre de grains par épi réduit ( $r=-0,54^{**}$ ).Un nombre de grains par épi important est corrélé négativement avec le poids de mille grains ( $r=-0,60^{**}$ ).

Ces relations sont révélatrices de la compétition qui existe entre les différentes composantes de rendement. GATE (1995) explique que même si l'efficacité des facteurs de croissance est maximale pendant la phase d'élaboration d'un facteur de rendement donné, sa valeur diminue inéluctablement quand la valeur du facteur du rendement qui le précède augmente.COUVREUR (1981) note que le poids moyen du grain, composante formée le plus tardivement, est associé négativement au nombre de grains formés par unité de surface.

#### **4.2. Droites de régression**

Suite aux tests de corrélations effectués sur le rendement, ses composantes et les caractères liés au rendement, des droites de régression ont été tracées entre certains

caractères et le rendement en grain réel et estimé. D'après les coefficients de détermination, la présence d'une variabilité génétique du rendement est due principalement à la variabilité du nombre d'épis par mètre linéaire, de la biomasse aérienne et de la longueur des barbes. Nous concluons que 85,57 % de la variabilité du rendement en grain réel est expliqué par le nombre d'épis par mètre linéaire, 49,5 % par la longueur des barbes et 37,03 % par la biomasse aérienne. 73,2 % de la variabilité du rendement estimé est expliqué par le nombre d'épis par mètre linéaire. 73,2 % de la variabilité du rendement estimé est expliqué par le nombre d'épis par mètre linéaire (figure 13 p. 56).

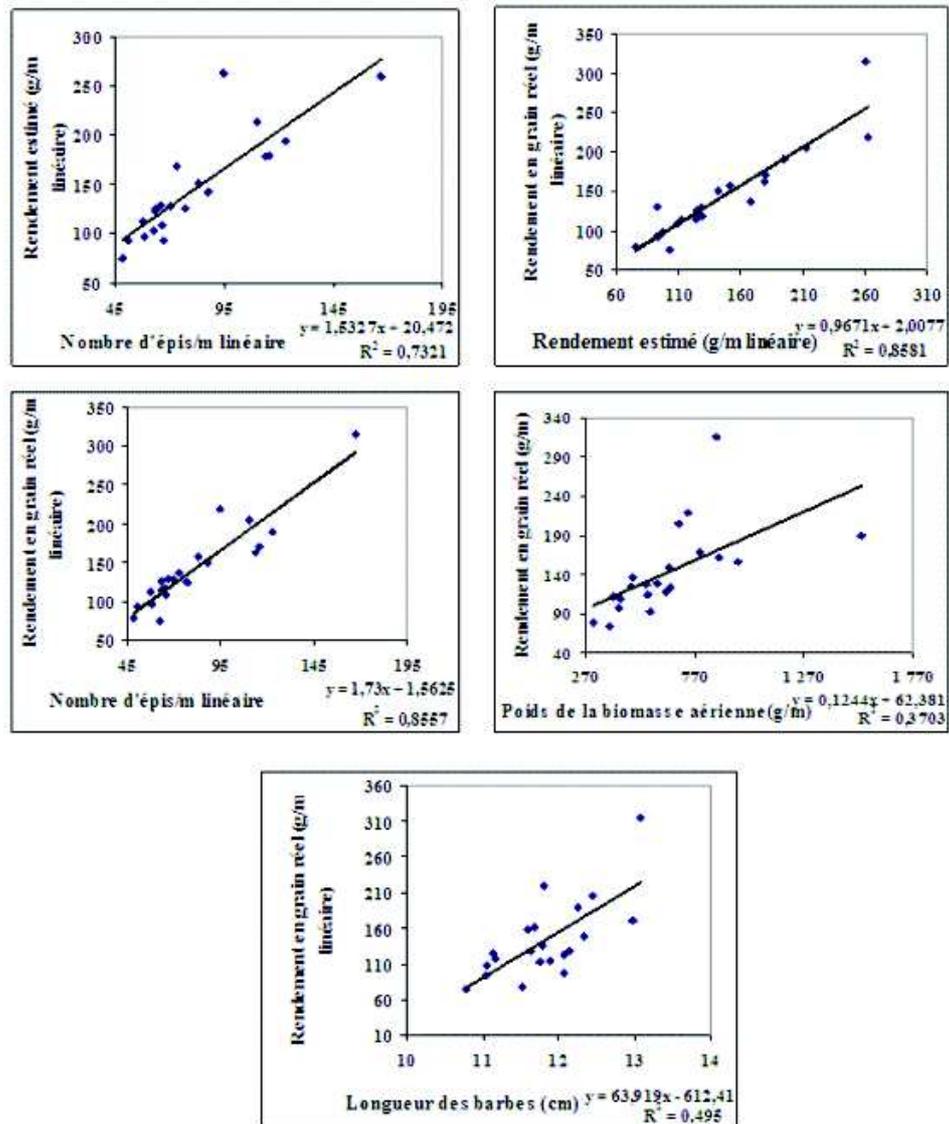


Figure 13. Droites de régressions de quelques caractères agronomiques et morphologiques liés en rendement en grain réel et estimé

### 4.3. Corrélations 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 corrélations génétiques et environnementales permet de mettre en évidence l'existence ou non d'une dépendance génétique entre les caractères étudiés (corrélation génétique) et/ ou une réponse commune aux effets du milieu (corrélation environnementale) (HANIFI- MEKLCHE, 1996). Cette distinction dans la relation des caractères met aussi en évidence l'existence ou non d'une pléiotropie (corrélation génétique) et /ou d'une réponse commune des génotypes aux variations du milieu (corrélation environnementale). Selon GABILLARD (1983) les corrélations génétiques proche de +1 et -1 rendent compte soit des effets multiples d'un gène (pléiotropie) soit d'association de gènes.

Une corrélation phénotypique faible ne signifiera pas nécessairement une corrélation génotypique faible, il suffit d'avoir des corrélations génétiques et environnementales de signes opposés (GALLAIS, 1990).

La corrélation génétique vient de la variation d'informations génétiques (association des gènes) d'un génotype à l'autre. La corrélation environnementale a bien toujours pour base le fonctionnement des gènes, elle est due à la variation d'expression des gènes selon le milieu (GALLAIS, 1990).

#### 4.3.1. Caractères agronomiques et rendement en grain

De forts coefficients de corrélations génétiques et environnementales ont été enregistrés entre le rendement en grain d'une part et le nombre d'épis par mètre linéaire et le poids de la biomasse aérienne d'autre part.

Des forts coefficients de corrélation génétiques négatifs ont été enregistrés entre le rendement en grain d'une part et le nombre d'épillets fertiles et stériles alors que les corrélations environnementales ont été faibles (tableau 11).

**Tableau 11. Coefficients de corrélations phénotypiques, génotypiques et environnementales entre le rendement en grain et différents caractères mesurés chez les variétés parentales.**

Caractère	Corrélations phénotypiques	Corrélations génotypiques	Corrélations environnementales
NEP	0,914	1,253	0,825
EF	-0,311	-1,744	0,496
ES	-0,453	-0,751	-0,130
BA	0,882	0,609	0,724
EP	0,122	0,212	0,086
Flor	-0,037	0,204	-0,074
P E-F	-0,161	0,934	-0,209
LCE	-0,261	-1,205	0,480

#### 4.3.2. Caractères phénologiques et rendement en grain

Une forte corrélation génétique a été enregistrée entre le rendement en grain d'une part et la durée épiaison-floraison d'autre part. Cependant, pour la précocité à l'épiaison et à la floraison on note de faibles corrélations génétiques et environnementales avec le rendement en grain. Ces résultats concordent avec ceux de HANIFI- MEKLCHE (1996). Selon cet auteur, plus les hybrides et les parents sont précoces plus le rendement est élevé. Ceci est d'autant plus vrai que les conditions de milieu en Algérie (température élevée et sécheresse en fin de cycle) sont défavorables (tableau 11).

### 4.3.3. Col de l'épi et le rendement en grain

Une corrélation génétique importante et négative est enregistrée entre le rendement en grain réel et la longueur du col de l'épi. Cependant, ce caractère présente une corrélation phénotypique et environnementale faible (tableau 11).

## 5. Analyse génétique des différents caractères étudiés au niveau du diallèle

---

### 5.1. 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) a fait ressortir des effets d'AGC et d'ASC non significatifs pour la majorité des caractères étudiés (annexe IV, tableaux 13 p. 103) à l'exception des AGC et ASC du poids de la biomasse aérienne, de la longueur du col d'épi et de la phase épiaison- floraison. L'existence d'une telle différence significative entre les génotypes 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 de ces caractères.

#### 5.1.1. Etude des aptitudes générales (AGC) à la combinaison

La variabilité en AGC dépendra de l'aptitude d'un génotype 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 pour les trois caractères montre Ardente en première position suivi de la variété Siméto (tableau 12 p. 59).

La variété Ardente présente la meilleure AGC pour le poids de la biomasse aérienne suivi par la variété Siméto. Cette capacité génétique à produire une forte biomasse aérienne est indicatrice d'une meilleure adaptation au milieu de production (AUSTIN *et al.*, 1980 ; BOUZERZOUR, 1998 ; BENMAHAMED, 2005). Pour CHETMI (2009), les meilleures AGC pour ce caractère ont été données respectivement par les variétés Latino (68,85) et Carioca (49,35).

Pour le col de l'épi, la meilleure AGC a été donnée par la variété Ardente. Alors que Siméto et GTA dur ont présenté des AGC négatives. CHETMI (2009) a noté les meilleures AGC pour ce caractère chez les variétés Chen's (1,49) et Latino (0,24).

Pour la durée épiaison-floraison, les variétés GTA dur et Siméto ont présenté respectivement les plus faibles AGC. Tandis que Chen's et Latino ont présenté respectivement les valeurs les plus élevées. Ces résultats sont en accord avec ceux de CHETMI (2009).

Les AGC nous renseignent sur la capacité des variétés à transmettre leurs caractères à leurs descendants, cependant pour certains caractères tels que les caractères phénologiques, on peut préférer des génotypes avec des AGC élevées (transmission de la tardivité) ou bien des génotypes à AGC faibles (transmission de la précocité). Dans les conditions méditerranéennes où la culture subit une pression de stress hydrique en fin de saison il est préférable de choisir des génotypes précoces.

Tableau 12. Estimation des effets d'AGC au niveau des six parents.

	Variétés	LCE	BA	EP-F
1	Ardente	1,78	220,39	-0,17
3	Carioca	0,93	-174,53	-0,04
5	Chen's	0,34	-102,61	0,96
6	GTA dur	-1,86	-67,42	-0,66
4	Latino	0,48	-45,26	0,46
2	Siméto	-1,68	169,44	-0,54

CHETMI (2009) a noté que la variété Latino suivi de la variété Chen's présentent les meilleurs valeurs d'aptitude générale à la combinaison. En effets, la variété Latino présente les meilleures AGC pour les caractères précocité à la floraison, la hauteur de la tige, la longueur des barbes, le nombre d'épillets stériles, poids de la biomasse aérienne et le rendement en paille et la variété Chen's a montré les meilleurs AGC pour la précocité à l'épiaison, la longueur du col de l'épi, la longueur de l'épi, le nombre total d'épillets et le nombre d'épillets fertiles.

Une forte corrélation a été enregistrée entre les performances parentales et les aptitudes générales à la combinaison pour la durée épiaison- floraison (0,724\*\*\*). Ceci indique que les performances parentales reflètent leurs aptitudes générales à la combinaison pour ce caractère. La longueur du col de l'épi et le poids de la biomasse aérienne ont présentent des faibles corrélations (respectivement  $r = 0,413$  et  $r = 0,419$ ). Nos résultats sont en accord avec ceux de CHETMI (2009) qui a travaillé sur les mêmes génotypes. JATASRA et PARODA (1979) constataient pour les caractères présentant une corrélation significative avec les performances parentale une similitude dans le classement des variétés parentales sur la base de leurs performances et les effets de l'AGC. Selon BOUZERZOUR *et al.* (1996) 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. Or, cette corrélation entre les AGC et les performances parentales est non significative pour la longueur du col de l'épi et le poids de la biomasse, conduisant à dire que les performances parentales n'indiquent pas automatiquement des aptitudes à la combinaison élevées. GALLAIS (1990) suggérait une corrélation positive entre la valeur d'un croisement et la valeur moyenne de ses parents, mais d'une importance très variable selon la relation entre l'AGC et la valeur propre. 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).

### 5.1.2. 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 (tableau 13). On note de fortes valeurs d'aptitude spécifique à la combinaison pour la longueur du col de l'épi et le poids de la biomasse aérienne respectivement chez les hybrides GTA dur\*Siméto et Latino\*Siméto. Pour la durée épiaison-floraison, les fortes ASC ont été notées chez GTA dur\*Latino et GTA dur\*Siméto, alors que les plus faibles valeurs d'ASC pour ce caractère ont été notées chez Chen's\*Latino et Ardente\*Carioca.

L'estimation des aptitudes spécifiques à la combinaison a permis de constater que les valeurs élevées d'ASC ont été observées chez les hybrides combinant entre des parents ayant des AGC forte\* faible, moyenne\*faible, forte\*forte et faible \*faible.

BHOWMIK *et al.* (1990) constataient qu'un croisement entre parents de valeurs d'AGC différentes (forte et faible) produisait 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 deuxième est non fixable (FALCONNER, 1974).

Tableau 13. Estimation des effets d'ASC des trois caractères au niveau des 15 croisements en F<sub>1</sub>

Classement	Croisements	LCE	BA	EP-F
4	Ardente*Carioca	-1,61	-26,23	-1,59
8	Ardente*Chen's	0,40	-112,11	-1,42
9	Ardente*GTA dur	1,24	35,98	0,20
15	Ardente*Latino	-1,83	-93,78	1,41
6	Ardente*Siméto	1,81	196,14	1,41
14	Carioca*Chen's	-0,95	36,22	1,45
7	Carioca*GTA dur	1,94	-14,69	0,07
13	Carioca*Latino	-0,45	24,56	0,29
5	Carioca*Siméto	1,07	-19,86	-0,22
10	Chen's*GTA dur	-0,08	38,27	1,74
3	Chen's*Latino	-1,05	89,18	-2,21
12	Chen's*Siméto	1,69	-51,57	0,45
11	GTA dur*Latino	1,81	-38,73	1,91
1	GTA dur*Siméto	5,45	251,18	1,90
2	Latino*Siméto	3,10	210,77	0,78

### 5.1.3. 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 (2Var g) à celle de l'aptitude spécifique (Var s) est une estimation des effets additifs par rapport aux effets de dominances. Ce rapport (tableau 14) était faible pour les trois caractères suggérant un contrôle génétique surtout non additif, il y a donc une dominance et /ou une superdominance.

	1/5 AGC (1)	1/9 ASC (2)	AGC/ ASC (1/2)
LCE	2,13	7,05	0,30
BA	1 216,16	20 603,88	0,06
EP-F	0,38	7,17	0,05

Tableau 14. Calcul des composantes de la variation de l'aptitude à la combinaison.

CHETMI (2009) a enregistré un rapport AGC / ASC élevé pour le poids de la biomasse aérienne (51,92) suggérant des effets additifs pour ce caractère, faible pour la durée épiaison-floraison (0,54) et longueur du col d'épi (0,85). BOUKECHA (2001) a enregistré un rapport inférieur à l'unité pour ces caractères suggérant une action non additive.

Les travaux de BOUZERZOUR *et al.*, (1996) sur l'orge indiquent une prédominance d'actions génétiques non additives impliquées dans l'hérédité de la biomasse. Cependant,

SHARMA et SMITH (1986) notent que la biomasse aérienne et l'indice de récolte sont sous un contrôle génétique additif.

## 5.2. 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.

En tenant compte du classement des moyennes, les hétérosis élevés présentés par des F<sub>1</sub> qui sont égales statistiquement à un ou aux deux parents n'ont aucune signification. Dans ce cas, les valeurs présentées sont celles qui ont une signification statistique.

### 5.2.1. Hétérosis par rapport au parent moyen (tableau 14, annexe V p. 104)

Pour le nombre d'épis par mètre linéaire, les hybrides Chen's\*Latino (215,22 %), Ardente\*Latino(112,81 %), Ardente\*Siméto (102,02 %), GTA dur\*Siméto ( 84,39 %) ont présenté des hétérosis élevés par rapport au parent moyen, alors que pour le poids de la biomasse aérienne les hybrides Ardente\*Latino (164,96 %), Ardente\*Siméto (95,37 %), Chen's\*Latino (84,23 %), Chen's\*Siméto (97,19 %), Latino\*Siméto(76,04 %) ont présenté des hétérosis élevés par rapport au parent moyen. Pour le nombre d'épillets fertiles par épis, l'hétérosis par rapport au parent moyen varie de -5,87 % pour Carioca\*Siméto à 14,67 % pour Ardente\*Latino (tableau 14, annexe V p. 105).

Concernant les caractères phénologiques, les valeurs de l'hétérosis par rapport au parent moyen varie de 2,54 % (Carioca\*Siméto) à -2,53 % (Ardente\* Siméto ) pour le nombre de jours nécessaire à l'épiaison, de 2,64 % ( GTA dur\*Siméto) à -1,52 % (Ardente\*Chen's) pour le nombre de jours nécessaire à la floraison et de 25,93 % ( Chen's\*GTA dur) à -21,48 % pour GTA dur\*Siméto pour la durée épiaison- floraison.

Pour la longueur du col de l'épi, l'hétérosis par rapport au parent moyen varie de -24,18 % pour GTA dur\*Siméto à 13,64 % pour Ardente\* Siméto.

CHETMI (2009) a noté l'absence d'hétérosis pour le nombre d'épis par mètre linéaire pour Latino\* Chen's, et le nombre d'épillets fertiles par épi pour Carioca\*Ardente.

RACHUVANSHI *et al.* (1989) ; SINGH et MISHRA (1990) indiquent que 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.

OURY *et al.* (1990) indiquent que pour le peuplement-épis, la fertilité de l'épi, les F<sub>1</sub> sont proches du parent, alors que pour la précocité les F<sub>1</sub> sont presque toutes plus précoces que le parent moyen. Selon BUDAK (2001), un faible hétérosis pour la date d'épiaison est désiré pour éviter les hautes températures et la sécheresse pendant la période du remplissage du grain.

### 5.2.2. Hétérosis par rapport au meilleur parent

Concernant les caractères agronomiques, les hybrides Chen's\*Latino (189,71%), Ardente\*Latino (94,57 %) et Ardente\*Siméto (94,05 %) ont présenté des hétérosis élevés par rapport au meilleur parent pour le nombre d'épis par mètre linéaire, alors que pour

CHETMI (2009) c'est l'hybride Carioca\*Ardente qui a exprimé le plus fort hétérosis par rapport au meilleur parent pour le nombre d'épis par mètre linéaire (23,52 %). Pour le poids de la biomasse aérienne les hybrides Ardente\*Siméto (1281,18 %), Ardente\*GTA dur (129,75%) Chen's\*Latino et (118,12%) Ardente\*Latino (109,35%) ont présenté des hétérosis élevé par rapport au meilleur parent. Pour le nombre d'épillets fertiles l'hybride Chen's\*Siméto était supérieur au meilleur parent avec une valeur égale à 9,90 % (tableau 15, annexe V p. 105).

Concernant les caractères phénologiques, l'hétérosis par rapport au meilleur parent varie de -2,38 % (Carioca\*Chen's et Carioca\*Latino) à 1,51 % (Ardente \*Carioca) pour le nombre de jours nécessaire à l'épiaison. Pour le nombre de jours nécessaire à la floraison, l'hétérosis par rapport au meilleur parent varie de -1,38 % (Ardente\*Chen's) à 3,36 % (Carioca\*Siméto) et pour la durée épiaison- floraison, il varie de -21,48 % (GTA dur\*Siméto) à 47,83 % (Chen's\*GTA dur).

Pour la longueur du col de l'épi, l'hétérosis varie de 10,27 % pour Ardente\*GTA dur à -28,65 % pour GTA dur\*Siméto.

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. Dans les travaux de BAILEY *et al.* (1980), l'effet additif est la principale cause de la réponse hétérotique dans un croisement diallèle et triallèle des espèces diploïdes. Selon OURY *et al.* (1990), les F<sub>1</sub> produisent plus de biomasse et ont des rendements et des poids de 1 000 grains plus élevés que leur parent supérieur.

### 5.2.3. Hétérosis par rapport à la meilleure variété

Pour les caractères agronomiques, les hybrides Chen's\*Latino (153,13 %) Ardente\*Siméto (86,21 %), Ardente\*Latino (71,97 %) ont présenté des hétérosis élevés par rapport à la meilleure variété (Carioca) pour le nombre d'épis par mètre, alors que pour le poids de la biomasse aérienne les hétérosis les plus élevés par rapport à la meilleure variété (Siméto) sont enregistrés chez les hybrides Ardente\*Siméto (219,25 %), Ardente\*GTA dur (100,97 %), Chen's\*Latino (79,93 %), Ardente\*Latino (83,13 %). Pour le nombre d'épillets fertiles l'hybride Chen's\*Siméto (9,90 %) a dépassé la meilleure variété (Chen's) (tableau 16, annexe V p 106).

## 5.3 Héritabilité des caractères

L'estimation 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<sup>2</sup>). Les valeurs supérieures à 70 % sont jugées comme élevées, entre

50 % et 70 % comme moyenne et inférieures à 50 % comme faibles.

On a noté une forte héritabilité au sens large pour la longueur du col de l'épi (0,724) et des valeurs moyennes pour le poids de la biomasse aérienne et la phase épiaison-

floraison avec respectivement 0,678 et 0,638. 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 hétérozygotes (variance de dominance et d'épistasie trans) qui n'est pas transmissible.

Des valeurs faibles d'héritabilité au sens étroit ont été observées pour les trois caractères étudiés (0,142 pour la longueur du col de l'épi, -0,323 pour la biomasse aérienne et -0,267 pour la durée épiaison-floraison). Les valeurs négatives traduisent en réalité une héritabilité nulle (GABILLARD, 1983). Ces résultats indiquent que l'expression de ces caractères est contrôlée par des effets génétiques non additifs et des effets de l'environnement.

Nos résultats rejoignent ceux de BOUKECHA (2001) et de CHETMI (2009) qui ont trouvé que l'héritabilité au sens large était importante pour la majorité des caractères et que l'héritabilité au sens étroit était faible pour la majorité des caractères.

Selon BOUZERZOUR *et al.* (1996), une héritabilité au sens étroit faible en valeur indique que la sélection précoce à l'intérieur du diallèle serait peu efficace. La sélection doit être retardée jusqu'à ce qu'un degré d'homozygotie raisonnable soit atteint.

## II. Etude des différents caractères (agronomiques, morphologiques et phénologiques) des populations F3

L'analyse de la variance a montré une différence non significative pour l'ensemble (annexe VI tableaux 18 p. 114) des caractères. Des coefficients de variation faibles ont été enregistrés pour le nombre total d'épillets (4,85 %), le nombre d'épillets fertiles (5,11 %), le poids de mille grains (11,45 %), l'indice de récolte (8,43 %), la précocité à l'épiaison (1,56 %), la précocité à la floraison (1,80 %), la hauteur de la tige (4,55 %), la longueur du col de l'épi (11,87 %), la longueur de l'épi (4,91 %) et la longueur des barbes (6,99 %). Des coefficients de variation élevés ont été enregistrés pour le reste des caractères variant de 12,40 pour le nombre de grains par épi à 97,97 % pour le nombre d'épillets stériles.

### 1. Caractères agronomiques

#### 1.1. Nombre moyen de pieds par mètre carré

Le nombre moyen de pieds par m<sup>2</sup> le plus élevé a été obtenu par le génotype Carioca\*Ardente BN avec 240,67 pieds par m<sup>2</sup>. Alors que la plus faible valeur a été observée chez le génotype Carioca\*Chen's BB avec 133,67 pieds par m<sup>2</sup> soit une différence de 107,33 pieds par m<sup>2</sup> (annexe VI, tableau 18 p. 107, annexe VII, tableau 19 p. 108-109).

A la deuxième génération F<sub>2</sub> étudiée par DAHLIA (2010), le nombre moyen de pieds par m<sup>2</sup> le plus élevé a été observé chez le croisement Ardente\*Latino BB avec 320,6 pieds par m<sup>2</sup> et la plus faible valeur a été observée chez l'hybride Latino\*Siméto BN avec 243 pieds par m<sup>2</sup> soit une différence de 77 pieds par m<sup>2</sup>.

#### 1.2. Nombre moyen d'épis par mètre carré

Le nombre moyen d'épis par m<sup>2</sup> le plus élevé a été obtenu par le croisement Siméto\*Latino BN avec 343 épis par m<sup>2</sup>. Tandis que la plus faible valeur a été observée chez l'hybride Ardente \*Carioca BB avec 208,67 épis par m<sup>2</sup>, soit une différence de 134,33 épis par m<sup>2</sup> (annexe VI, tableau 18 p. 107, annexe VII, tableau 19 p. 108-109).

DAHLIA (2010) a noté que le nombre d'épis/m<sup>2</sup> le plus élevé a été réalisé par le croisement Carioca\*Chen's BB avec 518,33 épis par m<sup>2</sup> et le plus faible chez l'hybride Latino\*Siméto BB avec 278 épis par m<sup>2</sup>. Cette composante est conditionnée par la nutrition azotée et l'alimentation hydrique de la plante pendant le tallage.

### 1.3. Nombre moyen de grains par épi

Les géotypes Siméto\*Ardente BB et Carioca\*Siméto BN ont enregistré le meilleur nombre de grains par épi au niveau de la F<sub>3</sub> avec respectivement 53,33 et 52,37 grains par épi. Le nombre de grains par épi le plus faible a été enregistré au niveau de Chen's\*Ardente BN avec 37,10 grains par épi (annexe VI, tableau 18 p. 107, annexe VII, tableau 20 p. 110-111).

Les résultats de DAHLIA (2010) ont révélé que les géotypes Latino\*Chen's BB et Chen's\*Carioca BN ont enregistré le meilleur nombre de grains par épi au niveau de la F<sub>2</sub> avec respectivement 52,98 et 51,40 grains par épi. Par contre les géotypes Siméto\*Ardente BN et Ardente\*Siméto BN se sont distingués par les plus faibles valeurs avec respectivement 35,54 et 37,77 grains par épi.

### 1.4. Nombre total d'épillets

Le nombre total d'épillets le plus élevé a été observé respectivement chez les croisements Ardente\*Chen's BN, Carioca\*Latino BN, GTA dur\*Chen's BB, GTA dur\*Siméto BB soit respectivement 19,80, 19,71, 19,68, 19,60 épillets/épi. Tandis que le nombre le plus faible a été enregistré chez les croisements Siméto\*Carioca BN et GTA dur\*Siméto BN avec respectivement 17,30 et 17,44 épillets /épi (annexe VI, tableau 18 p. 107, annexe VII, tableau 20 p. 110-111).

DAHLIA (2010) a enregistré le nombre le plus élevé chez le croisement Carioca\*Chen's BB soit 21,16 épillets par épi. Tandis que le nombre le plus faible a été enregistré chez les croisements Carioca\*Chen's BN et Ardente\*Carioca BB avec respectivement 16,2 et 16,1 épillets par épi.

### 1.5. Nombre d'épillets fertiles par épi

Les croisements GTA dur\*Chen's BB et Ardente\*Chen's BN ont présenté le nombre d'épillets fertiles le plus élevé avec respectivement 19,30 et 19,16 épillets fertiles par épi. Le nombre le plus faible a été observé chez le croisement Siméto\*Carioca BN (17,03 épillets par épi) (annexe VI, tableau 18 p. 107, annexe VII, tableau 20 p. 110-111).

Pour DAHLIA (2010), Seul Carioca\*Chen's (BB) a obtenu un nombre d'épillets fertiles (20,9) supérieur à Chen's\*Carioca BN (16,23), Chen's\*Siméto BN (16,23), Latino\*GTA dur BB (16,16) Carioca\*Chen's BN (15,66) et Ardente\*Carioca BB (15,53).

### 1.6. Nombre d'épillets stériles par épi

Le nombre d'épillets stériles varie de 0,07 (Ardente\*GTA dur BB) à 1,23 (Chen's\*Siméto BN), la moyenne est de 0,34 (annexe VI, tableau 18 p. 107, annexe VII, tableau 20 p. 110-111).

Les résultats de DAHLIA (2010) ont montré que le nombre d'épillets stériles le plus élevé a été observé chez Latino\*Carioca BB avec 0,8, alors que le nombre le plus faible a été enregistré par Ardente\*Chen's BN avec 0,03, avec une moyenne générale de 0,34 épillets stérile par épi.

### 1.7. Poids de mille grains

Le génotype Latino\*Chen'sa enregistré le poids de mille grains le plus élevé avec 57,67 g. Alors que l'hybride Siméto\*Latino BN a donné la valeur la plus faible avec 39,30g (annexe VI, tableau 18 p. 107, annexe VII, tableau 21 p. 112-113).

Le poids de mille grains varie entre 77,432 g (Ardente\*Siméto BN) à 53,04 g (GTA dur\*Chen's BN) dans les données de DAHLIA (2010).

### 1.8. Poids de la biomasse aérienne

Le poids de la biomasse aérienne le plus élevé a été noté chez Chen's\*GTA dur BN avec 167,17 q/ha, alors que le poids le plus faible a été observé chez les hybrides GTA dur\*Carioca BB avec une moyenne de 99,13 q/ha (annexe VI, tableau 18 p. 108, annexe VII, tableau 21 p. 112-113).

Pour DAHLIA (2010), Le poids de la biomasse aérienne le plus élevé a été noté chez Carioca\*Chen's avec 190,83 q/ha, alors que le poids le plus faible a été observé chez les hybrides Siméto\*Carioca BN et Ardente\*GTA dur BB avec une moyenne respectivement de 97,86 et 97,85 q/ha.

### 1.9. Indice de récolte

Le génotype GTA dur\*Ardente BN s'est distingué par un indice de récolte élevé égal à 0,39. La plus faible valeur a été donnée par Latino\*Ardente BN 0,21 (annexe VI, tableau 18 p. 107, annexe VII, tableau 19 p. 108-109).

Les résultats de DAHLIA (2010) pour l'indice de récolte varient de 0,55 pour Carioca\*GTA dur BB à 0,26 pour le génotype Carioca\*Chen's BB.

### 1.10. Rendement en grain estimé

La valeur la plus élevée pour ce caractère été obtenue par le croisement Siméto\*Ardente BB avec une moyenne de 87,98 q/ha suivi par le croisement Latino\*GTA dur BB avec 73,47 q/ha, alors que la plus faible valeur a été donnée par le croisement Carioca\*Chen's BB avec 34,54 q/ha (annexe VI, tableau 18 p. 107, annexe VII, tableau 21 p. 112-113).

Contrairement à nos résultats, DAHLIA (2010) a noté que le croisement Carioca\*Chen's BB s'est distingué par le rendement le plus important avec une moyenne de 142,84 suivi par le croisement Latino\*Siméto BN avec 129,15 q/ha, alors que la plus faible valeur a été donnée par le croisement Latino\*Siméto BB avec 67,56 q/ha.

### 1.11. Rendement en grain réel

Le meilleur rendement en grain a été obtenu par Carioca\*Latino BN avec 53,23 q/ha. Le plus faible rendement en grain a été donné par Ardente\*Carioca avec BN 28,40 q/ha (annexe VI, tableau 18 p. 107, annexe VII, tableau 21 p. 112-113).

Pour la deuxième génération (DAHLIA, 2010), le meilleur rendement en grain a été obtenu par Ardente\*Chen's BN (57,09 q/ha). Le plus faible rendement en grain a été donné par Latino\*Carioca BB (37,53 q/ha).

## 2. Caractères phénologiques

---

### 2.1. Date d'épiaison

Le génotype le plus précoce à l'épiaison était Siméto\*Latino BN avec 88,33 jours suivi par la variété Ardente BN avec 89 jours et le plus tardif était Carioca\*GTA dur BB avec 92,33 jours. La variété la plus tardive était Carioca BB avec 92 jours (**annexe VI, tableau 18 p. 107 et annexe VII, tableau 22, p. 114-115**). Les populations à barbes noires ont épiés les premières par rapport à celles à barbes blanches.

Pour la deuxième génération (DAHLIA, 2010), le génotype le plus précoce à l'épiaison était Siméto\*Ardente BN avec 94,33 jours suivi par Siméto\*GTA dur BN et la variété Chen's avec 94,66 jours et le plus tardif était GTA dur\*Carioca avec 100 jours.

### 2.2. Date de floraison

Les croisements Carioca\*GTA dur BN et Siméto\*Latino BN ont été caractérisés par une floraison précoce (96 jours) suivi par Chen's\*Ardente BN, Latino\*Siméto BN et les deux variétés Siméto BN et Chen's (96,33), alors que le croisement Siméto\*Carioca BB était tardif avec 100,67 jours (**annexe VI, tableau 18 p. 107 et annexe VII, tableau 22, p. 114-115**).

Les résultats de la deuxième génération (DAHLIA, 2010) ont montré que les croisements GTA dur\*Chen's BB, Latino\*Chen's et Carioca\*Chen's ont été caractérisés par une floraison précoce 106 jours, alors que le croisement Latino\*GTA dur BB était tardif avec 109,66 jours.

### 2.3. Durée épiaison-floraison

La durée moyenne de la phase épiaison-floraison des différents génotypes étudiés était de 7,41 jours. Les génotypes Siméto\*Latino BB et Latino\*Ardente BB ont enregistré la durée la plus courte soit respectivement 4,66 et 5,66 jours, tandis que les Génotypes Siméto\*Latino BN et Chen's\*Latino (BN) ont enregistré une longue durée soit respectivement 10,33 et 9,33 jours (**annexe VI, tableau 18 p. 107 et annexe VII, tableau 22, p. 114-115**).

Les résultats de la deuxième génération (DAHLIA, 2010) ont montré quela durée moyenne de la phase épiaison-floraison des différents génotypes étudiés était de 11,51 jours.Le croisement Siméto\*Ardente BN et Siméto\*GTA dur BN ont enregistré la durée la plus longue soit 14,33 jours suivis de Carioca\*Chen's avec 14 jours ; tandis que les croisements Latino\*Carioca BB et Latino\*GTA dur BB ont enregistré une courte durée soit respectivement 8,66 et 9 jours.

## 3. Caractères morphologiques

---

### 3.1. Hauteur de la tige

La hauteur la plus élevée a été obtenue par le croisement Chen's\*Latino (BB) avec 80,09 cm, et la plus faible valeur a été donnée par les variétés Ardente BB (71,62), Chen's BB

(72,17 cm) et le croisement Carioca\*Latino BN 72,40 cm (annexe VI, tableau 18 p. 107 et **annexe VII, tableau 23, p. 116-117** ).

Les résultats de DAHLIA (2010) ont révélé que la hauteur la plus élevée a été obtenue par la variété Chen's avec 81,87 cm suivi par le croisement Siméto\*Latino BN avec 81,23 cm, et la plus faible valeur a été donnée par Ardente\*Chen's BN 74,6 cm.

### 3.2. Longueur du col de l'épi

La moyenne la plus élevée pour la longueur du col de l'épi a été enregistrée chez le croisement Chen's\*Siméto BN soit 22,90 cm, et la valeur la plus faible a été donnée par les hybrides Carioca\*Latino BN avec 16,1 cm (annexe VI, tableau 18 p. 107 et **annexe VII, tableau 23, p. 116-117** ).

Pour DAHLIA (2010), la valeur la plus élevée a été enregistrée par l'hybride Ardente\*Carioca BB avec 21,70 cm et les valeurs les plus faibles ont été données par les hybrides Latino\* Siméto BN et Ardente\*Chen's BB avec respectivement 19,11 et 19,18 cm.

### 3.3. Longueur de l'épi

La moyenne générale pour ce caractère était de 7,92 cm. La valeur la plus élevée a été obtenue par Ardente\*GTA dur BB avec 8,36 cm et la plus faible valeur a été donnée par l'hybride Chen's\*GTA dur BN avec 7,34 cm (annexe VI, tableau 18 p. 107 et **annexe VII, tableau 23, p. 116-117** ).

Pour DAHLIA (2010), la moyenne générale pour ce caractère était de 7,51 cm. La valeur la plus élevée a été obtenue par Ardente\*Chen's BB avec 8,73 cm et la plus faible valeur a été donnée par l'hybride Latino\*Carioca BB avec 6,90 cm.

### 3.4. Longueur des barbes

La moyenne générale pour ce caractère était de 11,69 cm. GTA dur\*Carioca BN a présenté la longueur des barbes la plus élevée avec 13,37cm. Tandis que la valeur la plus faible a été enregistrée par l'hybride Carioca\*Latino BN et la variété Chen's BB avec respectivement 10,68 cm et 10,67 cm (annexe VI, tableau 18 p. 107 et **annexe VII, tableau 23, p. 116-117** ).

Dans la deuxième génération, DAHLIA (2010) a noté que la moyenne générale pour ce caractère était de 11,47 cm. Ardente\*Chen's BN a présenté la longueur des barbes la plus élevée avec 12,66 cm. Tandis que la valeur la plus faible a été enregistrée par les hybrides Carioca\*Latino BB et GTA dur\*Carioca BB avec respectivement 10,60 et 10,51 cm.

## 4. Etude des corrélations et des régressions

### 4.1. Relation entre les caractères agronomiques, morphologiques et phénologiques liés au rendement et le rendement en grain (tableau 24, annexe VIII, p 118)

Le rendement en grain estimé est corrélé positivement avec le nombre d'épis par m<sup>2</sup> (0,764\*\*\*), le nombre de grains par épis (0,496\*\*\*), le poids de mille grains (0,341\*\*), la hauteur de la tige (0,315\*), l'indice de récolte (0,242\*) et le poids de la biomasse aérienne (0,241\*).

Le rendement réel est corrélé positivement avec l'indice de récolte (0,706\*\*\*), le nombre d'épis par m<sup>2</sup> (0,548\*\*\*) et le poids de la biomasse aérienne (0,464\*\*\*).

Le nombre d'épillets fertiles et le nombre d'épillets stériles augmente avec le nombre total d'épillets (0,906\*\*\* et 0,327\*\* respectivement) et l'indice de récolte augmente avec le nombre d'épis par m<sup>2</sup> (0,412\*).

Plus la hauteur de la tige est importante plus la longueur du col de l'épi (0,487\*\*\*) et le nombre de grains par épi (0,395\*\*\*) sont importants.

De fortes corrélations ont été enregistrées entre d'une part la longueur de l'épi et d'autres part le nombre total d'épillets et le nombre d'épillets fertiles (respectivement 0,692\*\*\* et 0,609\*\*).

De faibles corrélations ont été enregistrées entre la longueur du col de l'épi et le nombre de grains par épi (0,253\*), entre le nombre total d'épillets et le nombre d'épillets stériles (0,327\*\*).

#### 4.2. Droites de régressions

D'après les coefficients de détermination, la présence d'une variabilité génétique du rendement est due principalement à la variabilité du nombre d'épis par mètre carré, du nombre de grains par épi, de l'indice de récolte et du poids de la biomasse aérienne. Nous concluons que 49,79 % de la variabilité du rendement en grain réel est expliqué par l'indice de récolte, 30,03 % par le nombre d'épis/m<sup>2</sup> et 21,99 % par le poids de la biomasse aérienne. Pour le rendement estimé, 58,48 % de sa variabilité est expliqué par le nombre d'épis par m<sup>2</sup> et 24,6 % par le nombre de grains par épi. (figure17, p. 73).

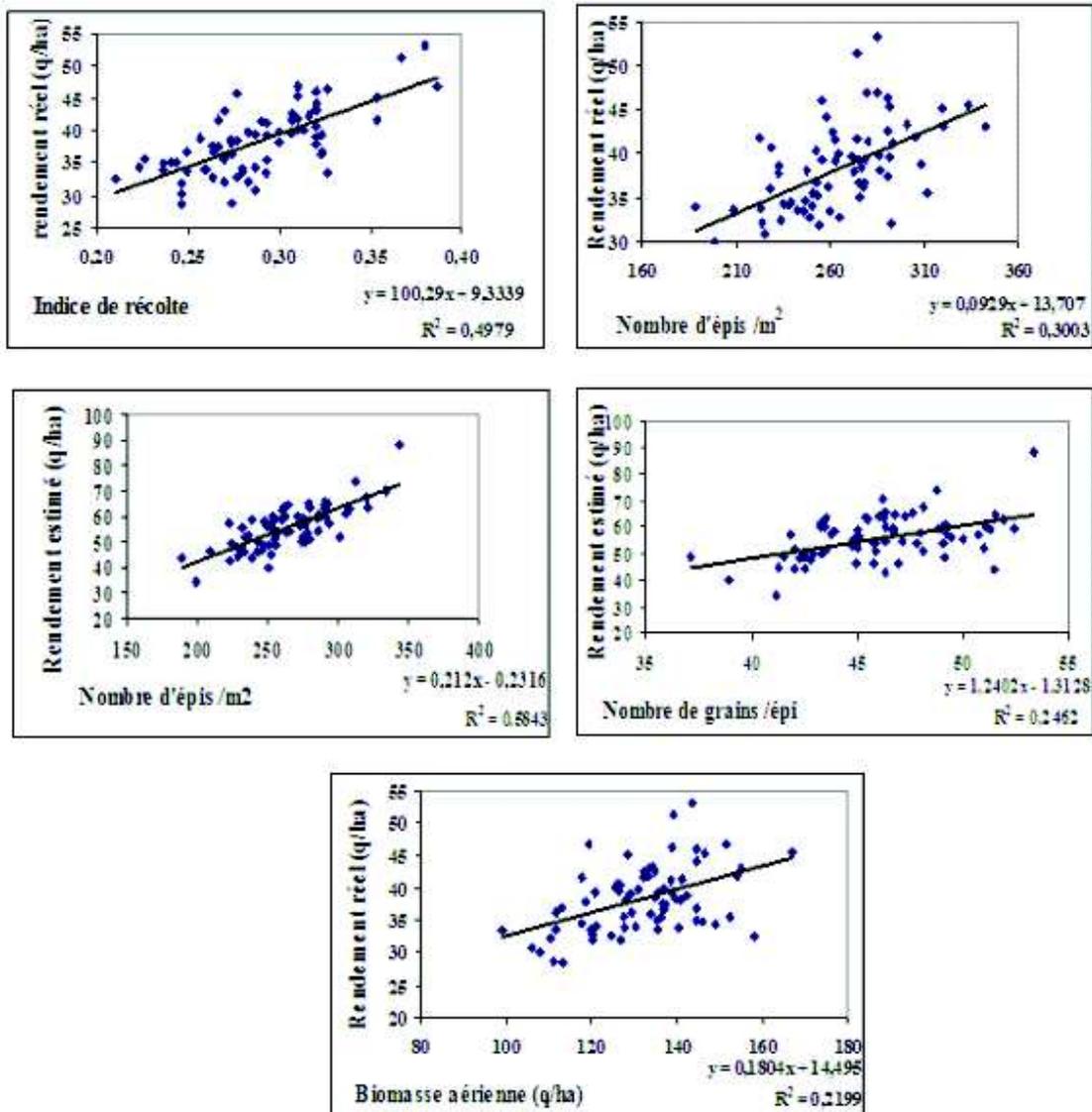


Figure 14. Droites de régressions de quelques caractères agronomiques liés en rendement en grain.

## 5. Discussion

L'objectif de cette partie est d'évaluer le comportement de 71 populations F<sub>3</sub> sélectionné selon la couleur des barbes.

L'analyse statistique de nos résultats a montré un effet non significatif pour l'ensemble des caractères ce qui est expliqué par un écart intra-populations important par rapport à l'écart inter-populations d'où l'absence de la variabilité génétique. Des coefficients de variation élevés sont enregistrés pour les caractères nombre pieds par m<sup>2</sup> (27,59 %), nombre d'épis/m<sup>2</sup> (21,82 %), nombre d'épillets stériles/épi (97,97 %), biomasse aérienne (16,69 %), rendement en grain estimé (27,05 %) et réel (26,016 %). Ces perturbations sont dues probablement aux contraintes suivantes :

- La campagne agricole de 2009/2010 est caractérisée par un cumul pluviométrique de 625,8 mm avec une période relativement sèche s'étalant entre Mars et Mai ce qui correspond aux stades épiaison et remplissage du grain, se répercutant ainsi sur l'établissement du peuplement épis et affectant les différentes composantes du rendement.
- Le développement des mauvaises herbes a aussi été favorisé par ces conditions. Les principales espèces identifiées sont les suivantes : le liseron des champs (*Convolvulus arvensis*), la folle avoine (*Avena fatua*), le ray gras (*Lolium perenne*), le mouron des champs (*Anagallis arvensis*), la luzerne (*Médicago polymorpha*) et le coquelicot (*Papaver roehas*). Nous avons aussi observé l'émergence de certaines populations de pucerons avec comme espèce prédominante le *Sitobion avenae* vecteur de transmission du virus de la jaunisse nanisante de l'orge.
- Les ravageurs (fourmis et oiseaux) ont été aussi observés au début et à la fin de la campagne, par conséquent, une réduction du nombre de plants/m<sup>2</sup> (levée hétérogène) et le nombre de grains/épi, et une chute considérable des rendements (réel et estimé) surtout au niveau des blocs 1 et 3.

# Conclusion

Cette expérience, mise en place au cours de la campagne agricole 2009-2010, a pour objectif d'évaluer et de comparer les performances agronomiques de six variétés de blé dur afin de tirer les meilleures combinaisons. Pour cela nous avons réalisé deux études :

- Une étude comparative entre 15 hybrides F<sub>1</sub> issus d'un croisement diallèle et leurs parents, l'évaluation du déterminisme génétique pour préciser le comportement héréditaire des caractères favorables qu'il convient de retenir dans un programme d'amélioration variétale et l'estimation de l'héritabilité des caractères ;
- Une étude du comportement de 71 populations F<sub>3</sub> issus de croisement diallèle des mêmes variétés.

Dans la première partie d'étude, nous avons effectué deux types d'analyse de la variance. La première concerne la comparaison des 15 hybrides (sans les réciproques) et les parents. La deuxième concernant l'analyse de Griffing comprenant les 15 hybrides sans les parents (méthode 4).

L'analyse de la variance a montré des différences significatives pour le nombre d'épis par mètre linéaire, le nombre d'épillets fertiles et stériles, la biomasse aérienne, la longueur du col de l'épi et les caractères phénologiques. Cependant, les caractères rendement en grain réel et estimé, l'indice de récolte, le nombre total d'épillets ont montré une différence non significative entre les génotypes.

Les meilleures combinaisons enregistrées pour les caractères présentant une différence significative entre génotypes sont :

- - Chen's\*Latino et Ardente\*Siméto pour le nombre d'épis par mètre linéaire,
- - Siméto\*Chen's, GTA dur\*Latino et Carioca\*Latino pour le nombre d'épillets fertiles.
- - Ardente\*Siméto, Ardente\*GTA dur, Ardente\*Latino, Chen's\*Latino pour le poids de la biomasse aérienne.

En terme de précocité, les combinaisons les plus précoces à l'épiaison sont Ardente\*Siméto, Carioca\*Chen's. Alors que les croisements GTA dur \*Siméto et Ardente\*Siméto sont caractérisés par une floraison précoce. Pour la durée épiaison-floraison le croisement GTA dur \* Siméto, Ardente\*Carioca, Carioca\*Siméto, Chen's\*Latino ont donné les durées les plus courtes.

Il est connu que le rendement en grain est un caractère complexe influencé par l'environnement, le choix de ce caractère comme critère de sélection n'est justifié que dans la mesure où les conditions du milieu permettent l'expression de cette aptitude génétique. Dans les conditions méditerranéennes, le recours à d'autres caractères ayant une bonne corrélation avec le rendement en grain est indispensable. Dans le présent essai, nous avons noté des corrélations importantes entre le rendement en grain d'une part et le nombre d'épis par mètre linéaire, l'indice de récolte, la biomasse aérienne, le poids de mille grains et la longueur des barbes d'autre part. De fortes corrélations génétiques ont été enregistrées chez les hybrides entre le rendement en grain d'une part et d'autre part le nombre d'épis par mètre linéaire, la durée épiaison-floraison, la longueur du col de l'épi et le nombre d'épillets fertiles.

L'analyse de diallèle selon le modèle fixe de Griffing montre des différences significatives entre génotypes pour trois caractères (longueur du col de l'épi, poids de la biomasse aérienne et phase épiaison-floraison).

La variété Ardente constitue un bon géniteur pour le poids de la biomasse aérienne et la longueur du col de l'épi, les variétés GTA dur et Siméto pour la transmission de la précocité et Chen's pour la transmission de la tardivité. Pour la durée épiaison-floraison les performances parentales ont montré des aptitudes générales à la combinaison élevées.

Les hybrides GTA dur\*Siméto et Latino\*Siméto ont donné les plus fortes valeurs en ASC pour le poids de la biomasse aérienne et la longueur du col de l'épi. Pour la phase épiaison-floraison, les forte ASC ont été notées chez GTA dur\*Latino et GTA dur\*Siméto.

L'estimation 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. L'étude du rapport AGC/ASC et de l'héritabilité au sens large a montré que les trois caractères étudiés sont sous contrôle des gènes à effet non additifs. Cela nous permet de conclure que la sélection à partir de la F<sub>1</sub> à l'intérieur du diallèle serait peu efficace. La sélection doit être retardé jusqu'à ce qu'un degré d'homozygotie raisonnable soit atteint.

Des hétérosis élevés ont été enregistrés pour le nombre d'épis par mètre linéaire et le poids de la biomasse aérienne. En effets, les hybrides Chen's\*Latino, Ardente\*Latino, Ardente\*Siméto ont présenté les hétérosis les plus élevés par rapport au parent moyen pour le nombre d'épis par mètre linéaire et le poids de la biomasse aérienne.

En moyenne, tous les caractères étudiés en F<sub>1</sub> ont présenté des valeurs plus élevées par rapport aux valeurs trouvées par CHETMI (2009). La différence constatée entre les résultats des F<sub>1</sub> de CHETMI (2009) et la nôtre est probablement due à des dates de semis et des conditions climatiques différentes qui ont provoqué vraisemblablement une interaction génotype x milieu. En effets, notre essai a été installé 40 jours avant la date de la réalisation de l'essai de CHETMI (2009). Les précipitations de la campagne 2007-2008 étaient aussi irrégulières. D'ailleurs, les mois de Janvier, Février et avril, coïncidant des stades de développement qui ont une relation étroite avec le rendement, étaient moins pluvieux.

Dans le deuxième essai, l'analyse statistique de nos résultats a montré une différence non significatif pour l'ensemble des caractères ce qui est expliqué par une variabilité intra-population important par rapport à la variabilité inter-population. Ces perturbations sont probablement dues à différentes contraintes biotiques et abiotiques rencontré au cours de la campagne agricole pour les deux essais, mais aussi à un mélange au niveau des variétés parentales (Ardente, Carioca, Chen's, GTA dur, Latino et Siméto) détecté avant la maturité et après les croisements.

En moyenne tous les caractères étudiés en F<sub>3</sub> ont présenté des valeurs moins élevées par rapport aux valeurs trouvées en F<sub>2</sub> par DAHLIA (2010). Cette différence est probablement due aux conditions climatiques favorables pendant l'essai F<sub>2</sub>, le total des précipitations de la campagne 2008-2009 était de 837,6 mm avec la régularité des pluies durant le cycle de développement du blé, et aussi à la dépression de vigueur d'une génération à une autre.

---

# Références bibliographiques

- ABBAD H. , EL JAAFARI S., BORT J. et ARAUS J L., 2004.** Comparison of flag leaf and ear photosynthesis with biomass and grain yield of durum wheat under various water conditions and genotypes. *Agronomie*: 24, pp 19-28.
- ABBASSENE F., BOUZERZOUR H. et HACHEMI L., 1997.** Phénologie et production de blé dur (*Triticum durum* Desf.) en zone semi-aride d'altitude. *Annales agronomiques de l'INA*, Alger, 18 : 24-36.
- ABBASSENE F., BOUZERZOUR H. et HACHEMI L., 1998.** Taux et durée de la phase de remplissage chez 14 génotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf.) en zone semi-aride. *Recherche agronomique. INRAA*, 3 : 9-17.
- AHMAD Z., KUMAR P., KATYAR R.P. et GUPTA R.R., 1979.** Heterosis in macaroni wheat. *Indian J. Gene. Plant. Breed.*, 39 : 279-284.
- AL HAKIMI A., 1992.** Evolution de la variabilité génétique des caractères d'adaptation à la sécheresse chez les espèces primitives (sauvages et cultivées) de blé tétraploïde. Mémoire DEA., Université de Montpellier, France. 60 p.
- 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 de Doctorat. ENSA, Montpellier. 186 p.
- ALLARD R.W., 1960.** Principle of plant breeding. Longman, Ny, Londron, 278p.
- ANNICCHIARICO P. et PECETTI L., 1993.** Contribution of some agronomic traits to durum wheat performance in dry Mediterranean region of northern Syria. *Agronomie*, 13 : 25-34.
- 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 yield since 1900 and associated physiological changes. *The journal of agricultural science*, Cambridge, 94: 675-689.
- BAGGA A.K., ROWALI N.K. et ASANA R.D., 1970.** Comparison of response of some Indian and semi dwarf Mexican wheat to unirrigated cultivation. *Agr. Sci.*, 40: 421-427.
- BAHLOULI F., BOUZERZOUR H. et BENMAHAMMED A., 2001.** Etude de la réponse à la sélection de la précocité chez l'orge (*Hordeum vulgare* L.) en zones semi-arides d'altitude. *Ann. INA*, 22 (1 et 2): 1-25.
- BAHLOULI F., BOUZERZOUR H., BENMAHAMMED A., et ASSOUS K.L., 2006.** Etude des liaisons entre le rendement ; la durée de vie de la feuille étendard, la vitesse de remplissage et la remobilisation des assimilats de la tige du blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous climat méditerranéen. *Annales de l'institut national Agronomique, El-Harrach*, Vol 27, N° 1 et 2, 15-36.
- BAHLOULI F., BOUZERZOUR H. et BENMAHAMMED A., 2008.** Effets de la vitesse et de la durée du remplissage du grain ainsi que de l'accumulation des assimilats de

la tige dans l'élaboration du rendement du blé dur (*Triticum durum* Desf.) dans les conditions de culture des hautes plaines orientales d'Algérie. *Biotechnol. Agron. Sos. Environ.* 12(1) : 31-39.

**BAIELY TH.B., QUADSET C.O. et COX D.E., 1980.** Predicting heterosis in wheat. *Crop science*, 20: 339- 342.

**BAISE D., 1988.** Guide des analyses courantes en pédologie : choix, expression, présentation, interprétation. INRA, Paris. 163 p.

**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. 152 p.

**BARBOTTIN A., 2004.** Utilisation d'un modèle de culture pour évaluer le comportement des génotypes : Pertinence d'utilisation d'Azodyn pour analyser la variabilité du rendement et de la teneur en protéines du blé tendre. Thèse pour l'obtention du titre de Docteur de l'Institut National Agronomique Paris-Grignon, discipline: Agronomie. 237 p. (En ligne). [http://pastel.paristech.org/1262/01/th%C3%A8se\\_Aude\\_Barbottin.pdf](http://pastel.paristech.org/1262/01/th%C3%A8se_Aude_Barbottin.pdf).

**BARKAT M., 2005.** Caractérisations morpho-physiologique et physico-chimiques des descendants issus de cinq générations de back-cross et de leurs géniteurs de blé dur (*Triticum durum* Desf.). Thèse de Doctorat. Université Mentouri, Constantine, Algérie, 150 p.

**BENBELKACEM A. ET KELLOU K., 2000.** Evaluation du progrès génétique chez quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) cultivées en Algérie. Actes du premier symposium international sur la filière blé : enjeux et stratégies. ITGC. Février 2000 : 123-131.

**BENBELKACEM A.; SADLI F.; BRINIS L. , 1995.** La recherche pour la qualité des blés durs en Algérie. In Fonzo N. di (ed.), Kaan F. (ed.), Nachit M. (ed.). *La qualité du blé dur dans la région méditerranéenne*. Zaragoza : CIHEAM-IAMZ (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens ; n. 22) p. 61-65.

**BENLARIBI M., 1984.** Facteurs de productivité chez six variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) cultivées en Algérie. Thèse de Magister, I.S.B. – Université de Constantine, 111p.

**BENMAHAMED A. , 2005.** Hétérosis et efficacité de sélection précoce et retardée de la biomasse, du nombre d'épis et utilisation des indices chez l'orge (*Hordeum vulgare* L.). Thèse de Doctorat d'Etat, Université Mentouri, Constantine, 125 p.

**BERBIGIER A., 1964.** Etude d'un croisement diallèle chez l'orge. *Ann. Amél. Plant.*, 14 (2) : 139-259.

**BHOWMIK A., ALI M.S. et SADEQ Z., 1990.** Genetic analysis of kernel weight in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Bangladesh J. Bot.*, 19: 21-27.

**BISCOPE P.V., GALLAGHER J., LITTLETON E.J., MONTEINTH K.L. et SCOTT R.K., 1975-** Barley and its environment. Sources of assimilates. *J. Appl. Eco*; 12: 395.

**BLUM A., 1989 .** Crop responses to drought and interpretation of adaptation .plant growthregulation 20, 135- 148.

- BONJEAN A. et PICARD E., 1990** . Les céréales à paille : origine, histoire, économie, sélection. Ed. Softword, collection Agriword, France. 205 p.
- BOUAZZA L. (2003)**. La diversité génétique chez l'orge appréciée par l'utilisation des marqueurs biochimiques. Thèse de Magister, I.S.N, Université Mentouri. Constantine. Algérie 75 p.
- BOUFENAR-ZAGHOUANE F., et ZAGHOUANE O., 2006**. Guide des principales variétés de céréales à paille en Algérie (blé dur, blé tendre, orge et avoine). 1<sup>ère</sup> édition. Institut Technique des Grandes Culture ITGC-ICARDA, El Harrach – Algérie. 154 p.
- BOUKECHA D., 2001**. Etude agronomique et génétique de la tolérance à la sécheresse de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.). Thèse de Magister, INA, El Harrach, Alger. 131 p.
- BOUTHIBA A. DEBAEKE P. HAMOUDI S. A., 2008** .Varietal differences in the response of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum) to irrigation strategies in a semi-arid region of Algeria. Irrig Sci, 26, pp 239–251.
- BOUZERZOUR H., 1990**. Caractéristiques d'adaptation des orges destinées aux hauts plateaux. *Céréaliculture*, 23 : 11-18.
- BOUZERZOUR H., 1998**. Sélection pour le rendement en grain, la précocité, la biomasse aérienne et l'indice de récolte sur les orges en zones semi-arides. Thèse de Doctorat d'Etat, Université 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*. Séminaire W.O.M. Ed. ICARDA. Pp : 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 zones méditerranéennes : 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. et BENMAHAMMED A., 1996**. Analyse du déterminisme génétique et l'indice de récolte dans un croisement diallèle de l'orge (*Hordeum vulgare* L.). *Ann. Agron. INA*, 17 (1 et 2) : 150-158.
- BOUZERZOUR H., DJEKOUNE A., BENMAHAMMED A. et HASSOUS L., 1996**. Contribution de la biomasse, l'indice de récolte et la précocité au rendement de l'orge (*Hordeum vulgare* L.) en zones semi-arides. *Ann. Agron. INA*, 17 (2) : 193-199.
- BOUZERZOUR H., BENMAHAMMED A., HAZMOUNE 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 : enjeux et stratégies. ITGC. Février 2000 : 187-194.
- BUDAK N., (2001)**. Heterosis and Combining Ability in a 8 x 8 Diallel durum wheat population. *Ege Üni. Ziraat Fak. Derg*, 2001, 38(2-3): 55-62 ISSN 1018-8851.

- BROWN J. et CALIGARI P. D. S., 2008.** An introduction to plant breeding. Blackwell Publishing, USA. 209 p.
- BOZZINI A., 1988.** Origin, distribution and production of durum wheat in the world in. In ACIA., 2006. La biologie de *triticum turgidum ssp. Durum*. Agence Canadienne d'Inspection des Aliments., 12 p. (En ligne) [http:// www. Inspection. gc.ca/francais/paveg/bio/dir/dir0607f.shtml](http://www.inspection.gc.ca/francais/paveg/bio/dir/dir0607f.shtml).
- CATTIVELLI L., BALDI N., DI FONZO M. et STANCA A. M., 2002.** Chromosom regions and stress related sequences involved in resistance to abiotic stress in triticieae. *Plant Molecular Biology* pp 649-660.
- CECCARELLI S., GRANDO S. et HAMBLIN J., 1992.** Relationship between barley grain yield measured in low and high yielding environments. *Euphytica* 64:49-58.
- CHETMI D., 2009.** Etude comparative de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) et analyse diallèle de leurs hybrides F<sub>1</sub>. Thèse de Magister, INA, El Harrach, Alger. 140 p.
- CHEHAT F., 2006.** Politiques céréalières en Algérie. Agriculture, pêche, alimentation et développement durable dans la région méditerranéenne. Rapport annuel CIHEAM, pp : 88-116.
- CLARKE J. M. et Mc CAIG T. N. (1982).** Evaluation of technics for sceening for drought résistance in wheat. *Crop sciences* 22: 503-506.
- CLARK J.M., MCCAIG T.N., DEPAUW R. M., KNOX R.E., AMES N. P., CLARK F. R., FERNANDEZ M. R., MARCHYLO B. A., et BUKLEY T. W., 2005.** Cammander Durum Wheat. *Can. J. Plant Sci. /Revue Canadienne De Phytotehnie*, 85: 901-904 In ACIA., 2006. La biologie de *triticum turgidum ssp. Durum*. Agence Canadienne d'Inspection des Aliments., 12 p. (En ligne) [http:// www. Inspection. gc.ca/francais/paveg/bio/dir/dir0607f.shtml](http://www.inspection.gc.ca/francais/paveg/bio/dir/dir0607f.shtml)
- CLAVET et VIELLEMIN, 1986.** Interprétation des analyses de la terre. Tome I. P.A.S centre de recherche S.C.P.A., Aspach le bas, 15p.
- COOK J., JAHSON V.A. ET ALLAN R.E., 1993.** Méthodes traditionnelles de sélection des plantes : un aperçu historique destiné à servir de référence pour l'évaluation du rôle de la biotechnologie moderne. OCDE. pp. : 39-41.
- COUSIN R., 1969.** Les essais diallèles. Le sélectionneur français n° 7, 75-96.
- COUVREUR F., 1981.** La culture de blé se raisonne. *Cultivar*, 140 : 39-41.
- DAHLIA F., 2010.** Etude de l'interaction génotype x environnement de quelques lignées de blé dur (*Triticum durum* Desf.) et analyse de comportement de 30 populations F<sub>2</sub> et leurs variétés parentales. Thèse de Magister, INA, El Harrach, Alger. 218 p.
- DEMARLY, Y., 1977.** Génétique et amélioration des plantes. Ed. MASSON, 520p.
- DEMARLY Y. et SIBI M., 1996.** Amélioration des plantes et biotechnologies. Ed John libbey. Eurotext Aupelf. London-Paris. 151 p.
- DOUSSINAULT G., KANAN F., LECONTE C. et MONNEVEUX P. 1992.** Les céréales à paille, présentation générale. In : Amélioration des espèces végétales cultivées : objectifs et critères de sélection. INRA (Ed), pp. 13-21.

- DEMOL J., BAUDOIN J., MARECHAL R., MERGEAI G. et OTOUL E., 2002.** Amélioration des plantes : application aux principales espèces cultivées en régions tropicales. Gembloux, Belgique. 582 p.
- DORE C., VAROQUAUX F. et VIALLE P., 2006.** Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées. Institut National De La Recherche Agronomique, collection : Savoir faire. Paris France, 19-50.
- ECOCHARD R. et HUET J., 1961.** Contribution à l'étude de la génétique quantitative chez une plante autogame : le blé. *Ann. Amél. Plant*, 11 (1): 25-59.
- ERROUX J., 1974.** Agronomie méditerranéenne. Tome I. Le milieu méditerranéen et ses problèmes. Les cultures vivrières en Algérie. 387 p.
- ERECHIDI A.E., BENBELLA M. et TALOUIZITE A., 2000.** Croissance du grain chez neuf cultivars de blé dur. CIHEAM. Options méditerranéennes, 137-140.
- FALCONER, D., 1972.** Introduction to quantitative genetics. Olivier and Royd. Ed. Masson et Cie, 284p.
- FALCONER, D.S., 1974.** Introduction à la génétique quantitative. Ed. Masson et Cie, Paris. 284p.
- FELLAH A., H. BOUZERZOUR, A. BENMAHAMMED, A. DJEKOUN., 2002.** Sélection pour améliorer la tolérance aux stress abiotiques chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). Actes de l'IAV HII, 64: 35-42.
- FELDMANN P., FEYT H. , 2002.** l'amélioration des plantes et la production de matériel végétal. Mémento de l'agronome. Montpellier : CIRAD, p. 567-582.
- FISHER R.A. et MAURER R., 1978.** Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Aust. J. Agr. Res.*, 29: 897-912.
- FISHER R.A. et TURNER N.C., 1978.** Plant productivity in arid and semi arid zones. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 29 : 277-317.
- FELIACHI, K. 2000.** Programme de développement de la céréaliculture en Algérie. proceedings du symposium « blé 2000, enjeux et stratégies », 21-28
- FOWLER D.B. et LIMIN A.E., 2007.** Progress in breeding wheat with tolerance to low temperature in different phenological developmental stages. *H.T. Buck et al. (eds.), Wheat Production in Stressed Environments*. Ed: springer 301–314.
- FOWLER B. D., CHAUVIN L. P., LAMIN A. E. et SARHAN F., 1996.** The regulatory role of vernalization in the expression of low temperature induced genes in wheat and rye. *The theoretical and applied genetic*, 93 (4), pp 554-559.
- GALIBA G., KEREPEZI I., VAGUJFALVI A., KOCSY G., CATTEVELLI L., DUCOVSKY J., SNAPE J.W. et SUTK J., 2001.** Mapping of genes involved in glutathione carbohydrate and COR 14 b cold induced protein accumulation during cold hardening in wheat. *Euphytica*, 119 (1-2), pp 173-177.
- GABILLARD D., 1983.** amélioration du rendement protéique de l'orge : génétique quantitative et agro physiologie. Thèse Doctorat 3<sup>e</sup> cycle, Institut National Polytechnique, Toulouse, 175p.
- GALLAIS A., 1976.** Sur la signification de l'aptitude générale à la combinaison. *Ann. Amél. Plant.*, 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. Amél. Plant.*, 26 (1) : 1-13.
- GALLAIS A., 1990**. Théorie de la sélection en amélioration des plantes. Masson. Paris. 588 p.
- GALLAIS A., 2009** . Hétérosis et variétés hybrides en amélioration des plantes. Ed : Quæ. 376 p.
- GATE P., 1995**. Ecophysiologie du blé : de la plante à la culture. Ed. Tec Doc. Lavoisier. Paris. 429 p.
- GATE P., DAGNEAUD J. et VIGNIER L., 1991**. Bilan climatique des céréales : principaux faits marquants et comportement variétal. *Perspectives agricoles* 145, 17-27.
- GATE P., BRAM P., COLENEUNE S. et BRIFFEAUX G., 1990**. Pour les céréales à paille, à chaque variété son époque de semis. *Perspectives Agricoles*, 14.pp. 824-827.
- GATE P., BOUTHIER A., WOZRICA K. ET MANZO M.E., 1992**. La tolérance de variétés de blé tendre d'hiver à la sécheresse : Premier résultat ITCF. *Perspectives agricoles*, 145 : 17-27.
- GRIFFING B., 1956**. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing system. *Australian Journal of Biological Sciences* 9 : 463-493.
- GRIGNAC P., 1978**. Le blé dur. *Techniques agricoles*. Tome I, 6-10.
- GRIGNAC P., 1981**. Rendement et composantes du rendement de blé d'hiver dans l'environnement méditerranéen français. *In*. Limites de potentialités de production de blé dans différents systèmes de culture et dans différentes zones méditerranéennes. Ed. 11. Les colloques, 1178 : 185-19.
- GUSTAFSON P., RASKINA O., MA X. et NEVO E., 2009**. Wheat evolution domestication and improvement. *In* **CARVER B. F.**Wheat Science and Trades. Ed: WILEY-BLACKWELL, Iowa, USA, pp 5-23.
- HADDOUCHE L. et MEKLIICHE L., 2008**. Etude comparative de quelques populations de blé dur (*Triticum durum* Desf.). *Céréaliculture* : 50, pp 10-17.
- HAMADACHE A., 2001 a**. stades et variétés de blé. ITGC, Alger. 22 p.
- HANIFI-MEKLIICHE L., 1996**. Corrélations phénotypiques génotypiques et environnementales de deux populations hybrides F<sub>1</sub> et leurs lignées parentales d'orge. *Anale de L'institut National Agronomique*, El-Harrach, vol. 17 (1 et 2) pp 97-108.
- HANIFI-MEKLIICHE et TOUADI, 1998**. Etude du comportement de quelques lignées DH et F<sub>8</sub> d'orge en zone méditerranéenne sub-humide. *Annale de L'institut National Agronomique*, El-Harrach, vol. 19 (1 et 2), pp 135-143.
- HANIFI-MEKLIICHE L., BOUKECHA D., et MEKLIICHE A., 2008**. Analyse agronomique et génétique de quelques variétés de blé dur et de leurs hybrides F<sub>1</sub> en conditions pluviales. *Sciences & Technologie* n° 27, pp. 9-14.

- HARDOUIN JP., LONNET P., LEMAIRE P., HASELE H., TROTETTET M., BASTERGUE P., BRANLARD G., JESTAIN G., ROUMET P., BAR C. et BERNICOT M., 2002.**Sélection variétale des céréales à paille. Dossier Gnis. (En ligne) <http://www.gnis.pedagogie.org/pages/paille/intro.htm> .
- HENIN S., GRAS R., et MONNIER G., 1969.** Le profil cultural. Ed. Masson, 2<sup>ème</sup> édition, Paris. 332 p.
- HOUASSINE D., 2004.** Adaptation au stress hydrique de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.). *Céréaliculture*, 42 : 29-33.
- INGOAT et COUVREUR, 1979.** Du nouveau sur la croissance du blé. Perspectives agricoles 32, 3-8.
- ITGC, 1999.** Analyse des contraintes liées à la céréaliculture. Programme de développement de la filière céréale, pp 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. *Indian j. Genet and Plant. Breed.*, 39 (3): 521-528.
- JONARD P., 1964.** Etude comparative de la croissance de deux variétés de blé tendre. *Ann. Amél. Plant.*, 14 (2) : 101-130.
- 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.
- KELLOU R., 2008.** Analyse du marché algérien du blé dur et les opportunités d'exportation pour les céréaliers français dans le cadre du pôle de compétitivité Quali-Méditerranée : le cas des coopératives Sud Céréales, groupe coopératif Occitan et Audecoop. Master of science. Montpellier : CIHEAM-IAMM, série Thèse et Master n °93. 168 p.
- KERMICHE A., 2000.** Sélection mono et multi caractères chez l'orge (*Hordeum vulgare* L.) en zone semi aride. Thèse Magister, INA, Alger, 51p.
- KHALDOUN A., BELLAH F. ET MEKLIKE L., 2006.** L'obtention variétale en Algérie : cas des céréales à paille. INRA. Alger. 82 p.
- KRIEG F., 1989.** La génétique des caractères quantitatifs : méthodes d'analyse et possibilités d'utilisation. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 314. Pp: 109-117.
- LAFON J.P., THARAUD-PRAYER C. et LEVY G., 1998.** Biologie des plantes cultivées. Lavoisier, paris. 150 p.
- LIMIN AE. et FOWLER DB (1989).**The influence of cell size and chromosome dosage on cold hardiness expression in the *Triticeae*. *Genome* 32:667–671.
- LI W., GILL B.S., 2004.** Genomics for cereal improvement. In: P.K. Gupta, R.K. Varshney (Eds.), *Cereal Genomics*, Kluwer Academic Publishers, the Netherlands. pp. 585-634.
- MADR, 2008.** Statistiques agricoles : superficies et production. Ed. MADR (Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural), Alger.54 p.
- MADR, 2009.** Statistiques agricoles : superficies et production. Ed. MADR (Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural), Alger.54 p.

- MCINTOSH R.A., 1998** . Breeding wheat for resistance to biotic stresses. *Euphytica* 100: 19–34, 1998. 1998 Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.
- MDLC, 1993**. Mémento de l'agronome quatrième édition. Collections technique rurale en Afrique. 160 p.
- MEKLICHE A., 1976**. Etude de la production du blé tendre avec complément d'irrigation. Mémoire d'Ingénieur. INA, El harrach. Alger. 176 p.
- MERAH O., ÉLIANE DELEENS E., BEATRICE TEULAT B. et PHILIPPE MONNEVEUX P., 2001**. Productivité et discrimination isotopique du carbone des organes du blé dur sous climat méditerranéen. [Comptes Rendus de l'Académie des Sciences-Séries III- Sciences de la Vie](#) , pp. 51-57.
- MEZIANI F., 2002**. Contribution à la détermination de caractères d'adaptation de blé dur. *Céréaliculture*, 37, 14-16.
- MEKHLOUF A., 2009**. Etude de la variabilité génétique du blé dur pour la tolérance au froid. Thèse de doctorat, INA, EL Harrach, Algérie.
- 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 (*Triticum durum* Desf.) Mémoire de Magistère. INA, El Harrach. 63 p.
- MONNEVEUX P., 1989**. Quelles stratégies pour l'amélioration de la tolérance au déficit hydrique des céréales d'hiver ? Journée scientifique de l'AUPELF : amélioration des plantes pour l'adaptation au milieu aride, 22 p.
- MONNEVEUX P., 1991**. Quelles stratégies pour l'amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique des céréales d'hivers? L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. Ed John Libbey Eurotext. AUPELF-UREF, pp 165-186.
- MONNEVEUX P. et THIS D., 1995**. Quel Avenir pour l'amélioration des plantes cultivées à la sécheresse (intégration des approches physiques, génétiques et moléculaires par l'amélioration de la tolérance à la sécheresse chez les céréales) .AUPELEF-UREF.pp149-162.
- MOSSEDDAQ F. et MOUGHILI L., 1999**. Fertilisation azotée des céréales, cas des blés en bour et en irrigué. *Bulletin de transfert de technologies en agriculture*, 62. 4 p.
- MOURET J.C., CONESA A.P., BOUCHIER A., GAID M. et OULD SAID O., 1991**. Identification de facteurs de variabilité du rendement du blé dur en conditions hydriques limitantes dans la région de Sidi Bel-Abbes. Ed. INRA, France. *Les colloques*, 55 : 35-47.
- MOULE C., 1980**. Les céréales. Ed. : maison rustique. 235 p.
- NACHIT, M.M., PICARD, E., MONNEVEUX, P., LABHILILI, M., BAUM, M. et RIVOAL, R., 1998**. Présentation d'un programme international d'amélioration du blé dur pour le bassin méditerranéen. *Cahiers d'Agriculture*, 7 :510-515.
- NAVILLE M., 2005**. La biodiversité des espèces cultivées : Analyse dans le cas du blé. Ed. boutique des sciences. Paris. 20 p.
- NETSVETAEV V. P. et NETSVETAEVA O. V., 2004** . Revealing hereditary variation of winter hardiness in cereals russian journal of genetics, vol. 40, no. 11, 2004, pp. 1239–1244. Translated from genetika, vol. 40, no. 11, 2004, pp. 1502–1508.

- OURY F.X., BRABANT P., PLUCHARD P., BERNARD P. et ROUSSET M., 1990.** Etude multilocale des blés hybrides : niveau d'hétérosis et élaboration du rendement. *Agronomie*, 10 : 291-201.
- OUJANI W., 2009.** Diversité de 25 génotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf.) : étude des caractères de production et d'adaptation. Université Mentouri de Constantine, Algérie, 113 p.
- PHELOUNG P.C. et SIDDIQUE K.H.M. (1991).** Contribution of stem dry matter to grain yield in wheat cultivars. *Australian J. Plant Physiol.* (18)53-64.
- PFEIFFER W.H., SAYRE K.D. ET REYNOLDS M.P., 2000 .** Enhancing genetic grain yield potential and yield stability in durum wheat. Durum wheat improvement in the Mediterranean region / New challenges = L'amélioration du blé dur dans la région méditerranéenne : Nouveaux défis. Zagagora. Option Méditerranéenne : Série A. Séminaires Méditerranéens. N° 40, pp 83-93.
- PREVOST P ., 1999.** les bases de l'agriculture. Ed: Technique et Documentation, 2<sup>ème</sup> édition, Londres 253 p.
- RACHEDI M. F., 2003.** Les céréales en Algérie : problématique et option de réforme. Céréaliculture. N° 38, pp 6-9.
- RACHUVANSHI K.M.S., SINGH S.P. ET ROA S.K., 1989.** Parental diversity in relation to heterosis for yield and its components in wheat. *Crop. Impro.* 16(2), 182-184.
- REDDY K. V. S. et USHA B. Z., 2004.** Novel strategies for overcoming pests and diseases in India. "New directions for a diverse planet". Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, 26 Sep – 1 Oct 2004, Brisbane, Australia. Published on CDROM. Web site: [www.cropscience.org.au](http://www.cropscience.org.au).
- RICHARDS R.A., REBTZKE G.Y., VAN HERWAARDLEN A.F., DUGGAN B.L., et GONDON A., 1997.** Improving yield in rainfed environments through physiological plant breeding. *Dryland Agriculture*, 36: 254-266.
- RICHARDS, R.A., REBTZKE, G.J., A.G. CONDON. A.F. VAN HERWAARDLEN. 2002.** Breeding for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. *Crop Sci.*, 41: 111-121.
- RICHARDS R. A., WATT M., REBETZKE G. J., 2007.** Physiological traits and cereal germplasm for sustainable agricultural systems. *Euphytica*, 154:409–425.
- SRIVASTAVA J.P., DAMANIA A.B. et PECETTI L., 1988.** Landraces, primitive forms and wild progenitors of macaroni Wheat (*Triticum durum* Desf. ) their use in dryland agriculture. In: T.E. Miller and R.M.D. Koebner Eds 7th IWGS, Cambridge, UK., vol 1: 153-158.
- SCHARMA R.C. et SMITH E.L., 1986.** Selection for high and low harvest index in three winter wheat populations. *Crop science*, 26: 1147-1150.
- SIDDIQUE K.H.M., KIRBY E.J.M. et PERRY M.W., 1989.** Ear: stem ratio in old and modern wheat varieties: relationship with improvement in number of grains per ear and yield. *Field Crops Res.* 21: 59-78
- SIMANE B., PEACOCK J.M. et STRICK P.C., 1993.** Differences in development plasticity growth rate among drought. Resistant and susceptible cultivars of durum wheat (*Triticum turgidum* L.Var. durum) . *Plant and soil*, 157, 155- 166.

- SINGH T. et MISHRA D.P., 1990.** Heterosis and inbreeding depression in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *EM. Theil. Narendra. Deva J. Agri. Res.*, 6(2) : 178-187.
- SOLTNER D., 2005.** Phytotechnie spéciale : les grandes productions végétales. Collection sciences et techniques agricoles, Paris, France. 472 p.
- ŠRAMKOVÁ Z., GREGOVÁ E. et ŠTURDÍK E., 2009.** Genetic improvement of wheat- a review. *Nova Biotechnologica*, 9 (1): 37-51.
- STONE P. et SAVIN R., 1999.** Grain quality and its physiological determinants. *In* Emilio H. et GUSTAVO A. **1999.** *Wheat: Ecology And Physiology Of Yield Determination* pp 85-118.
- TALEBI R., FAYYAZ F. et MOHAMMAD A M ., 2010.** Genetic Variation and Interrelationships of Agronomic Characteristics in Durum Wheat under two Constructing Water Regimes. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. Vol.53, n. 4: pp.785-791.
- 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 écophysiologie du blé. Rapport intermédiaire. INRA, France. Pp: 91-105.
- WARDLAW I.F., 2002-**Interaction between drought and chronic high temperature during kernel filling in wheat in a controlled environment. *Annals of botany*: 90,469-476.
- ZAHOUR A., 1992.** Eléments d'amélioration génétique des plantes. Actes éditions. Institut agronomique et vétérinaire Hassan II. Rabat. 230 p.

# ANNEXES

## Annexe I

Traits	SCE			CM			F obs.	Sing.	CV (%)
	Génotypes ddl = 20	Biocs ddl = 2	Interaction ddl = 39	Génotypes ddl = 20	Biocs ddl = 2	Interaction ddl = 39			
NE	52210,979	5338,529	40529,635	2610,549	2669,265	1039,221	2,512	*	48,66
NET	37,230	11,960	42,296	1,862	5,980	1,085	1,716	ns	5,56
NEF	67,598	10,531	60,413	3,380	5,266	1,549	2,182	*	7,16
NES	4,402	0,315	15,358	0,220	0,157	0,394	0,559	ns	61,91
PMG	1349,680	71,418	2336,255	67,484	35,709	59,904	1,127	ns	14,24
NG/E	1409,381	61,359	4113,847	70,469	30,680	105,483	0,668	ns	29,20
RR	182602,960	4406,915	219364,311	9130,148	2203,457	5624,726	1,623	ns	56,63
RE	26803,248	496,895	37802,108	1340,162	248,447	969,285	1,383	ns	55,58
BA	43789,329	935,243	20373,765	2189,466	467,621	522,404	4,191	***	49,98
IR	0,108	0,003	0,240	0,005	0,002	0,006	0,880	ns	33,81
PE	106,641	398,841	78,599	5,332	199,420	2,015	2,646	*	2,76
PF	112,600	164,728	95,996	5,630	82,364	2,461	2,287	*	2,038
PE-F	116,221	51,537	103,632	5,811	25,768	2,657	2,187	*	22,74
HT	274,079	69,898	534,158	13,704	34,949	13,696	1,001	ns	4,75
LCE	128,295	2,856	78,449	6,415	1,428	2,012	3,189	**	10,23
LE	11,925	2,581	17,554	0,596	1,291	0,450	1,325	ns	7,73
LB	20,925	14,560	39,307	1,046	7,280	1,008	1,038	ns	9,3

*Tableau 1 : Analyse de la variance des différents caractères étudiés des F<sub>1</sub>*

## Annexe II

Tableau 2 : Classement des moyennes du nombre d'épis/m linéaire

**Etude agronomique et analyse diallèle de six variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.)**

Génotypes	Moyennes	Groupes				
Chen's*Latino	167,07	A				
Ardente*Siméto	122,90	A	B			
GTA dur*Siméto	115,86	A	B	C		
Ardente*Latino	113,50	A	B	C		
Latino*Siméto	110,07		B	C	D	
Carioca*Siméto	94,24		B	C	D	E
Chen's*GTA dur	87,75		B	C	D	E
Ardente*GTA dur	83,10		B	C	D	E
Ardente*Carioca	77,15		B	C	D	E
Carioca*GTA dur	72,83		B	C	D	E
Carioca*Latino	69,73		B	C	D	E
Carioca*Chen's	67,17			C	D	E
Carioca	66,00			C	D	E
Chen's*Siméto	65,40			C	D	E
Siméto	63,33			C	D	E
GTA dur*Latino	63,23			C	D	E
GTA dur	62,33			C	D	E
Ardente	58,33				D	E
Chen's	57,67				D	E
Ardente*Chen's	50,33					E
Latino	48,33					E

**Tableau 3 : Classement des moyennes du nombre d'épillets fertiles**

Génotypes	Moyennes	Groupes				
Chen's*Siméto	23,44	A				
GTA dur*Latino	22,66	A	B			
Carioca*Latino	21,67	A	B	C		
Ardente*Latino	21,61	A	B	C	D	
Carioca*Chen's	21,44	A	B	C	D	
Chen's	21,33	A	B	C	D	
Chen's*GTA dur	21,16		B	C	D	
Latino	21,11		B	C	D	
Chen's*Latino	21,11		B	C	D	
Ardente*Siméto	21,00		B	C	D	
GTA dur	20,89		B	C	D	
Ardente*Carioca	20,88		B	C	D	
Carioca*GTA dur	20,78		B	C	D	E
Ardente*GTA dur	20,61		B	C	D	E
Latino*Siméto	20,38			C	D	E
Carioca	20,22			C	D	E
Ardente	20,17			C	D	E
Ardente*Chen's	20,11			C	D	E
Siméto	19,78			C	D	E
GTA dur*Siméto	19,49				D	E
Carioca*Siméto	18,72					E

**Tableau 4 : Classement des moyennes du poids de biomasse aérienne (g/m linéaire)**

Génotypes	Moyennes	Groupes					
Ardente*Siméto	1 537,71	A					
Ardente*GTA dur	968,00		B				
Ardente*Latino	882,07		B	C			
Chen's*Latino	866,67		B	C			
GTA dur*Siméto	794,00		B	C	D		
Carioca*Siméto	739,22		B	C	D	E	
Latino*Siméto	696,22		B	C	D	E	
Ardente*Carioca	658,27		B	C	D	E	F
Chen's*GTA dur	650,96		B	C	D	E	F
Chen's*Siméto	638,44		B	C	D	E	F
Carioca*Chen's	598,00		B	C	D	E	F
Ardente*Chen's	563,33			C	D	E	F
GTA dur*Latino	556,40			C	D	E	F
Carioca*Latino	545,42			C	D	E	F
Carioca*GTA dur	488,80				D	E	F
Siméto	481,67				D	E	F
Carioca	429,33				D	E	F
Ardente	421,33					E	F
Chen's	397,33					E	F
GTA dur	382,67					E	F
Latino	309,33						F

**Tableau 5 : Classement des moyennes du nombre de jours nécessaire à l'épiaison**

Génotypes	Moyennes	Groupes	
Carioca*Siméto	114,50	A	
GTA dur*Latino	112,50	A	B
Latino	112,33	A	B
GTA dur	112,00	A	B
Ardente*Carioca	112,00	A	B
Ardente*GTA dur	112,00	A	B
Carioca	112,00	A	B
Chen's*Siméto	111,83	A	B
GTA dur*Siméto	111,78	A	B
Chen's*GTA dur	111,33	A	B
Siméto	111,33	A	B
Chen's*Latino	111,16	A	B
Carioca*GTA dur	110,83	A	B
Chen's	110,66	A	B
Latino*Siméto	110,50	A	B
Ardente*Latino	110,33	A	B
Ardente*Chen's	110,33	A	B
Ardente	110,33	A	B
Carioca*Latino	109,33	A	B
Carioca*Chen's	109,33	A	B
Ardente*Siméto	108,33		B

**Tableau 6 : Classement des moyennes du nombre de jours nécessaire à la floraison**

**Etude agronomique et analyse diallèle de six variétés de blé dur (Triticum durum Desf.)**

Génotypes	Moyennes	Groupes		
Carioca*Siméto	123,00	A		
Chen's*GTA dur	122,66	A		
Chen's*Siméto	122,00	A	B	
GTA dur*Latino	121,66	A	B	C
Latino	121,33	A	B	C
Ardente*Latino	121,33	A	B	C
Chen's	121,00	A	B	C
Carioca*Chen's	121,00	A	B	C
Ardente*GTA dur	120,66	A	B	C
Carioca	120,66	A	B	C
Ardente	120,66	A	B	C
Latino*Siméto	120,16	A	B	C
Chen's*Latino	119,66	A	B	C
GTA dur	119,66	A	B	C
Ardente*Carioca	119,50	A	B	C
Carioca*GTA dur	119,50	A	B	C
Carioca*Latino	119,33	A	B	C
Ardente*Chen's	119,00	A	B	C
Siméto	119,00	A	B	C
Ardente*Siméto	118,33		B	C
GTA dur*Siméto	117,80			C

**Tableau 7 : Classement des moyennes de la durée épiaison-floraison**

Génotypes	Moyennes	Groupes		
Carioca*Chen's	11,67	A		
Chen's*GTA dur	11,33	A		
Ardente*Latino	11,00	A		
Ardente	10,33	A	B	
Chen's	10,33	A	B	
Chen's*Siméto	10,17	A	B	
Carioca*Latino	10,00	A	B	
Ardente*Siméto	10,00	A	B	
Latino*Siméto	9,67	A	B	
GTA dur*Latino	9,17	A	B	C
Latino	9,00	A	B	C
Carioca	8,67	A	B	C
Ardente*GTA dur	8,67	A	B	C
Carioca*GTA dur	8,67	A	B	C
Ardente*Chen's	8,67	A	B	C
Chen's*Latino	8,50	A	B	C
Carioca*Siméto	8,50	A	B	C
GTA dur	7,67		B	C
Siméto	7,67		B	C
Ardente*Carioca	7,50		B	C
GTA dur*Siméto	6,02			C

**Tableau 8 : Classement des moyennes de la longueur du col de l'épi (cm).**

Croisement	Moyenne	Groupes			
Ardente*Chen's	20,28	A			
Ardente*Siméto	19,67	A	B		
Ardente*GTA dur	18,92	A	B	C	
Ardente*Carioca	18,86	A	B	C	
GTA dur*Latino	18,77	A	B	C	
Carioca*GTA dur	18,77	A	B	C	
Carioca*Lationo	18,72	A	B	C	
GTA dur	18,39	A	B	C	
Ardente	18,39	A	B	C	
Ardente*Latino	18,19	A	B	C	
Siméto*Chen's	18,11	A	B	C	
Latino	18,11	A	B	C	
Carioca*Siméto	18,08	A	B	C	
Carioca*Chen's	18,08	A	B	C	
Chen's	18,06	A	B	C	
Chen's*Latino	17,54	A	B	C	
Latino*Siméto	17,50	A	B	C	
Carioca	17,44	A	B	C	
Siméto	16,50		B	C	D
Chen's*GTA dur	16,16			C	D
GTA dur*Siméto	13,12				D

**Tableau 9 : Classement des moyennes des caractères hauteur de la tige, longueur de l'épi et longueur des barbes**

Génotype	HT	Génotype	LE	Génotype	LB
Ardente*Chen's	82,00	Ardente*Chen's	10,37	Chen's*Latino	13,09
GTA dur*Latino	81,76	Chen's*Siméto	10,00	GTA dur*Siméto	12,79
Ardente*GTA dur	81,69	Carioca*Latino	9,81	Latino*Siméto	12,44
Carioca*Siméto	81,22	Carioca*Siméto	9,61	Chen's*GTA dur	12,33
Ardente*Siméto	81,17	Carioca*GTA dur	9,55	Ardente*Siméto	12,24
Carioca*Chen's	80,61	GTA dur*Latino	9,54	Carioca*Chen's	12,14
Carioca*Latino	80,56	Ardente*Carioca	9,51	Ardente	12,06
Ardente	80,33	Ardente*GTA dur	9,51	Ardente*Carioca	12,06
Ardente*Latino	80,16	Latino*Siméto	9,46	GTA dur*Latino	11,90
Chen's*Siméto	79,39	GTA dur*Siméto	9,29	Carioca*Siméto	11,81
Ardente*Carioca	79,33	GTA dur	9,28	Carioca*GTA dur	11,79
Latino	79,17	Carioca	9,22	Chen's	11,74
Chen's*Latino	78,81	Carioca*Chen's	9,19	Ardente*Latino	11,67
Latino*Siméto	78,55	Ardente*Latino	9,16	Carioca*Latino	11,62
Siméto	78,38	Chen's*Latino	9,07	Ardente*GTA dur	11,60
Carioca*GTA dur	78,09	Chen's	9,07	Latino	11,52
Chen's*GTA dur	77,94	Siméto	8,86	Chen's*Siméto	11,17
Carioca	77,72	Ardente*Siméto	8,81	Siméto	11,13
GTA dur*Siméto	77,12	Latino	8,78	Carioca	11,05
Chen's	76,08	Chen's*GTA dur	8,73	Ardente*Chen's	11,04
GTA dur	73,17	Ardente	8,53	GTA dur	10,78

Tableau 10 : Classement des moyennes du nombre total d'épillets, du nombre d'épillets stériles, du poids de mille grains et du nombre de grains par épi

Génotype	NET	Génotype	NES	Génotype	PMG	Génotype	N
Chen's*Siméto	23,67	Ardente*Carioca	1,39	Carioca*GTA dur	63,40	Chen's*Siméto	48
GTA dur*Latino	23,22	GTA dur	1,33	Carioca*Latino	61,60	Chen's	37
Carioca*Latino	22,78	Chen's*Siméto	1,22	Ardente*Siméto	61,41	GTA dur*Latino	36
Ardente*Carioca	22,41	Carioca	1,22	Latino*Siméto	61,3	Siméto	35
Carioca*Chen's	22,22	Ardente*Chen's	1,11	Chen's*Latino	57,73	Ardente*GTA dur	34
GTA dur	22,17	Carioca*Latino	1,11	GTA dur*Siméto	57,52	Carioca*Siméto	34
Latino	22,17	Siméto	1,11	Carioca*Chen's	57,03	Latino	33
Ardente*Latino	22,16	Latino	1,06	Chen's*GTA dur	55,70	Carioca	32
Chen's	22,00	GTA dur*Siméto	1,01	Siméto	55,63	Ardente	32
Chen's*GTA dur	21,89	Ardente*GTA dur	0,94	Ardente*Chen's	54,92	Ardente*Chen's	32
Carioca*GTA dur	21,67	Ardente	0,89	Ardente*GTA dur	54,00	Ardente*Carioca	32
Carioca*Siméto	21,66	Latino*Siméto	0,88	Ardente*Latino	53,53	Latino*Siméto	32
Ardente*GTA dur	21,66	Carioca*GTA dur	0,88	GTA dur*Latino	52,98	GTA dur	31
Latino*Siméto	21,55	Carioca*Siméto	0,83	Chen's	52,50	Carioca*Latino	31
Chen's*Latino	21,39	Ardente*Latino	0,72	GTA dur	52,27	Carioca*GTA dur	30
Ardente*Siméto	21,33	Chen's*GTA dur	0,72	Carioca	52,01	Carioca*Chen's	30
Carioca	21,33	Carioca*Chen's	0,67	Carioca*Siméto	51,60	Chen's*GTA dur	29
Ardente*Chen's	21,00	Chen's	0,66	Ardente	50,62	Ardente*Latino	28
Ardente	20,89	GTA dur*Latino	0,61	Ardente*Carioca	48,90	Chen's*Latino	27
Siméto	20,66	Chen's*Latino	0,61	Latino	46,65	GTA dur*Siméto	26
GTA dur*Siméto	20,57	Ardente*Siméto	0,33	Chen's*Siméto	46,57	Ardente*Siméto	25

Tableau 11: Classement des moyennes du rendement en grain réel, du rendement en grain estimé et de l'indice de récolte.

Génotype	RR	Génotype	RE	Génotype	IR
Chen's*Latino	314,83	Carioca*Siméto	262,78	Carioca*Siméto	0,33
Carioca*Siméto	218,58	Chen's*Latino	260,40	Chen's	0,28
Latino*Siméto	204,60	Latino*Siméto	212,97	Chen's*Latino	0,26
Ardente*Siméto	189,92	Ardente*Siméto	194,30	GTA dur	0,25
GTA dur*Siméto	169,66	GTA dur*Siméto	179,24	Siméto	0,25
Ardente*Latino	161,87	Ardente*Latino	178,55	Latino	0,25
Ardente*GTA dur	157,17	Carioca*GTA dur	168,47	Ardente*GTA dur	0,24
Chen's*GTA dur	149,45	Ardente*GTA dur	151,53	Ardente*Siméto	0,23
Carioca*GTA dur	136,12	Chen's*GTA dur	141,68	Ardente	0,23
Carioca*Chen's	129,07	Chen's*Siméto	128,60	Carioca*Latino	0,23
Carioca*Latino	127,64	Carioca*Latino	128,07	Carioca	0,23
Siméto	124,63	Ardente*Carioca	125,02	Carioca*GTA dur	0,22
Ardente*Carioca	123,99	Siméto	124,50	GTA dur*Siméto	0,22
Chen's*Siméto	117,20	GTA dur*Latino	123,97	Latino*Siméto	0,21
GTA dur*Latino	114,05	Chen's	111,99	Carioca*Chen's	0,20
Chen's	112,07	Carioca	108,33	GTA dur*Latino	0,20
Carioca	108,33	GTA dur	102,70	Ardente*Carioca	0,19
Ardente	96,76	Ardente	96,68	Ardente*Latino	0,17
Ardente*Chen's	93,13	Ardente*Chen's	92,89	Chen's*GTA dur	0,17
Latino	78,34	Carioca*Chen's	92,76	Chen's*Siméto	0,16
GTA dur	74,60	Latino	75,08	Ardente*Chen's	0,16

## Annexe III

Tableau 12 : Corrélations phénotypiques

	NE/m	PE	PF	HT	LCE	LE	LB	NET	NEF	NES	NG/EP	PM
N E/m	<b>1.000</b>											
PE	-0.117	<b>1.000</b>										
PF	-0.213	<b>0.456</b>	<b>1.000</b>									
HT	0.039	-0.144	0.157	<b>1.000</b>								
LCE	-0.281	-0.260	0.104	<b>0.445</b>	<b>1.000</b>							
LE	-0.173	0.146	-0.059	0.276	0.334	<b>1.000</b>						
LB	<b>0.731</b>	-0.157	-0.143	0.109	-0.417	-0.319	<b>1.000</b>					
NET	-0.256	0.106	<b>0.499</b>	0.095	0.351	0.347	-0.235	<b>1.000</b>				
NEF	-0.100	-0.232	0.288	0.051	0.273	0.124	-0.075	<b>0.850</b>	<b>1.000</b>			
NES	<b>-0.485</b>	0.369	-0.144	-0.327	-0.063	0.382	<b>-0.563</b>	0.093	-0.127	<b>1.000</b>		
NG/E	<b>-0.547</b>	0.369	<b>0.473</b>	0.036	0.190	0.375	<b>-0.533</b>	<b>0.548</b>	0.412	0.376	<b>1.000</b>	
P MG(g)	<b>0.439</b>	<b>-0.570</b>	<b>-0.511</b>	0.043	-0.066	0.038	0.404	-0.328	-0.169	<b>-0.434</b>	<b>-0.609</b>	<b>1.000</b>
RE(q/ha)	<b>0.856</b>	0.159	-0.002	0.122	-0.184	0.034	<b>0.573</b>	-0.206	-0.260	<b>-0.442</b>	-0.321	0.30
RR(q/ha)	<b>0.925</b>	0.008	-0.050	0.169	-0.202	-0.069	<b>0.704</b>	-0.233	-0.174	<b>-0.520</b>	-0.390	0.40
BA (g/m)	<b>0.708</b>	-0.317	-0.243	0.401	0.089	-0.049	0.441	-0.145	-0.004	<b>-0.563</b>	-0.409	0.30
IR	0.124	0.352	0.033	-0.198	-0.084	-0.280	0.043	-0.280	<b>-0.469</b>	-0.125	-0.058	0.00
P E-F	-0.090	<b>-0.509</b>	<b>0.534</b>	0.287	0.331	-0.198	0.022	0.378	<b>0.499</b>	<b>-0.499</b>	0.103	0.00

Seuil de signification (0,05) = 0,4227 Seuil de signification (0,01) = 0,536 Seuil de signification (0,001) = 0,652

Tableau 13 : Analyse de la variance des AGC et ASC

Caractère	Source	ddl	SCE	CM	F obs.	Signification
PE-F	AGC	5	7,535	1,507	2,024	*
	ASC	9	23,455	2,606	3,500	*
LCE	AGC	5	17,991	3,598	5,497	***
	ASC	9	20,967	2,330	3,559	*
BA	AGC	5	499458,902	99891,780	4,486	**
	ASC	9	440436,812	48937,424	2,198	*

\* : significative.

\*\* : hautement significative.

\*\*\* : très hautement significative.

### Annexe V

Tableau 14 : Valeurs de l'hétérosis moyen des hybrides F<sub>1</sub>

Croisements	NE/ m	PE	PF	P E-F	LCE	EF	BA
Ardente*Carioca	<b>24,10 ns</b>	0,75 ns	<b>-0,97 ns</b>	<b>-21,05 ns</b>	<b>5,27 ns</b>	<b>3,56 ns</b>	<b>54,77 ns</b>
Ardente*Chen's	-13,22 ns	<b>-0,15 ns</b>	<b>1,52 ns</b>	<b>-16,13 ns</b>	<b>11,28 ns</b>	-4,55 ns	<b>60,82 ns</b>
Ardente*GTA dur	<b>37,73 ns</b>	0,75 ns	0,42 ns	<b>-3,70 ns</b>	<b>2,87 ns</b>	<b>0,54 ns</b>	<b>40,13 +</b>
Ardente*Latino	<b>112,81 +</b>	<b>-0,90 ns</b>	0,28 ns	13,79 ns	-0,32 ns	<b>4,85 ns</b>	<b>164,96 +</b>
Ardente*Siméto	<b>102,03 +</b>	<b>-2,26 ns</b>	<b>1,25 ns</b>	11,11 ns	<b>13,64 ns</b>	<b>5,88 ns</b>	<b>95,37 +</b>
Carioca*Chen's	<b>8,63 ns</b>	<b>-1,80 ns</b>	0,14 ns	22,81 ns	<b>1,85 ns</b>	<b>3,20 ns</b>	<b>3,87 ns</b>
Carioca*GTA dur	<b>13,51 ns</b>	<b>-1,04 ns</b>	<b>0,55 ns</b>	6,12 ns	<b>4,76 ns</b>	<b>1,08 ns</b>	<b>47,29 ns</b>
Carioca*Latino	<b>21,98 ns</b>	<b>-2,53 ns</b>	<b>1,38 ns</b>	13,21 ns	<b>5,32 ns</b>	<b>4,84 ns</b>	<b>32,35 ns</b>
Carioca*Siméto	<b>45,73 ns</b>	2,54 ns	2,64 ns	4,08 ns	<b>7,41 ns</b>	-5,87 ns	<b>19,74 ns</b>
Chen's*GTA dur	<b>46,25 ns</b>	<b>0,00 ns</b>	1,94 ns	25,93 ns	-11,32 ns	<b>0,25 ns</b>	<b>1,88 ns</b>
Chen's*Latino	<b>215,22 +</b>	<b>-0,30 ns</b>	<b>1,24 ns</b>	<b>-12,07 ns</b>	-3,01 ns	-0,53 ns	<b>84,23 +</b>
Chen's*Siméto	<b>8,10 ns</b>	0,75 ns	1,67 ns	12,96 ns	<b>5,68 ns</b>	<b>14,67 +</b>	<b>97,19 ns</b>
GTA dur*Latino	<b>14,28 ns</b>	0,30 ns	0,97 ns	10,00 ns	<b>2,89 ns</b>	<b>7,92 ns</b>	<b>10,60 ns</b>
GTA dur*Siméto	<b>84,39 ns</b>	0,27 ns	<b>-1,28 ns</b>	<b>-21,48 ns</b>	-24,18 ns	-3,62 ns	<b>28,75 ns</b>
Latino*Siméto	<b>97,13 ns</b>	<b>-1,19 ns</b>	0,00 ns	0,00 ns	<b>1,96 ns</b>	<b>0,25 ns</b>	<b>76,04 ns</b>

Les cases en gras représentent l'hétérosis supérieur ou égale au parent moyen

+ : hybride statistiquement supérieur aux parents (hétérosis significatif)

ns : non significatif

Tableau 15 : Valeurs de l'hétérosis par rapport au meilleur parent des hybrides F<sub>1</sub>

Croisements	NE/m	PE	PF	P E-F	LCE	EF	BA
Ardente*Carioca	<b>16,89 ns</b>	<b>1,51 ns</b>	-0,97 ns	-13,46 ns	<b>2,56 ns</b>	<b>3,27 ns</b>	<b>53,32 ns</b>
Ardente*Chen's	-13,71 ns	<b>0,00 ns</b>	-1,38 ns	-16,13 ns	<b>10,27 ns</b>	-7,28 ns	<b>33,70 ns</b>
Ardente*GTA dur	33,32 ns	<b>0,00 ns</b>	<b>0,84 ns</b>	<b>13,04 ns</b>	<b>2,87 ns</b>	-1,33 ns	<b>129,75 +</b>
Ardente*Latino	<b>94,57 +</b>	<b>0,00 ns</b>	<b>0,55 ns</b>	<b>22,22 ns</b>	-1,08 ns	<b>2,37 ns</b>	<b>109,35 +</b>
Ardente*Siméto	<b>94,05 +</b>	-1,81 ns	-0,56 ns	<b>30,43 ns</b>	<b>6,95 ns</b>	<b>4,42 ns</b>	<b>1 281,18 +</b>
Carioca*Chen's	<b>1,77 ns</b>	-2,38 ns	<b>0,28 ns</b>	<b>34,62 ns</b>	<b>0,12 ns</b>	<b>0,52 ns</b>	<b>39,29 ns</b>
Carioca*GTA dur	<b>10,35 ns</b>	1,04 ns	-0,14 ns	<b>13,04 ns</b>	<b>2,07 ns</b>	-0,54 ns	<b>13,85 ns</b>
Carioca*Latino	<b>5,66 ns</b>	-2,38 ns	-1,10 ns	<b>15,38 ns</b>	<b>3,40 ns</b>	<b>2,64 ns</b>	<b>27,04 ns</b>
Carioca*Siméto	<b>42,79 ns</b>	2,84 ns	<b>3,36 ns</b>	<b>10,87 ns</b>	<b>3,65 ns</b>	-7,42 ns	<b>53,47 ns</b>
Chen's*GTA dur	<b>40,78 ns</b>	0,60 ns	<b>2,51 ns</b>	<b>47,83 ns</b>	-12,12 ns	-0,78 ns	<b>63,83 ns</b>
Chen's*Latino	<b>189,71 +</b>	+1,04 ns	-1,10 ns	-5,56 ns	-3,15 ns	-0,01 ns	<b>118,12 +</b>
Chen's*Siméto	<b>3,26 ns</b>	<b>0,45 ns</b>	<b>2,52 ns</b>	<b>32,61 ns</b>	<b>0,31 ns</b>	<b>9,90 ns</b>	<b>79,93 ns</b>
GTA dur*Latino	<b>1,44 ns</b>	<b>0,45 ns</b>	<b>1,67 ns</b>	<b>19,57 ns</b>	<b>2,10 ns</b>	<b>7,36 ns</b>	<b>45,40 ns</b>
GTA dur*Siméto	<b>82,94 ns</b>	<b>0,57 ns</b>	-1,00 ns	-21,48 ns	-28,65 ns	-6,70 ns	<b>64,84 ns</b>
Latino*Siméto	<b>73,79 ns</b>	<b>0,75 ns</b>	<b>0,98 ns</b>	<b>26,09 ns</b>	-3,35 ns	-3,44 ns	<b>44,54 ns</b>

**Les cases en gras représentent l'hétérosis supérieur ou égale au meilleur parent**

+ : hybride statistiquement supérieur aux parents (hétérosis significatif)

ns : non significatif

**Tableau 16 : Valeurs de l'hétérosis (économique) par rapport à la meilleure variété**

Croisements	NE/ m	PE	PF	P E-F	LCE	EF	BA
Ardente*Carioca	<b>16,89 ns</b>	1,51 ns	0,42 ns	-2,22 ns	<b>0,03 ns</b>	-2,10 ns	<b>36,67 ns</b>
Ardente*Chen's	-23,74 ns	<b>0,00 ns</b>	<b>0,00 ns</b>	12,99 ns	0,10 ns	-7,28 ns	<b>16,96 ns</b>
Ardente*GTA dur	<b>25,91 ns</b>	1,51 ns	1,40 ns	12,99 ns	0,03 ns	-3,38 ns	<b>100,97 +</b>
Ardente*Latino	<b>71,97 +</b>	0,00 ns	1,96 ns	43,42 ns	-0,01 ns	<b>1,31 ns</b>	<b>83,13 +</b>
Ardente*Siméto	<b>86,21 +</b>	-1,81 ns	-0,56 ns	30,38 ns	<b>0,07 ns</b>	-1,56 ns	<b>219,25 +</b>
Carioca*Chen's	<b>1,77 ns</b>	<b>-0,91 ns</b>	1,68 ns	52,11 ns	<b>-0,02 ns</b>	<b>0,52 ns</b>	<b>24,15 ns</b>
Carioca*GTA dur	<b>10,35 ns</b>	<b>0,45 ns</b>	0,42 ns	12,99 ns	0,02 ns	-2,60 ns	<b>1,48 ns</b>
Carioca*Latino	<b>5,66 ns</b>	-0,91 ns	0,28 ns	30,38 ns	<b>0,02 ns</b>	<b>1,57 ns</b>	<b>13,24 ns</b>
Carioca*Siméto	42,79 ns	73,48 ns	3,36 ns	10,82 ns	-0,02 ns	12,23 ns	<b>53,47 ns</b>
Chen's*GTA dur	<b>32,95 ns</b>	0,91 ns	3,08 ns	47,76 ns	<b>-0,12 ns</b>	0,78 ns	<b>35,15 ns</b>
Chen's*Latino	<b>153,13 +</b>	+0,76 ns	0,56 ns	10,82 ns	-0,05 ns	1,05 ns	<b>79,93 +</b>
Chen's*Siméto	-0,91 ns	<b>1,36 ns</b>	<b>2,52 ns</b>	32,55 ns	<b>-0,02 ns</b>	<b>9,90 +</b>	<b>32,55 ns</b>
GTA dur*Latino	-4,19 ns	1,97 ns	2,24 ns	19,51 ns	0,02 ns	<b>6,25 ns</b>	<b>15,52 ns</b>
GTA dur*Siméto	<b>75,55 ns</b>	<b>1,48 ns</b>	-1,00 ns	-21,51 ns	-0,29 ns	8,63 ns	<b>64,85 ns</b>
Latino*Siméto	<b>66,77 ns</b>	<b>0,15 ns</b>	<b>0,98 ns</b>	26,03 ns	-0,05 ns	4,44 ns	<b>44,55 ns</b>

**Les cases en gras représentent l'hétérosis supérieur ou égale à la meilleure variété**

+ : hybride statistiquement supérieur aux parents (hétérosis significatif)

ns : non significatif

**Tableau 17 : Valeurs de l'hétérosis global (moyenne des hybrides par rapport à la moyenne des variétés)**

Caractères	NEP	PE	PF	P E-F	LCE	EF	BA
HG	<b>52,85</b>	-0,32	-0,01	3,99	<b>1,59</b>	<b>2,17</b>	<b>84,72</b>

**Annexe VI :**

	CSE			CM			F obs.	Sing.	CV (%)
	Génotypes ddi = 70	Biocs ddi = 2	Interaction ddi = 140	Génotypes ddi = 70)	Biocs ddi = 2	Interaction ddi = 140			
NP	117095,765	117095,765	269124,150	1672,797	56141,592	1922,315	0,870	ns	27,59
NE/ m	192165,052	161620,178	378469,822	2745,215	80810,089	2703,356	1,015	ns	21,82
NET	68,752	0,246	104,252	0,982	0,123	0,745	1,319	ns	4,85
NEF	61,809	7,576	112,694	0,883	3,788	0,805	1,097	ns	5,11
NES	12,545	5,443	30,842	0,179	2,722	0,220	0,813	ns	97,97
PMG	2398,833	19,964	3450,392	34,269	9,982	24,646	1,390	ns	11,45
NG E	2366,043	47,128	4519,232	33,801	23,564	32,280	1,047	ns	12,40
RR	5529,147	3976,639	11536,288	78,988	1988,319	82,402	0,959	ns	26,016
RE	14786,418	6521,448	27110,342	211,235	3260,724	193,645	1,091	ns	27,05
BA	3,732	0,785	5,772	0,053	0,392	0,041	1,293	ns	16,69
IR	0,274	0,193	0,664	0,004	0,097	0,005	0,825	ns	8,43
PE	136,310	18,742	270,592	1,947	9,371	1,933	1,007	ns	1,56
PF	204,329	51,164	407,502	2,919	25,582	2,911	1,003	ns	1,80
PE-F	86,479	23,502	201,831	1,235	11,751	1,442	0,857	ns	16,34
HT	885,198	119,791	1536,119	12,646	59,895	10,972	1,153	ns	4,55
LCE	339,482	18,090	668,767	4,850	9,045	4,777	1,015	ns	11,87
LE	9,892	0,973	21,201	0,141	0,487	0,151	0,933	ns	4,91
LB	48,770	0,910	92,286	0,697	0,455	0,659	1,057	ns	6,99

**Tableau18 :** Analyse de la variance des différents caractères étudiés des  $F_3$

**Annexe VII**

Tableau 19 : Classements des moyennes de l'indice de récolte (IR), du nombre de plantes/m<sup>2</sup> (NP/m<sup>2</sup>) et du nombre d'épis/m<sup>2</sup> ( NE/m<sup>2</sup>)

Génotype	IR	Génotype	NP/m2	Génotype	NEP/m2
GTA dur*Ardente BN	0,39	Carioca*Ardente BN	240,67	Siméto*Latino BB	343,00
Carioca*Latino BN	0,38	Chen's*Carioca BB	232,67	Siméto*Latino BN	333,33
Ardente*Latino BN	0,37	Carioca*Ardente BB	211,67	Siméto*GTA dur BN	320,67
Carioca*GTA dur BN	0,35	Siméto*Latino BN	211,67	Siméto*GTA dur BB	319,67
Latino*Chen's BB	0,35	Ardente BN	211,33	Siméto*Chen's BB	311,67
GTA dur*Carioca BB	0,33	GTA dur*Latino BB	210,33	Siméto*Chen's BN	308,33
Siméto*Chen's BB	0,33	Carioca*Latino BB	210,00	Siméto*Carioca BN	305,67
Chen's*Carioca BN	0,32	Chen's*Latino BN	208,67	Siméto*Carioca BB	301,33
Chen's*Latino BN	0,32	Ardente*Carioca BB	206,67	Siméto*Ardente BN	293,67
GTA dur*Latino BB	0,32	Ardente*Siméto BN	206,00	Siméto*Ardente BB	292,67
Ardente*Chen's BB	0,32	Ardente*Latino BN	203,00	Siméto BN	292,00
Ardente*Latino BB	0,32	Carioca*GTA dur BN	199,67	Siméto BB	291,33
Ardente*Siméto BN	0,32	GTA dur*Siméto BN	197,67	Latino*Siméto BN	291,00
Chen's BN	0,32	Siméto*Chen's BB	197,33	Latino*Ardente BB	290,67
Chen's*Ardente BN	0,32	Siméto*GTA dur BN	196,00	Latino*Siméto BB	290,67
Siméto BN	0,32	Chen's BN	194,67	Latino*GTA dur BN	286,33
Siméto*Chen's BN	0,32	Chen's*Carioca BN	193,33	Latino*Chen's BN	285,67
Carioca*Siméto BB	0,32	Latino*GTA dur BN	187,67	Latino*GTA dur BB	285,33
Chen's*Latino BB	0,31	Chen's*GTA dur BB	187,33	Latino*Chen's BB	285,00
Carioca*GTA dur BB	0,31	GTA dur BB	187,33	Latino*Carioca BN	280,00
GTA dur*Carioca BN	0,31	Siméto BB	187,00	Latino*Carioca BB	279,67
Latino*Carioca BB	0,31	Siméto*GTA dur BB	186,67	Latino*Ardente BN	279,00
Siméto BB	0,31	Chen's*Siméto BN	184,67	Latino BB	278,00
Carioca*Latino BB	0,31	Latino BN	184,67	Latino BN	278,00
Chen's*GTA dur BB	0,31	Ardente*Latino BB	184,00	GTA dur*Siméto BN	276,67
Latino*Siméto BN	0,31	Latino*Carioca BB	184,00	GTA dur*Siméto BB	276,00
Chen's*Siméto BB	0,30	Latino*Ardente BB	182,33	GTA dur*Latino BB	275,00
Siméto*Carioca BN	0,30	Siméto*Carioca BN	180,33	GTA dur*Latino BN	275,00
GTA dur*Siméto BB	0,29	Latino*Chen's BB	179,00	GTA dur*Chen's BN	274,67
Ardente*Siméto BB	0,29	Carioca BN	178,67	GTA dur*Chen's BB	274,33
Latino*GTA dur BB	0,29	Siméto*Ardente BB	178,67	GTA dur*Carioca BN	273,00
Carioca*Siméto BN	0,29	Ardente*GTA dur BN	178,00	GTA dur*Carioca BB	271,33
GTA dur*Latino BN	0,29	GTA dur*Chen's BB	178,00	GTA dur*Ardente BN	265,00
Latino*Ardente BB	0,29	Latino*Siméto BN	177,00	GTA dur BN	264,00
Latino*Carioca BN	0,29	Siméto BN	177,00	GTA dur BB	263,00
Latino*GTA dur BN	0,29	Carioca*Siméto BN	175,67	Chen's*Siméto BB	262,67
Carioca*Ardente BN	0,28	GTA dur*Chen's BN	175,00	Chen's*Latino BN	261,33
Carioca*Chen's BN	0,28	Ardente*GTA dur BB	172,00	Chen's*Latino BB	260,33
Ardente BB	0,28	Ardente*Chen's BB	171,33	Chen's*GTA dur BN	259,33
Carioca BN	0,28	Latino*Chen's BN	171,33	Chen's*Siméto BN	257,67
Chen's*GTA dur BN	0,28	GTA dur*Ardente BN	171,00	Chen's*Carioca BN	255,33
GTA dur BN	0,28	GTA dur*Carioca BB	170,33	Chen's*GTA dur BB	255,33

**Tableau 20 : Classements des moyennes du nombre total d'épillets (NET), du nombre d'épillets fertiles (NEF), du nombre d'épillets stériles (NES) et du nombre de grains/épi (NG/EP)**

## ANNEXES

Génotype	NET	Génotype	NEF	Génotype	NES	Génotype	NEF
Ardente*Chen's BN	19,80	GTA dur*Chen's BB	19,30	Ardente*GTAdur BB	1,23	Siméto*Ardente BB	53
Carioca*Latino BN	19,71	Ardente*Chen's BN	19,16	Ardente*Siméto BB	1,15	Carioca*Siméto BN	52
GTA dur*Chen's BB	19,68	GTA dur*Siméto BB	19,10	Siméto*Latino BB	0,90	GTA dur*Siméto BB	51
GTA dur*Siméto BB	19,60	GTA dur*Latino BN	19,09	Ardente*Carioca BB	0,89	Chen's*Latino BB	51
GTA dur*Latino BN	19,59	Carioca*Latino BN	18,90	Ardente*Latino BN	0,87	Chen's*Ardente BB	51
Ardente*Siméto BB	19,37	Chen's*Siméto BB	18,87	Ardente BB	0,82	Latino*Ardente BB	51
Carioca*Siméto BB	19,28	GTA dur*Chen's BN	18,87	Carioca*Latino BN	0,81	Siméto BN	51
Ardente*Carioca BN	19,27	GTA dur*Carioca BN	18,86	Carioca*Latino BB	0,80	Latino*Ardente BN	50
GTA dur*Chen's BN	19,23	Ardente*GTAdur BN	18,77	Carioca*Ardente BN	0,80	Carioca BB	50
Ardente*GTAdur BB	19,20	Carioca*chen's BB	18,70	Siméto BN	0,78	Ardente*Carioca BB	49
Chen's*Siméto BB	19,20	Chen's*GTA dur BN	18,70	Latino*Carioca BB	0,76	GTA dur BN	49
Siméto BN	19,20	Carioca*GTA dur BB	18,68	Latino*Siméto BN	0,74	GTA dur*Carioca BN	49
Carioca*GTA dur BB	19,14	Chen's*Latino BN	18,62	Carioca*Siméto BB	0,72	Carioca*Chen's BN	49
Carioca*Chen's BN	19,10	Latino BB	18,60	Carioca*Chen's BN	0,71	GTA dur*Chen's BB	49
Chen's*Latino BN	19,09	Ardente*Carioca BN	18,57	Carioca BN	0,71	Chen's*Carioca BB	49
Carioca*chen's BB	19,07	Carioca*Siméto BB	18,56	Ardente*Carioca BN	0,70	Chen's*Siméto BB	49
GTA dur*Carioca BN	19,05	Siméto BB	18,54	GTA dur*Carioca BB	0,70	Siméto*Latino BN	49
Carioca*Latino BB	19,02	Latino*GTA dur BB	18,52	Carioca BB	0,67	Latino*Siméto BN	48
Latino*GTA dur BB	19,00	Chen's*Ardente BB	18,50	Ardente*Chen's BN	0,64	Latino*GTA dur BB	48
Carioca*Siméto BN	18,97	Chen's*GTA dur BB	18,48	Ardente*Chen's BB	0,60	Ardente*Carioca BN	48
Ardente*GTAdur BN	18,93	Latino*Ardente BN	18,47	Ardente*Latino BB	0,57	Latino*Chen's BB	48
Ardente BB	18,90	Siméto*GTA dur BN	18,47	GTA dur*Ardente BN	0,57	Chen's*Latino BN	48
Chen's*GTA dur BB	18,90	Siméto BN	18,42	Latino*GTA dur BN	0,56	Carioca*Latino BB	47
Carioca*Ardente BN	18,87	Carioca*Siméto BN	18,42	Chen's BN	0,56	Carioca*Ardente BN	47
Latino*Ardente BN	18,87	GTA dur*Latino BB	18,40	Chen's BB	0,55	Chen's*GTA dur BB	47
Chen's*Ardente BB	18,87	Carioca*Chen's BN	18,39	Carioca*Siméto BN	0,55	Siméto*Ardente BN	47
Ardente*Carioca BB	18,83	GTA dur BN	18,30	Latino*Chen's BB	0,54	Carioca BN	46
Chen's*GTA dur BN	18,80	Chen's*Carioca BB	18,27	Latino*Carioca BN	0,53	Chen's*Carioca BN	46
Chen's BN	18,79	Chen's BN	18,23	Siméto*Carioca BB	0,53	GTA dur*Ardente BN	46
GTA dur*Latino BB	18,77	Carioca*Latino BB	18,22	Ardente*Siméto BN	0,52	GTA dur BB	46
Carioca BB	18,76	Latino*Siméto BB	18,21	GTA dur BB	0,52	Latino*GTA dur BN	46
Latino BB	18,73	Ardente*Siméto BB	18,21	GTA dur*Siméto BB	0,50	Ardente*GTAdur BN	46
Latino*GTA dur BN	18,70	Latino*GTA dur BN	18,13	GTA dur*Latino BN	0,49	Latino BB	46
Siméto*GTA dur BN	18,67	Carioca BB	18,09	Chen's*Latino BB	0,49	Siméto*Carioca BN	46
Ardente*Chen's BB	18,63	Ardente BB	18,08	Siméto*Chen's BB	0,48	Siméto*GTA dur BB	46
GTA dur BN	18,63	Chen's*Latino BB	18,07	Latino*GTA dur BB	0,48	Chen's*GTA dur BN	46
Siméto BB	18,61	Carioca*Ardente BN	18,07	Chen's*Latino BN	0,47	Carioca*Siméto BB	45
Chen's*Latino BB	18,57	Latino*Chen's BN	18,03	Latino BN	0,47	GTA dur*Siméto BN	45
GTA dur*Carioca BB	18,57	Ardente*Chen's BB	18,03	Carioca*GTA dur BB	0,46	Ardente*Latino BB	45
GTA dur*Ardente BN	18,55	Siméto*GTA dur BB	18,02	Carioca*Ardente BB	0,44	Carioca*Ardente BB	45
Chen's*Carioca BB	18,53	Latino*Carioca BN	18,00	Chen's*GTA dur BB	0,42	Siméto*Chen's BB	45
Siméto*Latino BB	18,53	GTA dur*Ardente BN	17,98	Latino*Ardente BN	0,40	Chen's BN	45
Latino*Carioca BN	18,53	Ardente*GTAdur BB	17,97	Latino*Ardente BB	0,39	Ardente*Chen's BN	45
Latino*Siméto BB	18,52	Siméto*Chen's BN	17,97	GTA dur*Chen's BB	0,38	Carioca*GTA dur	45

Tableau 21 : Classements des moyennes du poids de 1000 grains (PMG), du rendement en grain estimé (RE) et réel (RR) et de la biomasse aérienne (BA)

## ANNEXES

Génotype	PMG	Variété	RE	Génotype	RR	Génotype	BA
Latino*Chen's BN	57,67	Siméto*Ardente BB	87,98	Carioca*Latino BN	53,23	Chen's*GTA dur BN	16
Carioca*Siméto BB	53,43	Latino*GTA dur BB	73,47	Ardente*Latino BN	51,33	Latino*Ardente BN	15
Carioca*GTA dur BB	52,10	Chen's*GTA dur BN	70,13	Carioca*GTA dur BB	46,87	Siméto*Ardente BB	15
Ardente*GTAdur BB	51,83	Latino*Chen's BB	67,46	GTA dur*Ardente BN	46,87	Carioca BB	15
GTA dur BB	51,17	Ardente*GTAdur BN	65,82	Siméto*Chen's BB	46,40	Ardente*Chen's BN	15
Chen's*Ardente BN	51,07	Carioca*Ardente BN	64,89	Chen's*Ardente BN	46,07	Carioca*GTA dur BB	15
Ardente*GTAdur BN	50,80	Chen's*Carioca BN	64,82	Chen's*GTA dur BN	45,60	Latino*Siméto BB	14
Latino*Carioca BN	50,37	Chen's*Latino BB	64,57	Latino*Carioca BB	45,40	Latino*Carioca BB	14
Latino*Siméto BB	49,86	Chen's*GTA dur BB	64,28	Latino*Chen's BB	45,13	Ardente BN	14
Ardente*Chen's BN	49,80	Carioca*Siméto BB	63,82	Ardente*Latino BB	44,20	Chen's*Ardente BN	14
GTA dur*Latino BB	49,20	Carioca*GTA dur BB	63,59	Ardente*Siméto BN	43,27	Siméto*Carioca BB	14
Carioca BB	49,07	Chen's BN	63,50	Chen's BN	43,07	Ardente*Latino BB	14
Latino*GTA dur BB	48,87	Siméto*GTA dur BB	63,24	Siméto*Ardente BB	43,07	Siméto*GTA dur BN	14
Latino BN	48,80	Siméto*Chen's BB	63,05	Chen's*GTA dur BB	42,60	Carioca*Latino BN	14
Chen's*Carioca BB	48,63	GTA dur*Siméto BB	62,59	Carioca*Siméto BB	42,43	Siméto*GTA dur BB	14
Carioca BN	48,43	Siméto BB	60,98	Siméto BB	41,93	GTA dur*Latino BN	14
Chen's*Carioca BN	48,30	Carioca*Chen's BN	60,67	Carioca BB	41,73	GTA dur BB	14
Siméto*Ardente BB	48,27	Latino*Chen's BN	60,16	Carioca*GTA dur BN	41,67	Chen's*Ardente BB	14
Latino*Ardente BB	48,07	Siméto*Carioca BN	60,14	Carioca*Latino BB	41,63	GTA dur*Chen's BN	13
Ardente*Carioca BB	48,00	Siméto BN	60,04	GTA dur*Latino BN	41,33	Ardente*Latino BN	13
Chen's*Latino BB	47,73	Chen's*Siméto BB	59,78	Ardente*Siméto BB	41,20	Carioca*Siméto BN	13
Chen's*Siméto BN	47,57	Latino*Carioca BB	59,78	Ardente*Chen's BB	40,67	Siméto*Chen's BB	13
Chen's*GTA dur BB	47,23	Latino*Siméto BN	59,69	GTA dur*Carioca BN	40,33	Ardente*Siméto BB	13
Siméto BB	46,80	GTA dur*Ardente BN	59,48	Chen's*Latino BB	40,07	Ardente*GTAdur BN	13
Siméto*Chen's BB	46,70	Carioca*Siméto BN	59,24	Carioca*Chen's BN	39,87	Carioca*Chen's BN	13
Chen's*Ardente BB	46,63	Chen's*Carioca BB	58,80	Chen's*Siméto BB	39,73	Siméto*Latino BN	13
GTA dur*Siméto BB	46,60	GTA dur*Latino BB	58,74	Latino*Siméto BN	39,60	Ardente*Carioca BB	13
Ardente*Siméto BB	46,43	Latino*Ardente BB	58,61	Carioca*Siméto BN	39,27	Latino*GTA dur BB	13
GTA dur*Carioca BN	46,43	GTA dur BB	58,52	Chen's*Carioca BN	39,27	Carioca*Ardente BB	13
Ardente*Latino BB	46,40	Chen's*Siméto BN	58,10	Latino*GTA dur BN	39,27	Latino*GTA dur BN	13
Siméto*GTA dur BN	46,20	Chen's*Latino BN	57,95	Siméto BN	39,13	Latino*Chen's BN	13
GTA dur*Carioca BB	45,97	Ardente*Siméto BB	57,34	Siméto*GTA dur BB	38,87	Carioca*Siméto BB	13
Chen's*GTA dur BN	45,93	Carioca BB	57,31	Siméto*Latino BB	38,67	Siméto*Latino BB	13
Latino*Carioca BB	45,87	GTA dur*Carioca BN	57,26	GTA dur*Chen's BN	38,40	Ardente*Siméto BN	13
Ardente BN	45,70	Siméto*GTA dur BN	57,24	Siméto*Carioca BN	38,13	Latino BN	13
Latino*GTA dur BN	45,50	Ardente*Chen's BN	56,41	GTA dur BB	38,07	Chen's BN	13
GTA dur*Ardente BN	45,23	GTA dur BN	55,94	Siméto*Chen's BN	37,87	Siméto BB	13
Siméto*Carioca BN	45,23	Siméto*Chen's BN	55,94	Ardente*Carioca BB	37,73	Chen's*GTA dur BB	13
Chen's*Latino BN	44,97	Ardente*Carioca BB	55,58	Ardente*GTAdur BN	37,33	Carioca*Latino BB	13
GTA dur BN	44,93	Carioca*Latino BN	54,58	Chen's*Latino BN	36,80	Chen's*Siméto BB	13
Siméto*Chen's BN	44,90	Siméto*Ardente BN	54,41	Siméto*Carioca BB	36,80	Chen's BB	13
Carioca*Latino BB	44,87	Latino*GTA dur BN	54,30	Siméto*Latino BN	36,73	Chen's*Siméto BN	12
Ardente*Chen's BB	44,84	Carioca*Latino BB	53,96	Chen's*Siméto BN	36,27	Siméto BN	12

Tableau 22 : Classements des moyennes du nombre de jours nécessaires à l'épiaison (PE) et à la floraison (PF) et de la durée épiaison-floraison (P E-F)

Génotype	PE	Génotype	PF	Génotype	PEP-F
Carioca*GTA dur BB	92,33	Siméto*Carioca BB	100,67	Siméto*Latino BB	10,33
Carioca BB	92,00	GTA dur*Latino BB	99,67	Chen's*Latino BB	9,33
Latino*GTA dur BN	92,00	Latino BB	99,67	Latino*Ardente BB	9,00
Siméto*Carioca BB	92,00	Latino*Chen's BB	99,67	Latino*GTA dur BB	9,00
Ardente BB	91,67	Carioca*GTA dur BB	99,33	Carioca BN	8,67
Ardente*Carioca BB	91,67	Chen's BN	99,33	GTA dur*Latino BB	8,67
GTA dur*Carioca BB	91,67	Chen's*Ardente BB	99,33	Latino*Carioca BN	8,67
GTA dur*Chen's BB	91,67	GTA dur*Carioca BN	99,33	Siméto*Carioca BB	8,67
Latino BB	91,67	GTA dur*Chen's BN	99,33	Chen's BN	8,67
Latino*Ardente BN	91,67	Latino*Ardente BN	99,33	GTA dur*Siméto BB	8,33
Carioca*chen's BB	91,33	Carioca BB	99,00	Ardente BN	8,33
Carioca*Siméto BN	91,33	Carioca*Latino BB	99,00	GTA dur*Chen's BN	8,33
Chen's*Ardente BB	91,33	Chen's*GTA dur BN	99,00	Ardente*Chen's BN	8,00
Chen's*GTA dur BN	91,33	Latino*GTA dur BN	99,00	Ardente*GTAdur BB	8,00
GTA dur BB	91,33	Ardente BB	98,67	Ardente*Siméto BB	8,00
GTA dur*Carioca BN	91,33	Ardente*GTAdur BB	98,67	Carioca*Latino BB	8,00
Siméto*Latino BN	91,33	GTA dur BN	98,67	Chen's*Ardente BB	8,00
Ardente*Carioca BN	91,00	GTA dur*Carioca BB	98,67	GTA dur BN	8,00
Ardente*Siméto BN	91,00	GTA dur*Siméto BB	98,67	GTA dur*Ardente BN	8,00
Carioca*Latino BB	91,00	Siméto*Latino BN	98,67	GTA dur*Carioca BN	8,00
Carioca*Latino BN	91,00	Ardente*Carioca BB	98,33	GTA dur*Siméto BN	8,00
GTA dur*Chen's BN	91,00	Ardente*Carioca BN	98,33	Latino BB	8,00
GTA dur*Latino BB	91,00	Ardente*Siméto BN	98,33	Siméto*Ardente BN	8,00
Latino*Carioca BN	91,00	Carioca*Ardente BB	98,33	Siméto*Chen's BB	8,00
Siméto BB	91,00	Carioca*chen's BB	98,33	Siméto*GTA dur BN	8,00
Siméto*Ardente BB	91,00	Carioca*Siméto BN	98,33	Ardente*GTAdur BN	7,67
Ardente*GTAdur BB	90,67	Carioca*Siméto BB	98,33	Carioca*Ardente BN	7,67
Ardente*Latino BB	90,67	GTA dur*Ardente BN	98,33	Carioca*Ardente BB	7,67
Carioca*Ardente BB	90,67	GTA dur*Chen's BB	98,33	Carioca*Siméto BN	7,67
Carioca*Siméto BB	90,67	Latino*Siméto BB	98,33	Latino*Siméto BB	7,67
Chen's BN	90,67	Siméto*Ardente BB	98,33	Ardente*Latino BN	7,33
Chen's*Carioca BB	90,67	Ardente*Chen's BN	98,00	Chen's*Latino BN	7,33
Chen's*Siméto BN	90,67	Ardente*GTAdur BN	98,00	Chen's*Siméto BB	7,33
GTA dur BN	90,67	Ardente*Siméto BB	98,00	Latino*Carioca BB	7,33
Latino*Chen's BB	90,67	Carioca BN	98,00	Ardente*Carioca BN	7,33
Latino*Chen's BN	90,67	Carioca*Latino BN	98,00	Ardente*Chen's BB	7,33
Latino*Siméto BB	90,67	GTA dur BB	98,00	Ardente*Siméto BN	7,33
Siméto*Carioca BN	90,67	GTA dur*Siméto BN	98,00	GTA dur*Latino BN	7,33
Siméto*Chen's BN	90,67	Latino*Ardente BB	98,00	Siméto*Ardente BB	7,33
Siméto*GTA dur BB	90,67	Siméto BB	98,00	Ardente BB	7,00

Tableau 23 : Classement des moyennes de la hauteur de la tige (HT), de la longueur du col de l'épi (CLE), de la longueur de l'épi (LE) et des barbes (LB)

## ANNEXES

Génotype	HT	Génotype	CLE	Génotype	LE	Génotype	LB
Chen's*GTA dur BN	80,09	Chen's*Siméto BB	22,90	Ardente*GTAdur BB	8,36	GTA dur*Carioca BN	13,
Siméto*Ardente BB	79,90	Carioca*Siméto BB	21,48	Carioca*chen's BB	8,28	Ardente*Chen's BN	12,
Carioca*GTA dur BN	79,69	Chen's*Carioca BN	21,34	GTA dur*Chen's BB	8,28	Siméto*Ardente BB	12,
Chen's*Ardente BB	79,37	Ardente*Chen's BB	20,47	Ardente*Chen's BN	8,26	Chen's*Ardente BN	12,
Latino*Chen's BN	78,97	GTA dur*Latino BB	20,30	Latino*GTA dur BN	8,23	Carioca*chen's BB	12,
Siméto*Carioca BN	78,97	GTA dur*Latino BN	20,14	GTA dur*Carioca BN	8,22	GTA dur BN	12,
Latino*Siméto BB	78,95	Latino*GTA dur BN	20,05	GTA dur*Latino BB	8,22	GTA dur*Carioca BB	12,
Ardente*Carioca BN	78,90	Chen's*GTA dur BN	19,96	Carioca*Siméto BN	8,20	Carioca*GTA dur BN	12,
GTA dur*Ardente BN	78,63	Chen's*Ardente BB	19,90	Latino*Carioca BB	8,20	GTA dur*Chen's BB	12,
Latino*Ardente BN	78,62	Siméto*Ardente BB	19,87	Carioca*Siméto BB	8,19	Ardente*Latino BN	12,
Carioca*Siméto BB	78,34	GTA dur*Siméto BB	19,80	Carioca*Chen's BN	8,19	Ardente*GTAdur BB	12,
Latino*GTA dur BN	78,31	GTA dur*Ardente BN	19,76	Chen's*Latino BN	8,13	Chen's*Carioca BN	12,
Latino*Siméto BN	78,26	Siméto BN	19,70	Carioca*Latino BN	8,12	Latino*GTA dur BB	12,
GTA dur*Carioca BB	78,14	Chen's*Carioca BB	19,64	GTA dur*Latino BN	8,11	Ardente BB	12,
GTA dur*Latino BB	77,99	Ardente*Carioca BN	19,52	Ardente*Carioca BB	8,10	Ardente*Siméto BN	12,
GTA dur BB	77,90	Latino*Siméto BN	19,48	GTA dur*Siméto BB	8,10	Chen's*Siméto BB	12,
Latino BB	77,78	GTA dur*Chen's BB	19,36	Chen's*GTA dur BB	8,10	Latino BN	12,
GTA dur*Latino BN	77,71	Carioca*Ardente BB	19,30	GTA dur*Chen's BN	8,07	Latino*Ardente BN	12,
Ardente*Siméto BN	77,33	GTA dur*Carioca BB	19,30	Carioca*Latino BB	8,05	GTA dur*Chen's BN	11,
GTA dur BN	77,32	Latino*Ardente BB	19,23	Chen's*GTA dur BN	8,04	Siméto*Chen's BN	11,
Siméto*GTA dur BN	77,07	Ardente*Carioca BB	19,08	Latino BB	8,03	Ardente*Carioca BB	11,
Ardente*GTAdur BN	77,06	Chen's*Siméto BN	19,07	Ardente BB	8,03	Latino*Chen's BN	11,
GTA dur*Siméto BN	76,95	Siméto*Carioca BB	19,07	GTA dur*Carioca BB	8,03	Siméto*Latino BB	11,
Ardente*Chen's BB	76,94	GTA dur*Ardente BB	18,97	Ardente*GTAdur BN	8,02	Siméto*Carioca BB	11,
Siméto BB	76,90	Siméto BB	18,82	Carioca*Ardente BN	8,02	Siméto*Latino BN	11,
GTA dur*Siméto BB	76,88	Carioca BB	18,80	GTA dur BB	8,02	GTA dur BB	11,
Carioca*GTA dur BB	76,85	Latino*Carioca BN	18,78	Ardente*Siméto BN	8,01	Carioca*GTA dur BB	11,
Chen's*Siméto BB	76,68	Latino*Ardente BN	18,69	Ardente*Carioca BN	8,00	Chen's*Siméto BN	11,
Siméto*Chen's BN	76,66	Siméto*Chen's BB	18,68	Chen's*Carioca BB	7,99	Latino*Chen's BB	11,
Chen's*Carioca BB	76,58	Siméto*Carioca BN	18,62	Chen's*Latino BB	7,97	Latino*Carioca BB	11,
Latino*Ardente BB	76,47	Carioca*GTA dur BB	18,58	Ardente*Chen's BB	7,96	Chen's*GTA dur BN	11,
GTA dur*Chen's BB	76,41	Siméto*Latino BN	18,58	Siméto*Latino BN	7,96	Siméto*Ardente BN	11,
Ardente*Chen's BN	76,39	Chen's*Latino BN	18,50	Chen's*Ardente BB	7,95	Chen's*Ardente BB	11,
Carioca*Ardente BB	76,37	Siméto*GTA dur BN	18,50	Siméto*Carioca BB	7,95	Siméto*Carioca BN	11,
Latino*Carioca BB	76,30	Carioca*Chen's BN	18,45	Siméto*Chen's BN	7,95	Chen's*Latino BN	11,
Ardente*Latino BB	76,25	Chen's*GTA dur BB	18,43	Siméto*Latino BB	7,94	Latino*GTA dur BN	11,
Siméto BN	76,12	Latino*Carioca BB	18,43	Latino*Chen's BN	7,93	Carioca*Siméto BB	11,
Chen's BN	76,11	Ardente*GTAdur BN	18,36	Ardente*Latino BN	7,91	Chen's*GTA dur BB	11,
Chen's*GTA dur BB	76,10	Ardente BN	18,35	Latino*Carioca BN	7,91	Ardente*Carioca BN	11,
Siméto*Chen's BB	76,07	Chen's*Latino BB	18,33	Ardente BN	7,90	Latino*Siméto BB	11,
Chen's*Latino BB	75,69	GTA dur*Siméto BN	18,32	Chen's*Siméto BB	7,90	Ardente*GTAdur BN	11,
GTA dur*Carioca BN	75,69	Siméto*Chen's BN	18,32	Carioca*GTA dur	7,89	Siméto*Chen's BB	11,

**Annexe VIII :**

**Tableau 24 : Corrélations**

	NP/m2	NE/m2	PE	PF	HT (cm)	LCE (cm)	LE (cm)	LB (cm)	NET	NEF	NES	NG/EP
NP/m2	<b>1,000</b>											
NEP/m2	0,296	<b>1,000</b>										
PE	<b>-0,415</b>	-0,147	<b>1,000</b>									
PF	<b>-0,312</b>	<b>-0,243</b>	<b>0,253</b>	<b>1,000</b>								
HT (cm)	-0,011	0,109	0,222	0,173	<b>1,000</b>							
LCE (cm)	<b>0,033</b>	0,008	<b>0,257</b>	0,119	<b>0,487</b>	<b>1,000</b>						
LE (cm)	-0,168	<b>-0,249</b>	0,043	0,292	-0,038	0,139	<b>1,000</b>					
LB (cm)	-0,194	-0,065	0,107	0,105	0,072	0,064	0,133	<b>1,000</b>				
NET	<b>-0,316</b>	-0,049	0,031	<b>0,282</b>	-0,009	-0,027	<b>0,692</b>	0,000	<b>1,000</b>			
NEF	<b>-0,328</b>	0,014	0,085	<b>0,259</b>	0,128	0,046	<b>0,609</b>	0,041	<b>0,906</b>	<b>1,000</b>		
NES	-0,006	-0,144	-0,118	0,080	<b>-0,310</b>	-0,166	<b>0,266</b>	-0,086	<b>0,327</b>	-0,104	<b>1,000</b>	
NG/EP	0,057	0,087	-0,024	0,089	<b>0,395</b>	<b>0,253</b>	0,109	0,062	0,147	0,173	-0,045	<b>1,000</b>
PMG(g)	-0,095	-0,116	0,117	0,173	0,140	0,170	0,054	0,202	0,011	0,028	-0,041	-0,001
RE (q/ha)	0,213	<b>0,764</b>	-0,103	-0,066	<b>0,315</b>	0,208	-0,121	0,091	0,007	0,073	-0,148	<b>0,491</b>
RR ( q/ha)	0,014	<b>0,548</b>	0,137	-0,190	-0,059	-0,045	-0,188	-0,050	0,044	-0,007	0,128	-0,001
BA (q/ha)	-0,164	<b>0,267</b>	0,203	-0,053	0,015	0,040	-0,147	-0,017	0,054	0,091	-0,075	-0,001
IR	0,160	<b>0,412</b>	-0,006	-0,183	-0,042	-0,035	-0,102	-0,073	0,002	-0,079	0,188	-0,001

Seuil de signification (0,05) = 0,231 Seuil de signification (0,01) = 0,317 Seuil de signification (0,001) = 0,379