

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
المدرسة الوطنية العليا للفلاحة
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE (ENSA)
الحراش – الجزائر
EL HARRACH - ALGER

THESE

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE DOCTORAT
EN SCIENCES AGRONOMIQUES

Option : Production végétale

THEME

**ETUDE DU COMPORTEMENT DE VARIETES DE BLE TENDRE
(*Triticum aestivum* L.) DE LA RÉGION DE TOUAT (WILAYA
D'ADRAR) –CROISEMENTS AVEC DES VARIETES
INTRODUITES ET RECHERCHES SUR LES DESCENDANCES.**

**Présentée par :
Abdelmadjid BOULGHEB**

Devant le jury :

Président	Mr. CHABACA N.	Prof. ENSA
Directeur de thèse	Mr. REGUIEG L.	Prof. ENSA
Co-directeur de thèse	Mr. AISSAT A.	MCA Uni. Blida
Examineur	Mme. MEKLIICHE L.	Prof. ENSA
Examineur	Mr. BENMOUSSA M.	Prof. Uni. Blida
Examineur	Mr. M'HAMMEDI-BOUZINA M.	Prof. Uni. Chlef

SOUTENUE LE **09/03/2017**

Table des matières

Introduction.....	1
CHAPITRE I : Synthèse bibliographique	5
1.1 Généralités sur l'espèce blé tendre (<i>Triticum aestivum</i> L.).....	5
1.1.1 En Algérie	7
1.1.2 Intérêt des populations et variétés locales	8
1-2 Sélection du blé tendre.....	8
1.2.1 Gain génétique et héritabilité	8
1.2.2 Germoplasmes.....	9
1.2.3 Sélection pour l'amélioration de l'adaptation et la résistance de la culture.....	10
1.2.3.1 Variétés naines et résistance à la verse.....	11
1.2.3.2 Sélection à la sécheresse	11
1.2.4 Rendement et ses composantes.....	11
1.2.4.1 Rendement et hétérosis	14
1.2.4.2 Talles par plante	15
1.2.4.3 Nombre de grains par épi.....	16
1.2.4.4 Nombre d'épillets par épi.....	17
1.2.4.5 Poids de mille grains (PMG)	18
1.2.5 Caractères agronomiques.....	19
1.2.5.1 Hauteur de la tige et indice de récolte.....	19
1.2.5.2 Longueur de l'épi.....	21
1.2.5.3 Densité de l'épi	21
1.2.5.4 Forme du grain.....	22
1.2.5.5 Couleur du feuillage et caractère de retard à la sénescence	22
1.2.5.6 Feuille fanion.....	22
1.2.5.7 Précocité	23
1.2.5.8 Période de remplissage du grain.....	26
1.2.6 Sélection pour améliorer la résistance aux stress biotiques et abiotiques.....	26
1.2.6.1 Pubescence.....	29
1.2.6.2 Barbe	30
1.2.7 Réponse globale de la plante à la sélection	33
1.3 Divers stades du blé tendre et échelles de développement.....	34
1.3.1 Germination et levée.....	34
1.3.2 Stade plantule.....	35
1.3.3 Développement des feuilles et des talles.....	35
1.3.4 Montaison.....	35
1.3.4.1 Apparition de la feuille étendard.....	36
1.3.5 Stade gonflement.....	36
1.3.5.1 Racines adventives.....	36
1.3.5.2 Ajustement osmotique.....	37
1.3.5.3 Système racinaire et son efficacité dans l'utilisation de l'eau.....	37
1.3.5.4 Initiation de l'épi.....	37
1.3.6 Epiaison.....	38
1.3.6.1 Importance de la durée de croissance de l'épi.....	38
1.3.7 Floraison et sortie des anthères.....	38
1.3.8 Anthèse.....	39
1.3.8.1 Eclatement de l'anthère.....	39
1.3.9 Principaux stades de développement du grain.....	40
1.3.9.1 Stade grains laitoux.....	40
1.3.9.2 Stade grains pâteux mous.....	40
1.3.9.3 Stade grains pâteux durs.....	40
1.3.9.4 Stade grains durs.....	40
1.3.9.5 Stade de maturité pour le stockage.....	41
1.4 Sélection assistée par des marqueurs.....	41
1.4.1 Marqueurs RFLP (Polymorphisme de Longueur des Fragments de Restriction).....	41
1.4.2 Marqueurs de type PCR.....	41
1.4.2.1 Microsatellites ou SSR (Simple Sequence Repeat):.....	42

1.4.2.2	Technique A F L P (Amplified Fragment Length Polymorphism).....	42
1.4.2.3	Technique RAPD (Randomly Amplified Polymorphic DNA).....	42
CHAPITRE II :	Partie expérimentale.....	44
2.1	Etude du milieu.....	44
2.1.1	Climat.....	44
2.1.2	Sol.....	44
2.1.2.1	Propriétés du sol.....	44
2.1.3	Eau d'irrigation.....	44
2.2.	Matériel végétal, dispositif expérimental et itinéraire technique.....	44
2.2.1	Matériel végétal.....	45
2.2.1.1	Variétés utilisées.....	45
2.2.1.1.1	Variétés locales.....	45
2.2.1.1.2	Variétés introduites.....	46
2.2.2	Dispositif expérimental.....	46
2.2.2.1	Localisation et identification du site de l'essai.....	47
2.2.2.2	Méthode expérimentale.....	48
2.2.3	Itinéraire technique.....	48
2.2.3.1	Irrigation.....	48
2.2.3.2	Travail du sol.....	49
2.2.3.3	Fertilisation.....	49
2.2.3.4	Semis.....	49
2.2.3.5	Désherbage.....	49
2.2.3.6	Récolte.....	50
2.3	Analyses des données.....	50
2.3.1	Valeurs propres parentales et degré d'expression de l'hétérosis.....	51
2.3.2	Distance phénotypique.....	52
2.3.3	Degré de ressemblance entre apparentés.....	52
2.3.4	Coefficients de variation phénotypique (CVp) et génotypique (CVg), héritabilité au sens large (h^2 bs) et gain génétique.....	52
2.3.5	Coefficient d'héritabilité au sens étroit (h^2).....	54
2.3.6	Etude de l'efficacité de la sélection précoce.....	54
CHAPITRE III :	Résultats et discussions.....	56
3.1	Etude du milieu.....	56
3.1.1	Climat.....	56
3.1.1.1	Pluviométrie.....	56
3.1.1.2	Température.....	56
3.1.1.3	Humidité de l'air.....	57
3.1.1.4	Vent.....	57
3.1.1.5	Evaporation.....	58
3.1.2	Propriétés agronomiques du sol.....	58
3.1.2.1	Propriétés physiques.....	58
3.1.2.2	Propriétés chimiques.....	58
3.1.2.2.1	Bases échangeables.....	59
3.1.2.2.2	pH du sol.....	59
3.1.2.2.3	Conductivité électrique.....	59
3.1.2.2.4	Capacité d'échange cationique du sol.....	59
3.1.2.2.5	Matière organique.....	60
3.1.2.2.6	Salinité.....	60
3.1.3	Eau d'irrigation.....	60
3.1.3.1	Composition chimique de l'eau d'irrigation.....	60
3.2.	Etude des lignées parentales et des générations.....	60
3.2.1.	Etude des lignées parentales et des hybrides F1.....	60
3.2.1.1	Valeurs propres parentales et degré d'expression de l'hétérosis H1.....	60
3.2.1.2	Analyse des liaisons inter-caractères.....	73
3.2.1.3	Degré de ressemblance entre apparentés.....	76
3.2.2	Etude de F2.....	78

3.2.2.1 Analyse de la variabilité phénotypique.....	78
3.2.2.2 Caractères phéno-morphologiques.....	78
3.2.2.2.1 Longueur de l'épi.....	79
3.2.2.2.2 Densité de l'épi.....	80
3.2.2.2.3 Hauteur de la tige.....	81
3.2.2.2.4 Précocité à l'épiaison.....	82
3.2.2.2.5 Précocité à la floraison.....	82
3.2.2.3 Caractères de l'épi et composantes du rendement.....	83
3.2.2.3.1 Nombre total d'épillets par épi.....	84
3.2.2.3.2 Nombre épillets stériles par épi.....	85
3.2.2.3.3 Nombre épillets fertiles par épi.....	85
3.2.2.3.4 Capacité de tallage herbacé par plante.....	86
3.2.2.3.5 Capacité de talles épis par plante.....	87
3.2.2.3.6 Nombre de grains par épi.....	88
3.2.2.3.7 Nombre de grains par épillet.....	88
3.2.2.3.8 Nombre de grains par plante.....	89
3.2.2.4 Variations phénotypique et génotypique, héritabilité et gain génétique.....	89
3.2.2.4.1 Coefficient de variation phénotypique.....	89
3.2.2.4.2 Coefficient de variation génotypique.....	91
3.2.2.4.3 Coefficient de déterminisme génétique au sens large (h^2bs).....	95
3.2.2.4.4 Gain génétique attendu en sélection.....	97
3.2.2.5 Liaisons inter caractères.....	99
3.2.2.6 L'analyse en composantes principales (ACP).....	101
3.2.2.6.1 Valeurs propres et détection numérique du nombre « q » de facteurs à retenir.....	102
3.2.2.6.2 Contributions des croisements exprimés (%) aux composantes.....	103
3.2.2.6.3 Contributions des caractères à la construction des axes ($ C_{ik} $).....	103
3.2.2.6.4 Caractérisation des facteurs à l'aide des caractères chez les axes 1 et 2.....	104
3.2.2.6.5 Interprétation des axes orthogonaux 1 et 2.....	105
3.2.2.6.6 Interprétation des axes 1 et 3.....	106
3.2.2.6.7 Interprétation des axes 1 et 4.....	107
3.2.3 Etude de F3.....	110
3.2.3.1 Analyse de la variabilité phénotypique.....	110
3.2.3.2 Caractères morphologiques de l'épi et capacité de tallage et de talles épis.....	110
3.2.3.3 Variations phénotypique et génotypique, héritabilité et gain génétique.....	113
3.2.3.3.1 Coefficient de variation phénotypique.....	113
3.2.3.3.2 Coefficient de variation génotypique.....	114
3.2.3.3.3 Coefficient de déterminisme génétique au sens large ($h^2 bs$).....	114
3.2.3.3.4 Gain génétique attendu en sélection.....	115
3.2.3.4 Liaisons inter caractères.....	116
3.2.3.5 Degré de ressemblance entre apparentés.....	116
3.2.3.6 Héritabilité au sens étroit (h^2).....	117
3.2.4 Etude de F4.....	117
3.2.4.1 Analyse de la variabilité phénotypique.....	117
3.2.4.2 Caractères morphologiques de l'épi et capacité de tallage et de talles épis.....	118
3.2.4.3 Variations phénotypique et génotypique, héritabilité et gain génétique.....	121
3.2.4.3.1 Coefficient de variation phénotypique.....	121
3.2.4.3.2 Coefficient de variation génotypique.....	122
3.2.4.3.3 Coefficient de déterminisme génétique au sens large (h^2bs).....	122
3.2.4.3.4 Gain génétique attendu en sélection.....	123
3.2.4.5 Etude de l'efficacité de la sélection.....	123
3.2.4.5.1 Réponse des divers caractères à la sélection.....	123
3.2.4.5.2 Effet moyen génération, génotype et interaction Génotype x Génération.....	124
Conclusion générale et perspectives.....	127
Références bibliographiques.....	130
Annexes	

A la mémoire de mon père Tayeb

A ma mère et toute ma famille

A ma femme

A Anis, Hana, Amira et Houssam

A tous mes amis.

Remerciements

Mes sincères remerciements aux Messieurs : **REGUIEG L.** et **AISSATA.** pour leurs infatigables et capacités de supervision, support, encouragement et obligeance critique à travers cette étude.

Ma gratitude s'adresse également à **Mme. MEKLIHE L.** et aux Messieurs: **CHABACA N., BENMOUSSA M. et M'HAMMEDI-BOUZINA M.** qui ont accepté d'examiner avec patience cette thèse.

Je suis aussi reconnaissant à ma femme et mes enfants qui ont été à mon côté, pour leur patience et leur souffrance.

Je voudrais étendre mes vifs remerciements aux cadres techniques de la station INRAA-Adrar, du laboratoire ITGC pour l'appui logistique et technique apporté.

Je voudrais aussi adresser mes remerciements aux Messieurs: **KOUHILI Med** et **ABDI Djilali**; enseignants (Département Math-informatique et sciences-technologies à université d'Adrar pour l'appui apporté aux traitements statistiques.

A tous mes collègues de la station ITDAS (Sbaa-Adrar) particulièrement le chef de la station **M. KIHAL Abdellatif.**

Sur le terrain je ne saurais oublier l'aide dont j'ai bénéficié à la fois ; au niveau de la Station régionale de l'INRAA et de la ferme de l'ITDAS.

Tous ceux et celles qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Enfin, que dieu bénisse l'Institut National Agronomique d'El Harrach pour son excellente qualité de formation, d'étude, ses réussites et pour le peuple de cette belle nation Algérienne.

Liste des tableaux

Ordre	Titre
Tableau 1	Principales caractéristiques agronomiques et technologiques des variétés témoins utilisées (source I.T.G.C.).
Tableau 2	Codes et variétés parentales utilisés en croisement.
Tableau 3	Liste des différentes combinaisons hybrides réalisées entre les différents parents.
Tableau 4	Schéma d'analyse de la variance du modèle additif adopté (Mc Intosh, 1983).
Tableau 5	Teneur du sol en macroéléments (N, p, k et Ca) ainsi que la conductivité électrique de la couche arable (20 cm).
Tableau 6	Teneur moyenne en ppm des bases échangeables au niveau du sol (de 0 à 20 cm).
Tableau 7	Composition d'eau d'irrigation en mg/l (Source station A.N.R.H. Adrar).
Tableau 8	Carrés moyens des écarts de l'analyse de la variance des caractères phéno-morphologiques enregistrés chez F1.
Tableau 9	Abréviations des caractères et leurs significations statistiques.
Tableau 10	Valeurs moyennes relatives aux caractères morphologiques de l'épi, talles et talles épis, composantes du rendement et de la précocité chez les parents.
Tableau 11	Valeurs moyennes relatives aux caractéristiques de l'épi des hybrides F1 et le degré d'hétérosis en % du parent moyen.
Tableau 12	Valeurs moyennes relatives aux composantes du rendement des hybrides (F1) et degré d'hétérosis en % du parent moyen.
Tableau 13	Données moyennes relatives à la précocité à l'épiaison et à la floraison et la hauteur de la tige des hybrides (F1) et degré d'hétérosis en % du parent moyen.
Tableau 14	Tableau récapitulatif relatif au degré d'hétérosis (H1) en % du parent moyen.
Tableau 15	Coefficients de corrélation et de régression des caractères étudiés des parents variables pour un parent constant.
Tableau 16	Carrés moyens des écarts de l'analyse de la variance des caractères phéno-morphologiques enregistrés chez F2.
Tableau 17	Valeurs moyennes des caractères phéno-morphologiques enregistrées chez les parents.
Tableau 18	Valeurs moyennes relatives aux caractères phéno-morphologiques enregistrées chez F2.

Tableau 19	Carrés moyens des écarts de l'analyse de la variance des caractères de l'épi et composantes du rendement chez F2.
Tableau 20	Valeurs moyennes des caractères de l'épi et des composantes du rendement chez les parents et F2.
Tableau 21	Valeurs du coefficient de variation phénotypique (%) des caractères mesurés chez F2.
Tableau 22	Valeurs du coefficient de variation génotypique (%) des caractères mesurés chez F2.
Tableau 23	Valeurs d'héritabilité au sens large des caractères mesurés chez F2.
Tableau 24	Valeurs du gain génétique attendu en sélection (GGA) relatif aux caractères mesurés chez F2.
Tableau 25	Relatif aux valeurs propres décroissantes du graphique (Eigen values)
Tableau 26	Contributions des croisements (%) pour chaque composante.
Tableau 27	Contributions des caractères pour chaque composante.
Tableau 28	Carrés moyens des écarts de l'analyse de la variance des caractères étudiés chez les parents et F3.
Tableau 29	Valeurs moyennes, minimales et maximales enregistrées pour les caractères étudiés chez F3.
Tableau 30	Valeurs moyennes relatives aux caractères étudiés enregistrées chez les parents et F3.
Tableau 31	Valeurs moyennes, minimales et maximales du coefficient de variation phénotypique (%) des caractères mesurés chez F3.
Tableau 32	Valeurs moyennes, minimales et maximales du coefficient de variation génotypique (%) relatives aux caractères mesurés chez F3.
Tableau 33	Valeurs moyennes, minimales et maximales relatives à l'héritabilité au sens large des caractères mesurés chez F3.
Tableau 34	Valeurs moyennes, minimales et maximales du gain génétique attendu en sélection (GGA) des caractères étudiés chez F3.
Tableau 35	Degré de ressemblance entre apparentés.
Tableau 36	Coefficient d'héritabilité au sens étroite des caractères étudiés.
Tableau 37	Carrés moyens des écarts de l'analyse de la variance des caractères étudiés chez les parents et F4.
Tableau 38	Valeurs moyennes, minimales et maximales relatives aux caractères de l'épi et aux capacités de tallage et de talles épis enregistrées chez les parents et la génération F4.

Tableau 39	Valeurs moyennes relatives aux caractères de l'épi chez F4 en comparaison au parent moyen et aux témoins.
Tableau 40	Valeurs moyennes relatives aux capacités de tallage et de talles épis, à la hauteur de la tige et à la longueur de l'épi enregistrées chez F4 en comparaison au parent moyen et aux témoins.
Tableau 41	Valeurs moyennes, minimales et maximales du coefficient de variation phénotypique (%) des caractères mesurés chez F4.
Tableau 42	Valeurs moyennes, minimales et maximales relatives au coefficient de variation génotypique (%) relatives aux caractères mesurés chez F4.
Tableau 43	Valeurs moyennes, minimales et maximales relatives à l'héritabilité au sens large des caractères mesurés chez F4.
Tableau 44	Valeurs moyennes, minimales et maximales du gain génétique attendu en sélection (GGA) des caractères étudiés chez F4.
Tableau 45	Sommes carrées des écarts de l'analyse de la variance des caractères relatifs aux caractéristiques de l'épi, capacité de tallage herbacé et de talles épis et de la hauteur de la paille chez F3 et F4.
Tableau 46	Partition de contributions des sommes carrées des écarts (par rapport au total) de l'analyse de la variance des caractères étudiés chez F3 et F4.

Liste des figures

Ordre	Titre
Fig. 1	Variation de la précipitation moyenne mensuelle pendant les 5 années d'expérimentation 2010 à 2014 (source: station I.N.R.A. A. Adrar).
Fig. 2	Variation de la température moyenne mensuelle pendant les 5 années d'expérimentation; 2010 à 2014 (source: station I.N.R.A. A. Adrar).
Fig. 3	Variation de l'humidité de l'air moyenne mensuelle pendant les 5 années d'expérimentation de 2010 à 2014 (source: station I.N.R.A. A. Adrar).
Fig. 4	Variation de l'évaporation moyenne mensuelle pendant les 5 années d'expérimentation; 2010 à 2014 (source: station I.N.R.A. A. Adrar).
Fig. 5	Eboulis des valeurs propres « scree plot ».
Fig. 6	Nuage de points des caractères sur les axes orthogonaux 1 et 2.
Fig. 7	Nuage de points des croisements sur les axes orthogonaux 1 et 2.
Fig. 8	Nuage de points des croisements sur les axes 1 et 3.
Fig. 9	Nuage de points des caractères sur les axes 1 et 3.
Fig. 10	Nuage de points des croisements sur les axes 1 et 4.
Fig. 11	Nuage de points des caractères sur les axes 1 et 4.
Fig. 12	Relation entre la hauteur de la tige (cm) et la longueur de l'épi (cm) avec la courbe de tendance en régression linéaire et le coefficient de détermination chez F3.
Fig. 13	Relation entre le potentiel en grains par épi et la capacité de talles épis par plante ainsi que la courbe de tendance en régression linéaire qui correspond chez F3.
Fig. 14	Variation du potentiel en grains par épi avec la longueur de l'épi (cm) ainsi que la courbe de tendance en régression linéaire et le coefficient de détermination qui correspond chez F3.

Liste des abréviations

ACP	Analyse en composantes principales
b	Coefficient de régression linéaire
CO ₂	Dioxyde de carbone
C.V.M	Coefficient de variation moyenne
CV _p	Coefficient de variation phénotypique
CV _g	Coefficient de variation génotypique
DNA	Deoxyribonucleic Acid
GG	Gain génétique attendu
G x E	Interaction entre le génotype et l'environnement
H1	Degré de dominance de la F1
h ²	Héritabilité au sens étroite
H sl	Héritabilité au sens large
Pb	Paire de base de l'ADN
PCR	Polymerase Chain Reaction
RAPD	Randomly Amplified Polymorphic DNA
RDT	Rendement en grains par hectare
RFLP	Polymorphisme de longueur des fragments de restriction
r ² P	Coefficient de corrélation phénotypique
r ² G	Coefficient de corrélation Génotypique
RUE	L'utilisation efficiente de la radiation
SSR	Simple Sequence Repeat
WUE	Water Use Efficiency

INTRODUCTION

Introduction

Il y'a environ 10000 ans, le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) a été l'aliment de base des anciennes civilisations (Sleper et Poehlman, 2006). Parmi les céréales et après la culture de riz, c'est l'espèce la plus cultivée à l'échelle mondiale et nourrit près de 40 % de la population mondiale. Durant la campagne 2012-2013, les superficies emblavées en culture de blé tendre avoisinent 220 millions hectares, avec une production globale de l'ordre de 713 millions de tonnes (FAOSTAT, 2013).

Au niveau des pays en voie de développement, le blé n'est plus seulement considéré comme une ressource d'aliment de base à plus faible coût pour un régime alimentaire quotidien, mais aussi peut être l'aliment le plus à la portée du citoyen algérien. Les cours mondiaux ont subi des augmentations dues aux effets conjugués de plusieurs facteurs, dont les plus importants sont l'accroissement démographique rapide, ainsi qu'un exode rural très intense. Pis, nous avons observé une stagnation remarquable de la production agricole (Mekhlouf et Bouzerzour, 2000).

En Algérie, la moyenne des superficies emblavées durant les cinq dernières campagnes agricoles se stabilisent autour d'un peu plus d'un million et demi d'hectares, avec des rendements en grains de l'ordre de 15 qx/ha (FAOSTAT, 2013). Cette faiblesse des rendements enregistrés entraîne un taux faible de couverture des besoins nationaux, pour cette denrée de première nécessité de l'ordre de 33 %.

La situation de la céréaliculture en algérienne se caractérise par la faiblesse de production céréalière due aux faibles rendements, le plus souvent, associés avec une mauvaise qualité technologique. Les facteurs à l'origine de cette situation sont nombreux, parmi lesquels on peut citer ; les types de variétés utilisées. Ces variétés sont souvent inadaptées aux fluctuations des conditions climatiques (périodes de sécheresse prolongée accompagnées parfois avec des fortes chaleurs et luminosité intense) particulièrement, pendant les stades critiques de la culture tels que, le stade de remplissage du grain. De même, les gelées stérilisent le grain de pollen et détruisent l'ovaire naissant (Abbassene, 1997) ainsi que les effets des hautes températures, du sirocco et de la sécheresse de fin de cycle (Hachemi, 1979).

La déficience des rendements, au point que l'agriculteur n'arrive pas à couvrir les charges et ne permettent pas de dégager un gain substantiel, pousse les agriculteurs à prendre le moins de risque et de s'abstenir à l'usage des engrais et des herbicides.

Aujourd'hui, la région de Touat dispose d'une gamme variée d'écotypes et de variétés / populations locales très anciennes remontant à l'ère du néolithique (Chevalier, 1949). Ce matériel végétal local pourrait offrir des alternatives réelles et susceptibles d'améliorer la variation génétique nécessaire pour un programme de croisements et de sélection du blé tendre en Algérie. Les anciens cultivars ainsi que les populations locales attirent de plus en plus l'attention des spécialistes en banques de gènes, les institutions de croisement, les instituts de recherches et les intéressés par les collections de germoplasmes (Ayed et Slim-Amara, 2009). Par ailleurs, au fil des années, la variation génétique chez les cultivars modernes se réduit et lorsque les donneurs de gènes désirés ne trouvent pas les gènes voulus dans les collections de cultivars existant, il est nécessaire de les rechercher au niveau de l'ancien matériel ainsi que des proches sauvages (Devra, 1999).

Actuellement, un nombre important d'écotypes et de variétés locales ont été collectés et mis en étude avant leur mise en valeur, ces collections offrent un potentiel réel pour améliorer la variation génétique à travers les croisements (Robertson et Labate, 2007). La perte apparente de la diversité génétique, chez plusieurs cultures, a soulevé l'importance et l'intérêt des nouveaux gènes, qui sont souvent localisés chez les écotypes. Ces écotypes offrent des gènes précieux pour la résistance aux maladies, la teneur élevée en protéines, la capacité de tallage, la tolérance à la sécheresse ainsi que de nombreuses caractéristiques d'intérêt économique désirable (Srivastava et Damania, 1989).

Avec la progression d'un changement climatique global, le déficit graduel des ressources en eau et la dégradation de l'éco-environnement, la production du blé est profondément touchée (Singh et Chaudhary, 2006). De plus en plus, les sélectionneurs se tournent vers d'autres caractères potentiels, qui peuvent être utilisés en parallèle ou indépendamment du rendement dans une approche multi-caractères (Annicchiarico et Iannucci, 2008).

Etant donné que le rendement est un caractère complexe et fortement affecté par les conditions du milieu, des pertes considérables peuvent être causées par la sécheresse ; un stress souvent régulier, qui touche la plus importante partie des régions arides et semi arides. De même, la tolérance à la sécheresse est l'une des composantes de stabilité du rendement (et ses composantes) et son amélioration est un défi majeur aux généticiens et chercheurs dans le domaine des croisements. Davantage, une meilleure compréhension du contrôle génétique de ces caractères économiques, à travers l'analyse des locus de caractères quantitatifs, permet d'identifier les segments discrets de chromosomes qui contrôlent ces caractères complexes (Frova *et al.*, 1999).

Ce qui est indispensable pour un programme de croisement et de sélection de la culture de blé tendre est la disponibilité d'une large diversité génétique, afin d'atteindre les objectifs d'amélioration des plantes tels que : l'amélioration des potentialités en rendement, l'adaptation aux conditions climatiques ainsi que la résistance aux divers stress abiotiques.

La sélection directe sur la base du rendement et ses composantes est avérée peu efficace pour identifier les génotypes adaptés, à cause de leur faible héritabilité et de l'effet de l'environnement sur un grand nombre de variations non additives, ce qui pourraient limiter la progression de la sélection (Blum, 1988 ; Acevedo *et al.*, 1991 ; Sharma, 2007). Cependant, elle pourrait être plus fructificatrice pour des caractères ayant une héritabilité élevée et d'une hérédité relativement simple. La sélection classique utilise des caractères liés au rendement en grain, ainsi que ceux qui favorisent l'adaptation comme critère de sélection dans les milieux variables (Ceccarelli *et al.*, 1991). Parmi ces critères, une forte valeur du coefficient d'héritabilité (Songsri *et al.*, 2008 ; Khan *et al.*, 2008) associée avec un assez bon gain génétique attendu. Shukla *et al.*, (2004) suggèrent une magnitude de telles estimations, dont l'amélioration peut être offerte à travers la sélection. Toutefois, la liaison génétique entre les caractères peut découler des effets pléotropiques d'un gène, d'un linkage de deux gènes, de la "chromogema" et l'affiliation du régime due aux influences de l'environnement (Sgro et Hoffmann, 2004).

C'est dans cette approche que s'inscrit notre sujet de recherche dont la présente étude vise à atteindre les objectifs principaux suivants:

- Etudier la relation qui existe entre les valeurs propres parentales et le niveau d'expression de l'hétérosis chez la descendance des générations suivantes.
- Déterminer et analyser l'effet des gènes sur certains caractères phéno-morphologiques et composantes du rendement qui sont nécessaires pour les programmes de croisements et de sélections tels que ; les variations phénotypique et génotypique, l'héritabilité, le gain génétique attendu.
- Déterminer la stabilité des caractères étudiés à travers les générations de ségrégation.

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : Synthèse bibliographique

1-1-Généralités sur l'espèce blé tendre (*Triticum aestivum* L.).

Par sa variation d'utilisation, sa valeur nutritive élevée, ses conditions faciles et efficaces de stockage pour les pauvres et les communautés rurales a fait de lui un éternel aliment des populations croissantes dans le monde (Noorka, 2007). Sa teneur avec près de 70 % de carbohydrates, 12 % de protéines, 2 % de fibres brutes, 2 % de lipides, 12 % d'humidité et 1,8 % de cendre a fait du blé une source particulièrement variée et riche en ingrédients essentiels pour le régime alimentaire de l'humain.

Toutefois, l'amélioration du rendement à l'hectare semble le facteur le plus important afin de réduire l'écart entre la production et les besoins de la consommation. Ce qui constitue un lourd fardeau qui pèse sur l'économie nationale et fragilise davantage l'équilibre socio-économique du pays. En effet, en 2005 le prix du blé a atteint son niveau historique le plus bas avec 140 US \$ par tonne, mais trois ans plus tard, les prix ont explosé et atteint un pic de l'ordre de 600 US \$ par tonne (Braun, 2011).

En matière de budget alloué à la recherche, Pardey, (2011) a constaté qu'environ 67 % de la recherche a été financé par des agences publiques, tandis que le reste est réalisé par des firmes privés, particulièrement dans les secteurs de l'alimentation (Transformation, transport et stockage), boissons, les minéraux et la mécanisation relative au service notamment de l'alimentation et de l'agriculture. En revanche, selon la même référence, au niveau des pays à faible ou moyen revenu, la recherche a été largement financée par des agences publiques, étant donné que les firmes privées ne représentent qu'environ 6 % pour un budget total estimé à 10,8 MD US \$ dépensé sur la recherche et le développement de l'alimentation et de l'agriculture dans ces pays. Toutefois, le bilan entre les dépenses et les bénéfices de la recherche relative à la création et la multiplication des plantes et des espèces nouvelles et résistantes évolue rapidement au même niveau que les coûts (Radchenko, 2011).

Cependant, le succès important dans le développement et la création des génotypes de blé tendre à forte potentialité de rendement a été réalisé à travers l'hybridation. Par ailleurs, en termes de sélection, Amaya *et al.*, (1972) ont remarqué, chez la culture de blé, que les effets de la dominance ont pris la supériorité, particulièrement pour les caractères relatifs au rendement en grain, tandis que les effets additifs contrôlent essentiellement l'expression de la hauteur de la paille et la précocité à l'épiaison. Actuellement, la recherche se concentre sur les aptitudes générales et

spécifiques de la combinaison des lignées parentales et ce afin d'identifier les groupes hétérotiques pour le rendement.

A cet effet, avant d'entamer un quelconque programme d'hybridation, il est crucial de connaître toutes les informations relatives à la corrélation du rendement avec les autres paramètres contribuant. Pour Mahmood *et al.*, (2006), les études conduites offrent une possibilité pour évaluer l'ampleur et l'orientation de l'association du paramètre rendement avec ses composantes directes et indirectes et aussi parmi autres diverses composantes. Des corrélations positives, à la fois, phénotypiques et génotypiques significatives du rendement en grain ont été trouvées avec le nombre de talles au m², le nombre d'épillets par épi et le nombre de grains par épi (Tamoore *et al.*, 2014). D'après Khaliq *et al.*, (2009) l'héritabilité est définie comme la composante du phénotype déterminée par des facteurs purement génétiques. Les valeurs de l'héritabilité et du progrès génétique nous aident, à faire de la sélection un moyen plus efficace, comme elles permettent de prédire la réponse à la sélection (Fahid *et al.*, 2015).

Par ailleurs, Ali *et al.* (2008) ont rapporté que l'étude des paramètres statistiques, tels que la moyenne, la variance, l'héritabilité et le progrès génétique nous assistent à mesurer la diversité génétique, le potentiel génétique ainsi que la stabilité des génotypes. Ahmad *et al.*, (2007) ont remarqué des estimations élevées relatives à l'héritabilité au sens large et au progrès génétique pour la hauteur de la paille, le nombre de talles par plante, le nombre de grains produits par plante et le poids de 1000 grains, tandis que les faibles valeurs du progrès génétique permet de l'utiliser comme critère indépendant de la sélection.

Selon Navin *et al.*, (2014), de fortes estimations de l'héritabilité au sens large (supérieures à 80 %) ont été enregistrées pour 11 caractères morphologiques et agronomiques chez le blé tendre, tandis que les valeurs les plus élevées de l'héritabilité indiquent qu'elle pourraient être dues à une forte contribution des composantes génotypiques. Par ailleurs, en termes de valeurs de l'hétérosis, elles sont utiles et désirables lorsqu'elles sont positives pour tous les caractères étudiés à l'exception de celles relatives à la précocité à l'épiaison dont les valeurs négatives pourraient être utiles pour l'hybridation à l'épiaison.

Par ailleurs, en ce qui concerne l'échelle d'estimations des coefficients de variabilité phénotypique (CVp) et génotypique (CVg), Deshmukh *et al.*, (1986) ont rapporté que les valeurs supérieures à 20 % pourraient être considérées comme élevées, celles oscillant entre 10 et 20 % sont modérées tandis que celles inférieures à 10% sont faibles. Pour Singh *et al.*,(1994), la sélection des

caractères sur la base de ces paramètres est efficace à cause des fortes corrélations reliant les estimations des phénotypes avec celles des génotypes.

Toutefois, les individus de la génération F2 constituent l'essentiel de la descendance de base pour les sélectionneurs, afin d'entamer la première étape de tri selon des caractères de choix établis. Les procédures de sélection et d'élimination se poursuivent jusqu'à la génération F7-F8 en terme de laquelle, les plantes atteignent un niveau avancé d'uniformité. A ce stade, les caractères simples et ciblés des plantes sélectionnés, tels que la précocité, la hauteur de la paille... deviennent plus stables et dépendent peu de la variation des conditions du milieu. La sélection pour des caractères complexes, peu héréditaires et sensibles aux variations du milieu s'applique sur des collections avec des critères plus fermes en termes d'homogénéité, en parallèle avec des dispositifs plus rigoureux, afin de maîtriser la variation environnementale jusqu' à F11-F12 (Brancourt-Hulmel *et al.*, 2003).

1.1.1 En Algérie

Chez le blé, les faibles rendements ont nécessité une introduction massive de variétés étrangères à haut rendement, non seulement très exigeante en eau, mais aussi se caractérisant par une faible adaptation climatique (Barkat et Khalfallah, 2004). Le déficit hydrique est le facteur abiotique limitant le plus fréquent et le plus important de la production végétale (Barkat et Khalfallah, 2004). Pour faire face à ces contraintes, il devient donc urgent de créer de nouveaux génotypes, qui répondent aux critères désirés par le biais de la sélection.

Jusqu'à un passé très récent, la sélection du blé se fait à partir des introductions des centres internationaux de la recherche agronomique particulièrement le CIMMYT et l'ICARDA, dont les nouvelles variétés sont sélectionnées sur la base de leur potentiel en rendement, sans souvent tenir en compte des caractères adaptatifs qui sont des régulateurs de la production dans les milieux variables (Barkat et Khalfallah, 2004). A cette contrainte climatique, s'ajoute des contraintes d'ordre technique qui relèvent de l'application de l'itinéraire technique souvent peu ambitieux, ainsi que l'utilisation de variétés couramment non adaptées (Bahlouli *et al.*, 2005).

L'augmentation du potentiel génétique du rendement, ainsi que sa stabilité sont parmi les principaux objectifs d'un programme de croisement et de sélection du blé tendre dans plusieurs pays du monde. Toutefois, les rendements du blé dans la plus part des régions à vocation céréalière, dévoilent qu'ils ne sont plus supérieurs au rendement potentiel des cultivars et de loin inférieurs aux rendements théoriques maximales (Rharrabti *et al.*, 2003)

1.1.2 Intérêt des populations et variétés locales

Selon Belay *et al.*, (1995), les écotypes actuels sont le résultat d'une combinaison de sélection naturelle réalisée par les agriculteurs sur de longues années. Les anciens cultivars de blé ont été souvent reproduits ou sélectionnés à partir des écotypes choisis et utilisés comme des parents lors des croisements (Bares et Dotlacil, 1990).

La bonne qualité de panification des cultivars modernes et paradoxalement des anciens cultivars est couramment basée sur une bonne qualité du gluten. Toutefois, un taux bas de protéine (notamment le gluten) pourrait être considéré comme l'une des raisons de la faible stabilité de la qualité de panification de nouveaux cultivars (Dvoracek *et al.*, 2011).

Davantage, ce type de matériel pourrait aussi contribuer à l'élargissement de la base génétique de nouveaux cultivars (Bedo *et al.*, 1998) ou utiliser comme une source de diversité génétique pour l'amélioration de la culture du blé c.-à-d. des donneurs de certains caractères agronomiques importants tels que l'adaptabilité et la résistance aux stress, le contenu en protéines ... (Bradova *et al.*, 2005). De ce fait, connaître la variabilité génétique est devenu un facteur critique et décisif pour tout programme de reproduction de ces espèces complexes (Sanchita *et al.*, 2008).

En effet, l'uniformité génétique des cultivars perturbe l'homoéostasie des populations et contribue à la promotion de l'adaptabilité de la micro évolution des fléaux (Radchenko, 2011). D'autre part, selon Edmeades *et al.*, (1989), actuellement les blés sont souvent cultivés au niveau des zones pluvieuses de la région méditerranéenne sous des conditions de milieu stressantes et variables d'une année à une autre.

1-2 Sélection du blé tendre

1.2.1 Gain génétique et héritabilité

MacKey, (1993) a noté que le gain génétique est exprimé comme le pourcentage de gain moyen en rendement en grain et depuis 1898 jusqu'à ce moment, il a été estimé à près de 49 % chez le blé tendre d'hiver et considéré étant le plus grand gain réalisé parmi les cultures mise en analyse. Davantage, Firouzian *et al.*, (2003) a rapporté qu'une large marge de la variabilité fait de lui un paramètre plus convenable pour sélectionner un caractère particulier avec aisance et efficacité.

Pour Salmi et Haddad, (2015), les valeurs du gain génétique sont appréciables pour la hauteur (11,5 cm), la durée de la phase végétative (6,0 jours), l'indice de récolte (6,2 %), le nombre de

grains par épi (6,1 grains). Par ailleurs Skovmand et Reynolds, (2000) ont rapporté que du fait que la demande mondiale relative au blé tendre est en croissance perpétuelle avec une moyenne annuelle de l'ordre de 2 %, résultant un double gain en matière de potentiel génétique du rendement en grain.

Selon Khan *et al.*, (2008), plus les estimations de l'héritabilité sont fortes plus les procédures de la sélection deviennent simples. Toutefois, Khan *et al.*, (2003) ont estimé l'héritabilité au sens large chez le blé tendre pour certains caractères morphologiques et révélé que la hauteur de la paille, le nombre de talles par plante, la longueur du pédoncule, et le rendement en grain ont montré un effet très élevée sur l'héritabilité au sens large et le progrès génétique.

1.2.2 Germoplasmes

Selon la FAO, (2009), il a été estimé à l'échelle mondiale que les collections de germoplasmes existant contiennent environ 7,5 million d'accessions de cultures toutes espèces confondues, parmi lesquelles le blé tendre, sous forme de *Triticum* ou d'aegilops, représente le plus grand groupe et contient près de 900 000 accessions suivi par le riz avec environ 775 000 et l'orge avec environ 470 000.

Or la préservation adéquate de ces germoplasmes, l'évaluation de ces collections est aussi une très importante tâche et qui nécessite des efforts considérables quant à son utilisation ultérieure (Borner, 2006). Par ailleurs, le génome du blé n'est pas seulement gigantesque mais aussi difficile à traiter au point que chaque chromosome du blé possède plus de DNA que le génome tout entier du riz (Braun, 2011).

Chez le blé, les chercheurs utilisent couramment l'analyse du pédigrée afin d'estimer la diversité génétique parmi les cultivars et d'évaluer l'importance des modifications dans la diversité génétique de ces cultivars mis à la disposition des agriculteurs avec le temps (Lang *et al.*, 2004), ou de classer ces cultivars, comme par exemple selon leur adaptabilité aux différents types de stress (Stehno *et al.*, 2003). Par ailleurs, Vavilov, (1992) suppose que la diversité d'une culture dans un centre géographique est couramment la plus élevée dans cette région. Le blé hexaploïde (*T. aestivum*, génomes AABBDD) couvre une vaste région et s'étend d'Afghanistan et Turkménistan jusqu'à la Transcaucasie (Vavilov, 1926, 1992).

A propos de la diversité, il est plus répondu parmi les chercheurs que les écotypes et les variétés locales renferment plus de diversité génétique que les cultivars modernes ou les hybrides (Williams et St. Clair, 1993 ; Zeven, 1998; Garcia-Martinez *et al.*, 2005). De ce fait, ils constituent

des ressources considérables de variation génétique pour les chercheurs dans le domaine de l'hybridation et la sélection. Actuellement, il existe une grande gamme constituée des écotypes et des variétés locales très riches collectés à travers le monde (Robertson et Labate, 2007) et qui offrent une précieuse potentialité pour améliorer la variation génétique pour les intéressés au croisement moderne.

La perte de la diversité génétique constatée chez plusieurs cultures a soulevé l'importance et l'intérêt de l'introduction des nouveaux gènes souvent préservés chez les écotypes, qui pourraient offrir des gènes intéressants, particulièrement dans les volets de la résistance aux maladies, l'amélioration de la teneur en protéines, la capacité de tallage, la tolérance à la sécheresse ainsi que d'autres caractéristiques économiquement désirables (Srivastava et Damania, 1989). Ainsi, le degré d'expression de la dominance pour un caractère est, en générale d'autant plus élevé que les parents croisés se complètent pour les gènes impliqués dans le contrôle génétique de ce caractère, dont la complémentarité est souvent liée à la diversité génétique des parents (Benmahammed, 2005). Avec la naissance et l'évolution d'une gamme de techniques moléculaires, les marqueurs offrent une importante alternative lors de l'hybridation et sont largement utilisés, en vue d'améliorer la flexibilité des cultures dans leur milieu. En fait, ils constituent une option réelle et un outil nécessaire pour les programmes d'hybridation conventionnelle et l'amélioration des cultures (Frey *et al.*, 2004 ; Lu *et al.*, 2004).

Les sélectionneurs de blé tendre doivent veiller, à ce que tous les parents servant au croisement possèdent collectivement la majorité des caractères recherchés pour la nouvelle variété à savoir; les caractères agronomiques, de la résistance aux maladies et des caractères qualitatifs particulièrement ceux relatifs à la panification des farines issues de variétés ciblées par le croisement (Mekhlouf et Bouzerzour, 2000).

1-2-3 Sélection pour l'amélioration de l'adaptation et la résistance de la culture

Cooper *et al.*, (1999) ont rapporté que l'adaptabilité d'un cultivar dans divers environnements est fréquemment testée par le degré de son interaction avec les différents environnements sous lesquels le cultivar est semé. Plusieurs chercheurs ont rapporté que les procédures univariantes de la stabilité, particulièrement les procédures à base de la régression, sont des estimateurs fiables de la stabilité du rendement. Tandis que les principaux effets additifs et le modèle de l'interaction multiplicative (AMMI) sont proposés comme des moyennes efficaces pour la détermination des génotypes stables et à rendement potentiel (Zobel et Gauch, 1988).

1.2.3.1 Variétés naines et la résistance à la verse

Certaines variétés sont dotées du gène codant pour la réduction de la taille (Rht-B1c) et la résistance à la verse. Ce sont des types insensibles aux gibbérellines et utilisés comme source de réduction de la hauteur des tiges, et accroissement de la fertilité de l'épi du blé. Par ailleurs, l'introduction des variétés à paille courte a permis d'augmenter le nombre de grains par mètre carré. Cette dernière caractéristique a été attribuée à la grande partition du poids sec des grains, par rapport aux épis, jusqu'à la fin de la période de croissance de l'épi (Bodega, et Andrade, 1996).

Worland *et al.*, (1988) ont signalé la présence d'un gène de résistance à la verse de la culture du blé au stade épiaison et ils le localisent au niveau du chromosome 7 D. A ce jour, plusieurs cultivars et écotypes ont été découverts porteurs et donneurs de gènes de réduction de la tige de la plante et/ou des gènes de résistances aux maladies cryptogamiques (Stehno *et al.*, 2003). En effet, Batros *et al.*, (2004) signalent que lors de la mise en place de programme d'hybridation de blé dans les pays de l'ouest de l'Europe, les gènes de la résistance tel que le VPM 1, en possession de translocations issues d'*Aegilops Ventricas atauch*, constituent une importante ressource aussi de résistance à la verse, la rouille ainsi que la résistance aux nématodes. Davantage, le Pch qui est un gène de résistance à la verse, ainsi que d'autres gènes de la résistance à la rouille jaune (Yr17), la rouille de la feuille (Lr 37), la rouille de la tige (Sr38), de l'oïdium (Pmrb) et de kyste de nématodes des céréales (Cre 5) ont été localisés chez le VPM 1 (Batros *et al.*, 2004).

1.2.3.2 Sélection à la sécheresse

Etant donné que le rendement est un caractère complexe et fortement influencé par les conditions du milieu, des pertes sévères peuvent être provoquées par la sécheresse. Un stress très répandu dans la plus part des régions arides et semi arides (Khan et Naqvi, 2011). A cet effet, la tolérance à la sécheresse est l'une des principales composantes de la stabilité du rendement et son amélioration est un défi majeur aux généticiens et sélectionneurs (Eid, 2009). La sélection sur la base d'une seule plante durant les premières générations, pourrait être plus efficace pour un tel caractère qui est plus héritable par rapport à un caractère moins héritable (Khan et Naqvi, 2011).

1.2.4 Rendement et ses composantes

Acevedo et Fereres, (1993) ont défini le concept rendement potentiel d'une culture comme, le rendement d'un génotype supposé être bien adapté à un milieu donné, qui pousse avec des quantités adéquates en eau et en éléments nutritifs, dont les autres stress sont nécessairement bien contrôlés.

Toutefois, plusieurs auteurs ont rapporté que les principales composantes aboutissant, à la réduction du rendement sont au nombre de deux à savoir; le nombre de grain par épi et le nombre de talles fertiles. Chez le blé, le rendement en grains est déterminé par trois composantes à savoir; le nombre des talles-épils par unité de surface, le nombre de grains par épi et le poids de mille grains, dont les deux premiers paramètres pourraient être exprimés par le nombre de grains par unité de surface. Le rendement et ses composantes sont contrôlés par des polygènes, dont leur expression et fortement influencés par les conditions du milieu (Ahmed *et al.*, 2007).

En termes de rendement, MacKey, (1993) a signalé que jusqu'aux années 90, l'écart entre les écotypes et les cultivars de l'époque a été de 50 %. La faible productivité des écotypes est due essentiellement à la faible productivité de l'épi, souvent due à un faible nombre de grains par épillet (Dvoracek *et al.*, 2011). De plus, ces lignées montrent souvent non seulement une faible productivité de l'épi mais aussi une qualité moyenne ou faible du gluten (Dvoracek *et al.*, 2011).

D'autre part, plusieurs chercheurs ont conclu que les fluctuations des rendements en grain se manifestent souvent dans des milieux à forte rentabilité, avec une excellente interaction génotype avec le milieu (G x E). Cependant, au fil des campagnes, les cultivars perdent progressivement certaine résistance aux maladies. Expérimentalement, il est évident que la sélection directe pour le rendement en grain sur la base des corrélations est difficile, particulièrement sous les conditions de semis normal, à cause primo de sa faible héritabilité et secundo de l'effet d'un grand nombre de variations non additives entre et parmi les milieux, qui pourraient limiter la progression par la sélection (Blum, 1988 ; Acevedo *et al.*, 1991).

D'après Morgan *et al.*, (1989), les parents utilisés dans les programmes d'hybridation pourraient exhiber moins d'hétérosis pour le caractère rendement en grain, du fait qu'ils disposent déjà de plusieurs précieux gènes en état d'homozygotie. Par ailleurs, Kalhoro *et al.*, (2015) ont rapporté que l'hétérosis est une méthode rapide, facile et à faible coût pour augmenter la production de la culture du blé. Avec un niveau suffisant d'hétérosis, la commercialisation de la production des variétés hybrides pourrait être justifiable et les études hétérotiques peuvent offrir une base, en vue de l'exploitation d'importante gamme d'hybrides au niveau des programmes d'hybridation.

Le rendement en grain pourrait être affecté par un nombre limité de gènes, dont certains ont relativement un grand effet, au point qu'on ne peut pas l'identifier, même par l'usage des méthodes d'analyse génétique les plus modernes (Buckler *et al.*, 2009). Par ailleurs, Il a été rapporté que les chromosomes 3 A et 6 B sont les plus importants chromosomes affectant le rendement en grain. L'ampleur de la génétique et la prédiction du progrès génétique sont importants dans diverses

conditions de l'environnement et offrent une base solide, pour planifier et évaluer les programme d'hybridation (Ahmad *et al.*, 2007).

Chez le blé, il apparait que le progrès génétique est plus fort en conditions de fort niveau d'azote ; il est de l'ordre de 0,63 q/ha/an en comparaison avec celui à faible niveau avec environ 0,42 q/ha/an (Brancourt-Humel *et al.*, 2003). Pour Le Gouis *et al.*, (2004), cela signifie que la sélection pratiquée, souvent en conditions favorables, a favorisé les génotypes valorisant bien la fumure azotée. En général, du fait que la variance génétique est plus élevée, à fort niveau d'azote qu'au faible niveau. De même l'héritabilité est plus faible à faible niveau d'azote, pour deux raisons: diminution de la variance génétique et augmentation de la variance environnementale. Ce qui permet alors de poser la question de savoir, si ce sont vraiment des gènes différents qui s'expriment à fort et à faible niveaux d'azote.

Fethi et Mohamed, (2010) ont rapporté que les estimations de l'héritabilité montrent que certains caractères morphologiques qui influent sur le rendement en grain chez le blé, sont plus héréditaires que le rendement lui-même. Sur la base de divers croisements, les effets de la dominance-épistasies et des effets uniquement épistatiques ont été retrouvés prédominant pour le rendement en grain (Erkul *et al.*, 2010).

De ce fait, le rendement exhibe, le plus souvent, une faible hérédité (Fonseca et Patterson 1968) en milieu variable à cause des interactions génotype x milieu très fréquentes (Ceccarelli *et al.*, 1992). Cette faible hérédité est due à plusieurs gènes qui ont tendance à se fixer progressivement sur plusieurs générations (Benmahammed *et al.*, 2004). Pour plusieurs chercheurs (El Shazly *et al.*, 2000 ; Hanifi-Mekliche *et al.*, 2008), faire explorer d'autres caractères agronomiques, en parallèle au rendement dans une approche d'intégration, est souvent avancé comme une alternative pour la sélection indirecte dans ces milieux.

Les caractères ayant particulièrement une bonne corrélation avec le rendement en grain pourraient être utilisés lors de la sélection, si leur hérédité est satisfaisante (Hanifi-Mekliche *et al.*, 2008). Chez le blé, cette sélection indirecte appliquée sur la base de quelques composantes du rendement a permis d'améliorer à 30 % l'efficacité de la sélection (Hamid et Geafius, 1978 ; Garcia Del Morel *et al.*, 1991).

Toutefois, la sélection pour des caractères ayant une hérédité élevée et d'une hérédité relativement simple ne pourrait être plus utile et rentable uniquement pour le rendement en grain (Sharma, 2007). De ce fait, la sélection ne pourrait être efficace que si l'effet de la dominance et de

l'épistasie se minimisent, après un certain nombre de générations d'autofécondation chez les premières générations de ségrégation (Singh *et al.*, 1986). Pour Sharma, (2007), celle-ci ne pourrait pas seulement rassembler les gènes additifs chez la population, mais aussi augmenter la moyenne de la population et maintenir une grande variabilité pour une sélection à long terme.

1.2.4.1 Rendement et Hétérosis

L'hétérosis a été observée chez plusieurs espèces à autofécondation et fait l'objet d'études considérables, comme moyen d'améliorer la productivité chez le blé tendre (*T. aestivum*) ainsi que chez d'autres céréales (Bailey *et al.*, 1980). Pour Sharief *et al.*, (2009), dans le cas d'un pseudohétérosis, l'hybride F1 exhibe une augmentation dans le rythme de la croissance végétative.

Les premières études ont montré une fréquence élevée de l'hétérosis pour le rendement. En effet, parmi 54 essais analysés par Pickett, (1993), 29 contiennent des hybrides assurant une augmentation de plus de 30 % d'hétérosis que le meilleur parent utilisé (hétérobeltiosis) et ce pour le rendement en grain, parmi lesquels 10 essais ont été rapportés avec un excès supérieur à 50 % du à l'hétérosis.

A partir des expérimentations relatives au rendement en grain des hybrides en Grande Bretagne, Australie, et aux Etats Unis, le gain maximum en rendement en grains par rapport aux meilleures lignées varie de 0,6 % à 16,6 % (Pickett, 1998). Pour Pickett, (1993), un rendement supérieur en grain et un poids élevé des grains ont été auparavant rapportés 24 et 19 fois, respectivement, comme étant les principales sources d'hétérosis.

Toutefois, durant les premières années d'essais, ils n'avaient pas des explications consistantes que les lignées à fort rendement ont une tendance souvent à donner des hybrides à haut rendement en grain (Adugna *et al.*, 2006). Par ailleurs, Tsunewaki, (1980) a examiné les caractères agronomiques de 15 hybrides de F1 en utilisant *T. timophevii* et il a remarqué que moyennement tous les hybrides utilisés ont montré un retard au stade épiaison, une tige plus longue mais avec un poids de 1000 grains supérieur en comparaison avec les cultivars témoins.

L'hétérosis est considérée comme un outil de choix pour augmenter ou dépasser les limites conventionnelles du rendement (Rauf *et al.*, 2011). Cette stratégie est fréquente chez les cultures qui se caractérisent par une pollinisation croisée mais elle pourrait être aussi une approche utile et bénéfique chez les cultures autogames comme le blé (Kumar *et al.*, 2011). Les sélectionneurs des plantes peuvent développer ce type de variétés ayant la capacité de surmonter les conditions de stress dues au déficit de l'eau d'irrigation sans autant perdre leur propre potentiel en rendement en

grain (Noorka *et al.*, 2009), du fait que la croissance et le développement du grain de blé dépendent simplement de ses assimilats (Yang *et al.*, 2002).

Les effets significatifs de l'hétérosis et de la transgression (hétérobeltiosis) sur les rendements, sous les conditions de stress hydrique en comparaison avec ceux enregistrés dans les conditions normales de culture, nous montrent le potentiel réel de l'hybridation chez le blé hybride sous les conditions de sécheresse. Les hybrides pourraient être plus recommandés sous les conditions de stress à cause de leur large base génétique, ce qui leur permet de s'adapter aux conditions sévères de l'environnement (Kumar *et al.*, 2011).

Durant le passé, l'exploitation des effets hétérotiques, vis-à-vis du rendement en grains, a été largement attribuée aux cultures hétérogames. L'intérêt actuel, vis-à-vis des blés hybrides, est justifié par le fait que le gain de l'approche des blés conventionnels (a) se rapproche de ses limites, (b) l'émergence des produits chimiques plus efficaces utilisés lors de l'hybridation, et (c) la disponibilité de nouveaux germoplasmes (Adugna *et al.*, 2006).

La réussite de la vigueur de l'hybride chez le blé et autres plantes cultivées est proportionnelle avec une sélection efficace des parents. Toutefois, les résultats de divers chercheurs sur l'hétérosis n'exhibent pas un parallélisme pour une telle méthode. Par ailleurs, Cox et Murphy, (1990) prétendent que dans certains cas, la possibilité de développer un génotype prédominant est plus forte, si les deux parents sont doués d'une performance similaire, au lieu qu'un parent est supérieur ou inférieur en termes d'un ou plusieurs caractères.

1.2.4.2 Talles par plante

Certains auteurs ont rapporté que les talles qui émergent après l'apparition de la cinquième feuille du maître brin ont des risques élevés d'avortement ou de n'avoir plus d'épis. Ce qui a permis à Islam et Sedgely, (1981) de conclure que l'inoculation des caractères issus du blé de printemps est très bénéfique, dans les conditions méditerranéennes.

Selon Kalhor *et al.*, (2015), pour ce caractère, la valeur la plus élevée enregistrée chez la descendance F1 d'une série de croisements a été de 17,60 talles/plante, tandis que la valeur la plus faible a été de 9,87 talles/plante. Sous les conditions normales de culture, une forte héritabilité de l'ordre de 0,86 a été estimée pour ce caractère (Khan et Naqvi, 2011). Le tallage est un caractère variétal, qui en conditions favorables pourrait nous éclaircir sur le potentiel réel des variétés (Bennaceur *et al.*, 1997). Toutefois, Fonesca et Patterson, (1968) ont noté que la stérilité des épillets

terminaux dépend du peuplement par pieds, c.-à-d. du coefficient de tallage dont il est fortement influencé par la densité de semis, le taux des grains levés et des caractéristiques variétales.

La capacité de conversion des talles herbacées en talles épis varie en fonction des génotypes. Benbelkacem *et al.*, (1984) ont constaté qu'une augmentation importante du nombre de talles herbacées engendre une augmentation du nombre de talles épis, mais aussi un taux élevé de mortalité. Grandcourt et Prats, (1971) ont constaté que ce paramètre peut être considéré comme une composante qui affecte indirectement le rendement. L'importance de la capacité de tallage herbacé et de talles-épis demeure sur le choix des génotypes à adopter lors de l'établissement des programmes d'amélioration des plantes (Hucl et Backer, 1989 ; Davidson et Chevalier, 1990).

Des effets similaires (conditions de stress) ont été aussi signalés sur le nombre de talles-épis par m², particulièrement dans les régions qui se distinguent par ce genre de stress (El Shazly *et al.*, 2000). Dans des études effectuées sur le blé dur, pour le nombre de talles-épis par plante et le nombre de grains par épi, Fethi et Mohamed, (2010) ont remarqué que les effets de dominance et de l'interaction dominance X épistasie ont été trouvés plus importants que les effets additifs et autres composantes épistatiques.

Par ailleurs, Firouzian *et al.*, (2003) ont enregistré une forte héritabilité avec un progrès génétique élevé pour ce caractère, pour le nombre de grains par épi ainsi que pour la surface de la feuille fanion chez la génération F2 de blé tendre. Une forte héritabilité au sens étroite avec un progrès génétique élevé ont été obtenus pour ce caractère, ainsi que pour le rendement en grain (Hussain *et al.*, 2014). Toutefois, une héritabilité moyenne a été accompagnée par un fort progrès génétique pour le nombre de talles-épis par plante sous les conditions de conduites normales, mais avec une valeur faible sous les conditions de stress (Eid, 2009).

1.2.4.3 Nombre de grains par épi

En ce qui concerne le nombre de grains par épi, les résultats recueillis pour ce paramètre par plusieurs chercheurs (Couvreur, 1981 ; Grignac, 1981; Nachit et Ketata, 1986 ; Hamada, 2002) montrent que ce caractère joue un rôle très important dans la variabilité du rendement et dépend de la fertilité des épillets. L'amélioration du rendement passe nécessairement par le raisonnement de nombre de grains par épi, qui explique à lui 75% des variations du rendement. Par ailleurs, Grignac, (1981) précise que le poids de mille grains diminue lorsque la fertilité de l'épi augmente. Par ailleurs, Nachit, (1992) a rapporté que la fertilité de l'épi a été retrouvée fortement influencée par les stress qui règnent pendant les derniers stades de développement de la culture, particulièrement le stress dû à l'excès de la chaleur.

Toutefois, Fahid *et al.*, (2015) ont signalé que les estimations de l'héritabilité au sens large pour ce caractère, chez tous les croisements mis en expérimentation, oscillent entre 93,39 % et 58,77 %. Davantage, le nombre de grains par épi a été de type de dominance incomplète dont le degré de dominance. Pour Tsvetkov, (2008) oscille entre + 0,41 et + 0,51.

Emir *et al.*, (2010) a rapporté que le nombre de grains par épi a augmenté chez tous les croisements par rapport au parent moyen, tandis que 13 croisements sont supérieurs au meilleur parent, mais 14 valeurs d'hétérosis et 06 autres d'hétérobeltiosis significatives ont été obtenues. Par ailleurs, pour les mêmes auteurs, le mode d'action du gène pour ce caractère, chez la génération F1 a été de type de dominance dans 06 combinaisons, superdominance chez 06 autres croisements et intermédiaire dans 03 croisements. Pour ce caractère, Fonseca et Patterson (1968) ont rapporté des valeurs d'hétérosis supérieures à 100 % en comparaison au meilleur parent. Toutefois, Baric *et al.*, (2004) trouvent des valeurs d'hétérosis négatives. Des effets de dominance ainsi que des interactions dominance - additivité ont été retrouvés significatifs, pour l'hérédité du nombre de grains par épillets (Erkulet *et al.*, 2010).

Cependant, une forte héritabilité au sens large, accompagnée avec un progrès génétique élevé pour le nombre de grains par épi et une association avec le rendement en grain pourraient conduire à la recommandation de l'utilisation de ce caractère comme critère indirecte de la sélection, pour l'amélioration du rendement en grain, particulièrement au niveau des zones à haute potentialité de production (El Shazly *et al.*, 2000). Davantage, en termes de ce caractère, chez la culture de blé tendre et sous les conditions de stress hydrique, Amarah *et al.*, (2013) ont enregistré douze (12) croisements, parmi 16 mis en expérimentation, ayant montré une superdominance chez leur descendance.

1.2.4.4 Nombre d'épillets par épi

Des valeurs de la variance fortement significatives et positives, pour le nombre d'épillets par épi, ont été retrouvées chez tous les croisements effectués par Emir, (2010) et qui exhibent, aussi une hétérobeltiosis significative et positive. Par ailleurs, Kalhoro *et al.*, (2015) ont noté que la valeur maximale du nombre d'épillets par épi a été de l'ordre de 20,60 épillets / épi, tandis que la valeur minimale a été de 18,33 épillets /épi. Les mêmes auteurs rapportent que tous les hybrides F1 ont enregistré des effets hétérotiques positifs, pour le nombre de talles par plante, avec des pourcentages variant de 35,38 % à 13,70 %, par rapport au parent moyen, tandis que pour le nombre d'épillets par épi, deux croisements sur six seulement ont enregistré une hétérosis positive par rapport au meilleur parent.

1.2.4.5 Poids de mille grains (PMG)

Le PMG est l'une des composantes principales du rendement en grain, il est déterminé par le rythme et la durée de la période de remplissage du grain. Özgen, (1989) a rapporté que le nombre de grains par épi, chez la génération F1 est négativement avec le poids de 1000 grains ($r = - 0,22$), mais positivement corrélé avec le poids du grain ($r = 0,45$).

Selon Brocklehurst *et al.*, (1978), le poids sec du grain reflète parfaitement l'expression du rythme d'accumulation de la matière sèche et de la durée de remplissage. Toutefois, Ben Belkacem *et al.*, (2000) ont conclu que le poids du grain, dans les conditions idéales d'approvisionnement en eau et éléments nutritifs est contrôlé, en partie, par les conditions du milieu. Selon Ortiz *et al.*, (1994), il est particulièrement gouverné par l'effet combiné de la température et de la radiation solaire, pendant la période allant de la floraison jusqu'à 10 jours après l'épiaison, en prenant en compte le retard encaissé lors de la mise en place de la culture.

Sous les conditions de conduite normale de la culture, l'estimation de l'héritabilité pour le PMG a été élevée, liée aussi à un fort progrès génétique, tandis que sous les conditions de stress, ces valeurs ainsi que celles du progrès génétique sont faibles (Eid, 2009). Des valeurs positives d'hétérosis pour ce caractère ont été obtenues uniquement chez 02 croisements, parmi 15 combinaisons de croisement, mais ne sont pas significatives (Emir, 2010).

La moyenne de l'hétérosis pour tous les croisements de l'essai en termes de ce paramètre, a été fortement négative, ce qui permet de conclure que chez certains croisements, lorsque le nombre d'épillets, le nombre de grains et le nombre de grains par épi augmentent, le poids de mille grains pourrait significativement reculer (Emir, 2010). Kalhoro *et al.*, (2015) ont noté que parmi six hybrides F1 mis en étude, la moitié ont montré des effets hétérotiques positifs par rapport au parent moyen, ainsi que par rapport au meilleur parent.

Aida *et al.*, (2012) ont rapporté des valeurs d'hétérosis pour le poids du grain du maître brin qui varient de 43,09 % à 20,18 %, tandis que deux (02) croisements ont montré un pourcentage d'hétérosis positif et significatif. D'après ces auteurs, les estimations de l'hétérosis oscillent entre - 14,09 % jusqu'à 16,27 %, parmi lesquelles 08 croisements ont montré un effet hétérotique significatif et positif.

Erkul *et al.*, (2010) ont rapporté qu'ils ne trouvent aucun effet épistatique sur le poids de 1000 grains et que les effets, à la fois, de dominance et de l'additivité ont été significatifs pour le contrôle

génétique de ce caractère. Les valeurs relatives à l'héritabilité du poids de mille grains (PMG) ont été relativement élevées, ces résultats montrent que la sélection pour ce caractère, doit se faire dans des zones à hautes potentialités de production et dépourvues de stress, dues aux conditions climatiques (Gill et Brar, 1977 ; Nachit et Ketata, 1986 ; El Shazly, 2000).

1.2.5 Caractères agronomiques

1.2.5.1 Hauteur de la tige et indice de récolte

Selon plusieurs études, les génotypes de blé diffèrent largement en termes de hauteur de la tige, cette variation a été expliquée essentiellement par la variation de la longueur du dernier inter nœud (pédoncule). Les cultivars améliorés détiennent le gène *Rht-Blc* contrôlant l'expression de la taille de la paille. Ces cultivars sont de types insensibles aux gènes de gibbérellines et constituent non seulement une source de contrôle de la hauteur des tiges, mais aussi une source d'amélioration de la fertilité de l'épi chez le blé (Kobilski *et al.*, 2002).

L'utilisation et la généralisation des variétés naines ont pris un certain temps. Aux Etats Unis, il a fallu 30 ans de sensibilisation, pour que 80 % des soles réservées au blé soient cultivées de variétés demies naines (Pardey, 2011). Toutefois, Mi *et al.*, (2000) ont rapporté que la hauteur de la paille du blé a une corrélation forte et positive avec le contenu des grains en protéines.

Cependant, Boerner *et al.*, (2002) ont rapporté que la longueur du pédoncule est un important caractère pour le mécanisme d'échappement aux maladies chez le blé, il pourrait être utilisé lors de l'amélioration génétique pour la résistance de l'épi aux maladies et pour Sabaghnia, (2014) particulièrement la résistance à la rouille de la feuille ainsi que la fusariose de l'épi. La nature variable du climat des hautes plaines semi-arides impose que la sélection doit se faire sur la base, à la fois, de la performance et de l'adaptabilité. Parmi les caractères qui jouent un rôle dans l'adaptation figurent la biomasse aérienne et la hauteur du chaume (Laala *et al.*, 2009).

Les premières observations de l'effet de l'hétérosis chez le blé remontent jusqu'en 1919, lorsque Freeman a étudié la date de l'apparition du premier épi, la hauteur et la largeur de la tige à partir de certains croisements chez le blé dur ainsi que 03 variétés de blé tendre (Briggle, 1963). L'hétérosis pourrait être exprimée sur la hauteur de la paille, la vigueur générale de la plante, la maturité, le nombre d'épis par plante, le nombre de grains par épi, le poids du grain, le rendement total en grain par plante ainsi que sur plusieurs autres caractères (Briggle, 1963).

Par ailleurs, suite aux résultats des composantes de variance fortement influencés par la variance environnementale, une faible héritabilité avec des faibles valeurs du progrès génétique ont

été rapportées pour la hauteur de la paille ainsi que le nombre de grains par épi, ce qui signifie un progrès lourd à travers la sélection pour ces deux caractères (Eid, 2009). De même, Mekhlouf et Bouzerzour, (2000) ont rapporté, chez certains croisements réalisés chez le blé dur, des effets directs parmi les plus importants, en termes de valeur pour le rendement en grain, figure le paramètre indice de récolte qui a des effets directs et conséquents ainsi que sur le nombre d'épis, des grains par épi et la biomasse aérienne.

Selon une étude réalisée par Emir, (2010), une hérédité de type dominance a été déterminée chez neuf combinaisons de croisements, tandis que six autres croisements ont montré une superdominance de l'action des gènes, pour développer des génotypes ayant des tiges courtes. Toutefois, Fonseca et Patterson, (1968) ont remarqué une hérédité intermédiaire pour la hauteur des tiges chez tous les hybrides F1, tandis que Abdullah *et al.*, (2002) ont rapporté une superdominance de l'action du gène pour ce caractère chez certains croisements.

Par ailleurs, Farooq *et al.*, (2013) ont rapporté que l'hétérosis pour l'indice de récolte, sous les conditions normales de conduite de la culture, a révélé que 25 hybrides ont montré des effets hétérotiques positifs, parmi lesquels 09 croisements ont été fortement significatifs et 05 significatifs, avec un maximum de 17,29 % et un minimum de 12,10 %. Selon les mêmes auteurs, par rapport au meilleur parent, 09 croisements ont enregistré une hétérosis hautement significative et 05 autres à effet significatif. Les mêmes auteurs rajoutent que sous les conditions de stress thermique, 10 croisements ont montré un effet hautement significatif, tandis que 03 sont significatifs avec un maximum de l'ordre de 53,96 % par rapport au parent moyen, mais par rapport au meilleur parent, 06 croisements ont manifesté un effet positif et hautement significatif, cependant un croisement seulement montre un effet positif et significatif et ce avec un gain positive maximum de l'ordre de 48,47 %.

L'héritabilité au sens large pour ce caractère chez les populations de blé, sous les conditions d'irrigation, offre une valeur élevée, mais avec une faible valeur du gain génétique espéré pour la sélection de la tige la plus haute par rapport à la moyenne générale (Kashif et Khaliq, 2004 ; Khan et Naqvi, 2011), mais de fortes valeurs de l'héritabilité pour Fida *et al.*, (2001). Cependant, sous le stress au stade tallage, la hauteur des plantes a diminué avec une héritabilité modérée (0.55) associée avec un faible progrès génétique (Khan et Naqvi, 2011). Shulydin, (1979) a enregistré une héritabilité moyenne en ce qui concerne la hauteur de la tige lors d'un croisement entre un triticales hongrois à courte tige avec le triticales de Harkov de tige moyenne, de même, Baeva et Georgieva, (1980) ont rapporté des cas d'héritabilité dominante, voire une superdominance.

Pour Fida *et al.*, (2011), l'estimation de l'héritabilité relative à ce paramètre a été de 90 %, une telle valeur pour ce caractère nous indique que peu de gènes contrôlent l'expression du trait considéré et qu'il est à hérédité qualitative.

1.2.5.2 Longueur de l'épi

Selon Febrero *et al.*, (1990), ce paramètre est un indice de rendement, parce qu'il participe par ses assimilât photosynthétiques à la formation du grain et au rendement en grain. Par ailleurs, plusieurs auteurs parmi lesquels on peut citer Özgen, (1989) et Emir *et al.*, (2010) ont rapporté un pourcentage positif de l'hétérosis pour la longueur de l'épi par rapport au parent moyen, chez toutes les combinaisons de croisement mises en expérimentation, tandis que plus de 10 croisements ont été retrouvés fortement significatifs par rapport au meilleur parent.

L'hérédité pour la longueur de l'épi a été signalée comme due à une superdominance chez plusieurs croisements et la dominance chez d'autres combinaisons de croisement. Par ailleurs, Mackey, (1976) a décrit la superdominance comme une interaction favorable entre deux allèles du même locus ou des interactions alléliques, tandis que Singh *et al.*, (2004) ont rapporté que l'hétérosis due aux interactions interalléliques de type dominance est impossible de se fixer dans la situation d'homozygotie chez les générations suivantes.

Chez le blé tendre, Özgen, (1989) a remarqué qu'il existe un linkage fort entre la hauteur de la paille et la longueur de l'épi et il est possible de tirer les bénéfices chez la descendance de la génération F1, pour développer des variétés caractérisées par de courtes pailles avec des épis plus longues. Erkul *et al.*, (2010) ont remarqué pour ce caractère que les effets additifs et de dominance ont été significatifs, tandis que les effets additifs sont relativement supérieurs aux effets dus à la dominance. Toutefois, chez le triticales, Shoulydin, (1977) a rapporté, que l'analyse des plantes hybrides F1 a permis de conclure que l'héritabilité de la longueur de l'épi est de type dominance incomplète, par rapport aux formes parentales caractérisées par des épis longs, dont le degré de dominance d/a varie de + 0,34 à + 0,75.

1.2.5.3 Densité de l'épi

Selon Daaloul *et al.*, (1998), la densité de l'épi est une caractéristique plus importante, particulièrement dans les régions humides et relativement froides. Cependant, d'autres chercheurs ont rapporté que l'épi dense a dévoilé un niveau remarquable de résistance à la rouille brune. En fait, ce caractère de résistance est contrôlé par deux gènes récessifs nonalléliques *sc 1* et *sc 2* (Goncharov, 1997). Par ailleurs, chez les blés tétraploïdes, le gène *sc 1* est responsable de

l'expression de l'épi semi compactoïde et lorsqu'il est complété par le gène *sc 2*, il attribue l'aspect compactoïde aux épis (Goncharov, 1997).

Pour Fida *et al.*, (2011), les estimations de l'héritabilité pour ce caractère ont été moyennes à élevées, avec un coefficient de variabilité très élevé et des valeurs appréciables relatives au progrès génétique. De fortes valeurs de l'héritabilité au sens large pour ce caractère ont été enregistrées par Fahid *et al.*, (2015) et qui varient de 85,38 à 95,45 %. Cependant, plusieurs auteurs concluent que ces fortes valeurs de l'héritabilité et du progrès génétique, relative à la densité de l'épi, montrent que ce paramètre pourrait être amélioré par la sélection (Firouzian *et al.*, 2003 ; Fahid *et al.*, 2015).

1.2.5.4 **Forme du grain**

La forme du grain dépend, en partie de ses enveloppes, qui sont à leur tour influencées par les conditions climatiques durant la période de leur formation (Masse, 1987), tandis que le rythme de remplissage du grain est déterminé par le génotype ainsi que le milieu (Blade et Backer, 1991).

1.2.5.5 **Couleur du feuillage et caractère permettant de retard à la sénescence**

Selon Zaharieva *et al.*, (2001), les cultivars qui se caractérisent par des feuilles à coloration vert bleuâtre et dans de bonnes conditions d'approvisionnement en eau, éléments nutritifs et de stress modérés, réalisent un haut rendement en biomasse et une forte production en grains, souvent accompagnée avec un taux bas d'efficacité en eau utilisée.

1.2.5.6 **Feuille fanion**

Boyeldieu, (1980) a indiqué que la dernière feuille ainsi que les deux feuilles au dessous fournissent leurs assimilât à l'épi, tandis que les feuilles les plus âgées alimentent les racines. Mais, selon le même auteur, si les feuilles supérieures sont enlevées ou cachées, les feuilles inférieures prennent relais pour alimenter les grains. Toutefois, selon Lee *et al.*, 1996, la dernière feuille produit la plus grande partie des carbohydrates pour le remplissage des grains, à cet effet, elle devrait être protégée si nécessaire contre les maladies et insectes, afin d'aider la plante à développer son potentiel en rendement. En outre, Nelson *et al.*, (1988) ont rapporté que la dernière feuille contribue à 75 %, voire davantage dans la photosynthèse des réserves nécessaires pour le maximum de rendement en grain.

De même, Foutz *et al.*, (1974) ont rapporté que sous les conditions de stress thermique, les feuilles doivent être pourvues d'une grande surface. Par ailleurs, il a été rapporté par certains auteurs (Chowdhry *et al.*, 2001 ; Farooq *et al.*, 2013) sur la base de plusieurs croisements obtenus

ont montré un hétérosis positif par rapport au parent moyen et en comparaison avec le meilleur parent, à la fois, sous les conditions de conduite normale de culture et sous les conditions de stress thermique. Une forte valeur d'héritabilité pour ce caractère a été signalée par Khan *et al.*, (2003) et modérément élevée rapporté par Kashif et Khaliq, (2004). Cependant, sous les conditions de stress, les variétés qui réduisent la surface de la feuille étandard tolèrent mieux les stress (Bouzerzour et Benmahammed, 2009).

La feuille étandard a une structure cellulaire différente en comparaison avec les feuilles inférieures; des cellules avec des parois cellulaires plus rigides et érigées verticalement, sont souhaitées à cause de leur capacité à réduire rapidement le potentiel en eau, en réponse à une modification du contenu en eau et ce par rapport aux cellules pourvues de parois moins rigides, rencontrées chez les autres feuilles (Cheung *et al.*, 1976).

De ce fait, la feuille fanion atteint rapidement des valeurs faibles du potentiel en eau lors de la levée du soleil, et peut maintenir cette situation pendant toute la journée, malgré le fait que le contenu en eau ne soit pas susceptible de baisser considérablement (Weatherley, 1970). Chez le blé dur comme chez le blé tendre, la contribution de la remobilisation des assimilât de la tige varie de 10 à 50 % du poids final des grains, selon les génotypes et le régime d'irrigation (Blum, 1998).

Cependant, Bhutta *et al.*, (2006) ont noté que la densité élevée des nervures constatée chez la feuille fanion aide à mieux économiser l'eau à travers une distribution judicieuse, de même les génotypes ayant un nombre élevé de nervures par unité de surface de la feuille ont été les plus résistants à la sécheresse. Les mêmes auteurs ont enregistré des estimations modérées à fortes de l'héritabilité au sens large relatives à ce caractère. A signaler, des estimations élevées de l'héritabilité relative à l'épaississement de la feuille fanion sont rapportées par Bhutta *et al.*, (2006) de 89,45 à 91,42% et un progrès génétique de 14,77 à 23,02. Les fortes valeurs obtenues de l'héritabilité pour ce caractère indiquent que la sélection d'un parent adéquat est très important, pour la création des variétés, ayant une feuille épaisse et adaptée et que ce caractère est plus ou moins facilement fixable (Bhutta *et al.*, 2006).

1.2.5.7 Précocité

Selon plusieurs chercheurs (James *et al.*, 2000 ; Zaharieva *et al.*, 2001), la précocité est un excellent facteur qui permet aux variétés précoces de s'échapper aux conditions climatiques hostiles (la sécheresse, la chaleur et la radiation solaire excessive) couramment accompagnent la période de remplissage des grains. De même, Fischer *et al.*, (1986) a rapporté que les génotypes à floraison

précoce sont ceux ayant un rythme élevé de croissance, associé avec une vitesse de remplissage rapide dans des températures basses et qui pourraient avoir une efficacité élevée en utilisation d'eau. Le caractère précocité chez le blé est le plus souvent associé avec la forme naine (Kobiljski *et al.*, 2002). La période de l'épiaison chez le blé tendre est aussi influencée par des réponses photopériodiques diverses (Kosner et Pankova, 2002).

La période de floraison est déterminée par des gènes qui contrôlent la réponse à la vernalisation (*Vrn*), la réponse à la photopériode (*Ppd*) et la précocité par se (*Eps*) (Borner *et al.*, 2011). Fisher et Maurer, (1978) ont rapporté que le gain de précocité d'un jour aboutit à un gain en rendement de l'ordre de 30 kg/ha. Cependant, selon Worland *et al.*, (1994), la précocité à l'épiaison et par conséquent celle à la maturité, sont déterminées par un ensemble complexe de gènes. Par ailleurs, El Shazly *et al.*, (2000) ont rapporté que les valeurs relatives à l'héritabilité au sens large ainsi que celles du progrès génétique, pour la sélection à la précocité à l'épiaison ont été fortement significatives. Ces résultats nous montrent que ce caractère est facilement héritable et que la sélection pour ce caractère est aussi possible. Les mêmes auteurs rajoutent que les valeurs relatives à l'héritabilité au sens large et celles du progrès génétique pour la sélection à la précocité à la maturité ont été élevées et diffèrent relativement d'une région à une autre, ce qui montre que la sélection pour ce caractère est aussi réalisable.

D'autre part, Aida, (2012) a signalé que neuf (09) croisements ont des valeurs négatives de l'hétérosis pour ce paramètre allant de -4,14 % jusqu'à -12,10. Par ailleurs, Masood *et al.*, (2005) ont rapporté des estimations positives et autres négatives de l'hétérosis pour la précocité à la maturité.

Selon Farooq *et al.*, (2013), l'hétérosis pour la précocité à l'épiaison, sous les conditions normales de culture, a révélé que vingt et un (21) croisements ont montré une hétérosis négative, dont deux croisements sont fortement significatifs et deux croisements significatifs, tandis que dix-sept (17) autres résultats sont non significatifs et ce avec des valeurs de -7,14% à -5,67% par rapport au parent moyen et de -9 % à -7,86% par rapport au meilleurs parent. D'après les mêmes auteurs et sous les conditions de stress thermique, six (06) croisements seulement ont montré des effets hétérotiques négatifs et significatifs, tandis que quatre (04) croisements ont montré des estimations significatives.

En ce qui concerne la précocité à la maturité, dans les conditions normales de conduite de la culture, quatre (04) croisements seulement ont dévoilé des résultats désirables (négatifs) et significatifs, tandis que sous les conditions de stress thermique, six (06) croisements ont montré des

effets hétérotiques fortement significatifs et négatifs et quatre (04) autres ont montré des estimations significatives (Khan et Naqvi, 2011).

D'après Khan et Naqvi, (2011), sous les conditions irriguées de la culture de blé tendre, une forte héritabilité au sens large a été retrouvée relative à la précocité à l'épiaison de l'ordre de 0,95 avec un gain génétique attendu en sélection au seuil de 5% de l'ordre de 52,33. De plus selon les mêmes auteurs, sous les conditions de stress hydrique, une forte héritabilité au sens large (0,97) a été accompagnée par un progrès génétique élevé (59,58). En revanche, une forte héritabilité associée à un faible progrès génétique pour ce caractère sous les conditions de stress hydrique a été enregistré par Eid, (2009).

En ce qui concerne, la précocité à la floraison, des fortes estimations d'héritabilité au sens large de l'ordre de 0,95, avec un fort progrès génétique (52,35) ont été obtenus pour ce caractère sous les conditions normales de conduite (Khan et Naqvi, 2011). D'après ces auteurs, sous les conditions normales de culture, une estimation de forte héritabilité de l'ordre de 0,95 avec aussi des valeurs élevées du progrès génétique ont été obtenues pour la précocité à la maturité physiologique.

Par ailleurs, El Morshidy *et al.*, (2010) ont rapporté que la sélection pour la précocité est couramment accompagnée par une réduction de la hauteur de la paille, du poids de 1000 grains et un rendement élevé par plante. Une forte héritabilité accompagnée par un faible progrès génétique pour la précocité à l'épiaison affirme une prédominance des actions des gènes non-additifs et qui pourraient être exploités à travers l'hétérosis de l'hybridation (Eid, 2009). Toutefois, Sardana *et al.*, (2007), suggèrent que la forte héritabilité ne peut pas forcément conduire à une amélioration du gain génétique, sauf avec l'existence d'une variabilité génétique suffisante chez le germoplasme.

1.2.5.8 Période de remplissage du grain

L'apport relatif des réserves de la tige à la masse totale des grains par épi ou rendement en grain varie sensiblement de 6 à 100 % (Blum, 1998), selon les conditions d'expérimentation ainsi que des cultivars utilisés (Sarvestani *et al.*, 2003). Toutefois, entre 70 et 90 % du rendement en grains de blé est du essentiellement à la photosynthèse de post floraison (Austin *et al.*, 1976), dont le rythme de transformation est en temps constant en termes de temps thermique (Borner, 2002).

Par ailleurs, Il a été constaté que la phase la plus critique de croissance de culture pour les rendements est incontestablement celle de la période de remplissage du grain, alignant le rendement avec les niveaux de stress hydrique (Stasna *et al.*, 2002). Ainsi, l'augmentation de la température de

15/10 C° (jour / nuit) à 21/19 °C provoque un raccourcissement sévère de la période de remplissage de 60 à 22 jours.

Chez le blé, il a été rapporté par plusieurs chercheurs (Weigand et Cuellar, 1981 ; Savin, 2007) que les températures supérieures à 15 C° durant la période de remplissage des grains provoquent une réduction du poids final des grains de l'ordre de 3 à 5 %. Le stress du à de court et fort coup de chaleur (≥ 35 °C), durant la période de remplissage du grain, réduit le contenu de ce dernier en amidon résultant, réduction de la qualité du grain et de son poids (Sial *et al.*, 2005).

La disponibilité des assimilât pourrait limiter le remplissage des grains, chez les cultivars modernes, qui se caractérisent par une forte capacité de production de grains par unité de surface et moins de biomasses végétatives dues à la présence des gènes de nanismes (Álvaro *et al.*, 2008). Pour Reynolds *et al.*, (1994), dans les climats tempérés, le stress thermique terminal est un facteur limitant durant les périodes d'anthèse et remplissage du grain. Selon des études conduites sur le blé au Texas ont montré que l'augmentation moyenne journalière de la température par 1° c entraîne une réduction de la durée de remplissage de 3,1 jours (Bruckner et Froberg, 1987). Les mêmes auteurs rajoutent que le rythme de remplissage du grain est contrôlé par plusieurs gènes, tandis que la durée de remplissage est influencée par les conditions du milieu.

Toutefois, selon plusieurs chercheurs (Bort *et al.*, 1994 ; Gebbing et Schnyder, 2001), les enveloppes de l'épi ainsi que le péricarde du grain peuvent refixer le CO₂ émit par les grains au cours des stades de développement de ces derniers. En revanche, d'après Bort *et al.*, (1994) chez l'orge et sous les conditions de sécheresse, l'épi pourrait devenir le contributeur principal au remplissage du grain, même chez le blé dur (Araus *et al.*, 1993).

Sous les conditions de stress hydrique, des estimations de forte héritabilité de l'ordre de 0.98 avec des valeurs élevées du progrès génétique ont été remarquées pendant la période de remplissage du grain, ce qui suggère que la sélection pour ce paramètre pourrait être utile (Khan et Naqvi, 2011). Par ailleurs, Gooding *et al.*, (2003) ont trouvé que l'effet le plus important du stress hydrique sur la période de remplissage est celui allant du premier au 4^{ème} jour après la pollinisation.

1.2.6 Sélection pour améliorer la résistance aux stress biotiques et abiotiques

D'après les conclusions de Kara et Belkhiri, (2011), parmi les différentes formes de stress environnementaux, la sécheresse est la contrainte environnementale qui cause certainement des dommages substantiels aux productions agricoles. En effet, Trinchant *et al.*, (2004) ont rapporté que chaque année, les surfaces perdues à cause des stress hydrique et salin sont autours de 20 millions

hectares dans le monde. Néanmoins, les espèces sauvages apparentées pourraient constituer une ressource importante pour l'élargissement de la base génétique des blés cultivés ainsi que l'amélioration de leur tolérance, non seulement aux stress abiotiques mais aussi aux stress biotiques (Zaharieva *et al.*, 2001).

Pour Slafer *et al.*, (2005), l'augmentation de la production des cultures, dans des conditions environnementales hostiles, dépend essentiellement des mécanismes de tolérance qui permettent de garantir une hydratation cellulaire ainsi que de diminuer la perte en eau, préservant un équilibre hydrique favorable au développement foliaire. Le maintien d'un potentiel hydrique suffisamment élevé dépend, à la fois, de l'aptitude de la plante à extraire l'eau du sol et de sa capacité à minimiser les pertes d'eau par la transpiration (Tardieu *et al.*, 2004).

Les écotypes et ses cultivars dérivés sont couramment bien adaptés aux conditions climatiques et édaphiques des régions où ils ont été reproduits et souvent tolérants aux stress locaux biotiques et abiotiques (Li *et al.*, 1997 ; Tahir *et al.*, 1988). De même, dans ces milieux, la présence d'interaction génotype X environnement réduit l'efficacité d'utiliser le rendement comme un critère unique de sélection (Benmahammed *et al.*, 2008).

En outre, sous des conditions spécifiques, certains écotypes et cultivars réels peuvent relativement nous garantir de bons rendements en grain (Dvoracek *et al.*, 2011). En effet, plusieurs chercheurs (Cox et Murphy, 1990) ont rapporté que les anciens cultivars de blé ont relativement montré de bons rendements, proches mêmes aux cultivars modernes particulièrement, sous conditions de faible approvisionnement en intrants. Toutefois, il est largement répandu que les écotypes de blé tendre ont souvent un taux de protéine supérieur aux cultivars modernes (Bordes *et al.*, 2008).

Pendant les stades de végétation et de floraison, lorsque les plantes de blé sont privées de l'eau, des types courts sont obtenus, résultat d'une faible absorption de l'humidité, une faible absorption des éléments nutritifs, une masse cellulaire réduite et une faible photosynthèse (Ahmed *et al.*, 2007). La sécheresse provoque une réduction de la longueur de l'épi et de nombre des talles-épils par plante. La faiblesse des performances de la céréaliculture algérienne à plusieurs origines dont le manque d'eau est le principal facteur limitant (Chennafi *et al.*, 2006). Les variétés sélectionnées généralement réussissent bien sur les plaines intérieures et le littoral, mais leurs performances restent très irrégulières au niveau des hautes plaines. De même, suite aux faibles taux d'adoption de nouvelles variétés, le progrès génétique réalisé n'est pas valorisé (Mekhlouf *et al.*, 2006).

Abhari *et al.*, (2006) ont constaté que le stress hydrique provoque une réduction du nombre de talles épis, du nombre de grains par épi et du poids de 1000 grains. En fait, pendant la période de tallage herbacé, des températures assez élevées de l'ordre de 15-20° C, peuvent exercer un rôle favorable en permettant à la plante de produire un nombre de talles suffisants, tandis que pendant la phase de montaison, l'occurrence plus fréquente de températures élevées a une incidence défavorable sur la croissance des tiges (Saraoui, 2011). Cependant, la tolérance au froid, c'est-à-dire la capacité à supporter des températures bien inférieures à 4° C au stade épiaison est à considérer (Mekhlouf *et al.*, 2006). Par ailleurs, il existe une grande diversité génétique disponible pour la tolérance au stress thermique chez la culture de blé tendre, comme il a été signalé par plusieurs chercheurs.

Pour certains chercheurs (Reddy *et al.*, 2004 ; Zhao *et al.*, 2008), comprendre la réaction de la plante vis-à-vis de la sécheresse est d'une importance capitale et permet aux cultures de faire tolérer le stress. La résistance des cultures à la sécheresse est définie par Hall, (1993), comme le rendement relatif d'un génotype comparé à celui des autres génotypes ayant subi le même niveau de stress hydrique.

Ainsi, le stress hydrique pourrait réduire toutes les composantes du rendement, particulièrement le nombre d'épis fertiles par unité de surface et le nombre de grains par épi (Giunta *et al.*, 1993 ; Simane *et al.*, 1993 ; Abayomi et Wright, 1999). Par ailleurs, pendant la période de maturité, le poids du grain est négativement influencé par des températures élevées et la sécheresse (Chmielewski et Kohn, 2000).

D'une manière générale, le climat est aussi en train de changer, Braun, (2011) a constaté qu'avec l'augmentation de chaque degré de température, le rendement du blé baisse avec l'équivalent de 10 %. La vernalisation incomplète se manifeste d'une part, par un ajournement ou même par l'absence totale de l'épiaison, d'autre part l'ajournement de l'épiaison dépend de degré du déficit de vernalisation (Kosner et Pankova, 2002). Toutefois, il a été rapporté par plusieurs chercheurs (Johansson et Svensson, 1999 ; Johansson *et al.*, 2005) que l'azote et les températures restent parmi les facteurs du milieu les plus qui affectent le taux des protéines polymériques inextricables (% UPP) dans le grain du blé. D'autre part, l'accumulation de proline pourrait être utilisée comme un indicateur, lors de la sélection pour la résistance au stress salin, à travers son effet dans le phénomène de régulation osmotique (Haroun, 2002 et Ueda *et al.*, 2007).

2.6.1 Pubescence

La pubescence chez le blé est due à des excroissances des cellules de l'épiderme appelées les trichomes (Mikhail *et al.*, 2012) et qui couvre la surface de la plante, constituant ce qu'on appelle la pubescence (Nawabi *et al.*, 2011). Il a été démontré d'après plusieurs auteurs (Ringlund et Everson, 1968 ; Leisle, 1974), à travers diverses méthodes d'analyse génétique, que la pubescence de la feuille est contrôlée par plusieurs gènes.

Selon Warham, (1988), le rôle de la pubescence de la glume est d'une part, de protéger cette dernière contre les insectes et d'autre part, de prévenir les maladies. Ce qui a permis à Radchenko, (2011) de conclure que la reproduction des plantes résistantes est, à la fois, la méthode la plus efficace, la moins coûteuse et la plus saine écologiquement pour la protection contre les pucerons. Cet auteur rajoute que l'utilisation d'un germoplasme sauvage résistant au puceron des céréales, lors des croisements interspécifiques avec des variétés cultivées, pourrait être une méthode idéale pour minimiser les dommages chez le blé (Radchenko, 2011).

L'avantage principal de l'introgession de gènes de résistance permet de s'assurer que les sources de ces gènes ont été auparavant exploitées dans la reproduction (Radchenko, 2011). Chez les cultivars améliorés, la variation génétique se réduit d'une année à une autre et lorsque les gènes désirables ne sont pas disponibles dans les collections des cultivars actuels, il est nécessaire de les rechercher parmi l'ancien matériel ou/et les proches sauvages (Devra *et al.*, 1999).

En fait, selon plusieurs chercheurs (Taketa *et al.*, 2002 ; Dobrovolskaya *et al.*, 2007 ; Pshenichnikova *et al.*, 2007), deux gènes contrôlant l'expression de la pubescence de la feuille du blé ont été étudiés, il s'agit de: HI 1 sur le chromosome 4B et HI 2 sur le chromosome 7B. Cependant, Streyband et Jenkins (1961) ont démontré que la pilosité de la glume est contrôlée par trois allèles, situés sur le même locus mais leur signification physiologique est inconnue. Pour Panin, (1986), il pourrait être dû à une liaison génétique entre les gènes des gliadines et ceux qui déterminent la pilosité.

La densité de la pilosité des feuilles joue un rôle protecteur, en réduisant les dégâts dus aux mouches du fruit, ainsi que d'autres causés par les coléoptères sur les feuilles de la culture de blé tendre (Ringlund et Everson, 1968 ; Schillinger et Gallun, 1968 ; Borisenko et Burdun, 1985 ; Jon *et al.*, 2006), de la culture du coton (Lee, 1985) et les pucerons des cultures (Jenkins, 1989). Toutefois, Meagher *et al.*, (1997) ont rapporté que le degré de densité des poils sur les feuilles des espèces *Gossypium* reflète la variation du degré de résistance / susceptibilité des insectes suçant.

Par ailleurs, une corrélation négative a été constatée entre le niveau des dommages causés sur la feuille et deux autres caractères à savoir; la longueur du poil et leur nombre par unité de surface (Shulembaeva, 2012). Selon la même référence, la pilosité / trichomes est considérée comme un trait important de type non préférence contre les insectes suçant de la culture du coton. Pour Nawabi *et al.*, (2011), elle permet une protection des céréales contre les carabidés de la feuille tout le long des périodes gonflement – épiaison.

De même, la pubescence de la glume est associée avec plusieurs types de résistance à savoir; la résistance à la carie du blé *Tilletia indica* (Warham, 1988) et à l'oïdium du blé *Erysiphe graminis* (Negassa, 1986). Par ailleurs, elle permet de réduire l'intensité de la radiation sur la surface de la feuille résultant, un taux d'évapotranspiration inférieur et réduction des risques de la photo-inhibition irréversible, mais, elle pourrait aussi être associée à la réduction de l'usage efficace de la radiation, qui peut réduire le rendement sous les conditions favorables de la culture (Richards, 1996). A signaler, Hameed *et al.*, (2002) ont remarqué que la pubescence est souvent associée à une utilisation plus efficace de l'eau et sa rétention chez les blés tendres de printemps.

La résistance génétique sous forme de variétés résistantes est d'une part, un moyen très efficace afin de minimiser les pertes de rendement causées par les insectes et d'autre part, abouti à la réduction des pesticides utilisés (Vaden, 1972 ; Maxwell *et al.*, 1972). La pilosité du rachis est un caractère très important, il est contrôlé par trois allèles situés sur le même locus (Streybani et Jenkins, 1961). De même, un col long de l'épi offre une certaine protection contre la contamination de l'épi par les spores de *septoria*, particulièrement à partir de l'apparition de la dernière feuille comme il a été rapporté par certains chercheurs.

1.2.6.2 Barbe

Selon Dahlgren *et al.*, (1985), de point de vue botanique, l'arête est une extension apicale qui prend naissance de l'extrémité de l'épillet et elle est fort probablement une lame modifiée de la feuille, mais elle protège les grains du pillage des oiseaux et d'autres animaux.

Chez le blé dur, sous les conditions de stress hydrique et en comparaison avec la feuille étendard, le taux de partition de la photosynthèse des diverses parties de l'épi est élevé (Tambussi *et al.*, 2005), comme chez le blé tendre (Martinez *et al.*, 2003). Sa contribution à la tolérance apparente à la sécheresse est expliquée par le fait qu'elle est associée à la capacité de maintenir un niveau d'humidité relativement élevé dans les glumes, les glumelles et la barbe (Tambussi *et al.*, 2005), celle de la photosynthèse de l'épi n'est pas totalement connue.

Chez les cultivars qui se caractérisent par une barbe longue, l'élimination de la barbe ne modifie pas uniquement le nombre de grains par épi mais aussi, elle aboutit à la réduction du poids du grain par environ 15 % (Maydup *et al.*, 2010). Sous les conditions pluvieuses, la photosynthèse de l'épi pourrait assez compensée la réduction de l'assimilation due aux feuilles. Sous les conditions de stress et en comparaison avec la feuille étandard, il semble que le rythme net de la photosynthèse des épis de blé dur et de blé tendre est maintenu (Tambussi *et al.*, 2005). Une forte capacité d'ajustement osmotique au niveau des enveloppes (glumes, glumelles, barbes) est associée avec un contenu relativement élevé en eau et ce par rapport à la feuille fanion (Tambussi *et al.*, 2005) et qui pourrait ainsi contrebalancer l'activité de la photosynthèse vers le maintien de cette activité dans les parties de l'épi des plantes stressées (Wardlaw, 2002 ; Tambussi *et al.*, 2005). Par ailleurs, toute les parties de l'épi y compris le péricarpe vert du grain, peuvent recycler le CO_2 émis lors de la respiration des grains en plein développement et autres tissus (Bort *et al.*, 1994 ; Kriedemann, 1966 ; Gebbing et Schnyder, 2001).

La dégradation des composantes des chloroplastes et le déclin de la compétence de la photosynthèse sont retardés au niveau de l'épi et ce en comparaison avec la feuille étandard (Martinez *et al.*, 2003), car l'épi est un organe qui demeure vert et qui peut continuer à associer le CO_2 libéré tardivement, lors de la période de remplissage du grain. Il est évident que parmi les organes à photosynthèse chez l'épi, qui peuvent fixer le CO_2 ou refixent le CO_2 respiré par les grains en évolution, la barbe représente l'organe principal concerné par la fixation nette de CO_2 atmosphérique (Blum, 1985). De même, le rôle de la barbe, lors du remplissage des grains chez les céréales est toujours controversé. En effet, positive (Blum, 1985) et partiellement positive (Bort *et al.*, 1994). Chez les cultivars ayant une barbe longue, la suppression de la barbe est responsable de la majeure partie de la réduction du poids des grains (Maydup *et al.*, 2010).

Contrairement à la barbe qui est souvent impliquée dans la fixation nette du CO_2 , les glumes et les glumelles peuvent assimiler, à la fois, le CO_2 atmosphérique comme celui respiré, de ce fait, les deux types; photosynthèse nette et la refixation se déroulent au niveau de l'épi (Gebbing et Schnyder, 2001). Ces auteurs ont démontré que jusqu' à 70 % du saccharose accumulé dans les enveloppes pourrait être originaire de la refixation du CO_2 respirée.

L'étude réalisée par Evans *et al.*, (1972) révèle que le remplissage du grain a été positivement affecté par la présence de la barbe, particulièrement sous les conditions de sécheresse. Par ailleurs, Atkins et Finney, (1957) ont remarqué que les cultivars barbus de blé ont un poids élevé et l'étude a montré que la présence de la barbe accroît la capacité de photosynthèse de l'épi.

Weyhrich *et al.*, (1995) concluent que l'utilisation efficace de l'eau, en prenant en compte toute la plante entière, varie entre les lignées barbues et non barbues. En outre, les photosynthéats produits par la barbe pourraient partiellement participer au remplissage du grain et de ce fait, influencer le rendement en grains par particulièrement l'intermédiaire PMG, en comparaison avec les génotypes démunis de leur barbe (Weyhrich, 1994). La barbe est supposée servir à augmenter le rendement en grain, particulièrement lorsque les pressions dues aux maladies ou aux conditions climatiques difficiles entraînent la sénescence de la feuille étendard (Weyhrich, 1994).

Par ailleurs, pour Li *et al.*, (2006), le taux de la photosynthèse augmente très rapidement et plus précocement chez les feuilles étendards que chez la barbe ainsi que l'activité de la PEPCase qui a été aussi plus élevée au niveau de la barbe que dans les feuilles étendards et ce à travers l'ontogénie et ces valeurs ont été particulièrement élevées pendant les stades ultérieurs de remplissage des grains. Nemmar, (1980) rapporte que la présence de la barbe chez les céréales augmente la possibilité d'utilisation de l'eau et l'élaboration de la matière sèche lors de la phase de maturation.

La présence de la barbe peut doubler le taux net de la photosynthèse de l'épi (Evans et Rawson 1970), elle contribue à environ 40 à 80 % du taux d'échange du carbone total de l'épi, cela dépend des espèces (Grundbacher, 1963 ; Das et Mukherjee, 1991; Blum *et al.*, 1999). La longueur de la barbe est un paramètre morphologique, qui semble également étroitement liée à la tolérance au déficit hydrique terminal tout au moins chez le blé dur (Hadji christodoulou, 1985). La barbe, par son port dressé et sa position au voisinage immédiat du grain, conditionne sa formation (Gate *et al.* , 1992) .

Selon plusieurs auteurs travaillant dans le domaine du croisement et de la sélection des blés (Grinag, 1981 ; Teich, 1982), les génotypes barbues sont recherchés surtout dans les zones où le climat est sec et chaud, tandis que les génotypes sans barbes sont prédominants dans les régions tempérées et humides. Pour Fokar *et al.*, (1998), chez les génotypes barbues en comparaison avec les génotypes mutiques, pendant la phase de remplissage des grains, la photosynthèse est moins sensible à l'action inhibitrice des températures élevées.

En conclusion, sous les conditions d'absence de stress sévère, la photosynthèse de la barbe assure une contribution significative quant au rendement en grain chez le blé tendre de l'ordre de 13 à 33 % et de 22 % à 45 % sous les conditions de déficit des ressources (exemple défoliation, déficit hydrique).

Chez le blé dur, plusieurs auteurs ont révélé la présence d'une corrélation significative entre la présence de la barbe et le rendement en grain (Chhabra et Sethi, 1989). Atkins et Finney, (1957) ont noté que les cultivars barbus de blé se caractérisent par un poids élevé. En effet, l'élimination de la barbe dès le stade de l'apparition de l'épi ou à la fécondation (Anthèse) abouti à une réduction du rendement en grain de 17,31 et de 13,49 %, respectivement (Chhabra et Sethi, 1989).

De même, au stade de remplissage du grain, la photosynthèse est moins sensible à l'action inhibitrice des hautes températures chez les génotypes barbus comparativement aux génotypes sans barbe (Fokar *et al.*, 1998). La barbe représente la partie principale de l'épi impliquée dans la fixation nette de CO₂ atmosphérique (Blum, 1985).

Les réserves produites par la barbe peuvent partiellement participer au remplissage du grain et de ce fait, influencer même partiellement les niveaux de rendement en grains et ce en comparaison avec les génotypes dépourvus de leur barbe (Weyhrich, 1994). Pour Evans et Rawson, (1970), la présence de la barbe peut même doubler le taux net de la photosynthèse de l'épi. Cependant, selon les espèces et les variétés, elle contribue à environ de 40 à 80 % du taux d'échange du carbone total de l'épi (Grundbacher, 1963 ; Das et Mukherjee, 1991 ; Weyhrich *et al.*, 1995 ; Blum *et al.*, 1999).

Par ailleurs, chez le blé dur, la barbe de l'épi possède une surface plus large que celle de la feuille, au point que dans certains cas elle peut égaler la surface de la terre et peut dépasser celle de la surface de la feuille étandard (McDonald et Gauch, 1959). De plus, le chemin de passage des assimilât de la barbe vers les grains est court (Evans *et al.*, 1972), qui fait de la barbe un lieu idéal pour l'interception de la lumière et du CO₂. La valeur positive maximum de l'hétérosis relative à feuille étandard a été enregistrée par Chowdhry *et al.*, (2001).

1.2.7 Réponse globale de la plante à la sélection

Les effets des interactions entre les génotypes et l'environnement parfois sont importants. Toutefois, afin de déterminer les variétés les plus adaptées, les chercheurs dans le domaine du croisement et de la sélection font recours à des indices de sélection. Dans ce cadre, plusieurs modèles statistiques sont utilisés pour permettre d'associer la productivité et la stabilité des génotypes sélectionnés.

Par ailleurs, Lin *et al.*, (1986) définissent la stabilité phénotypique des génotypes sélectionnés, comme une capacité d'un génotype à maintenir un rendement élevé, par rapport à la moyennes de ceux qui ont été comparés sur toute une série de différents environnements. Toutefois, certains auteurs citent les critères de choix des lignées parentales à croiser et ce en se basant sur les

diversités génétique et géographique, l'aptitude générale à la combinaison et la valeur propre des caractères d'intérêt.

1.3 Divers stades du blé tendre et échelles de développement

De la levée jusqu'à la maturité totale du grain, le cycle de développement du blé tendre passe par divers stades phénologiques. La durée et la vitesse de chaque stade et de tout le cycle du développement dépendent plus ou moins des conditions climatiques, particulièrement la température et précisément, aux unités de chaleur accumulée, sauf dans les conditions d'extrême sécheresse (James *et al.*, 2000).

Toutefois, afin de faciliter l'étude du cycle de croissance des céréales, le cycle de développement et d'évolution du blé a été décomposé dans diverses échelles de développement en plusieurs stades et ce à des fins de recherche et de professionnalisme. En effet, il a été constaté que l'échelle de Feeks est peut être la plus couramment utilisée. Cette échelle compte onze stades; où sont rapportés les principaux changements du stade plantule jusqu'au stade grain mature. Pour Fowler, (2002), l'échelle en question se caractérise par un certain nombre d'avantages, dont les plus importants est l'identification d'un nombre optimum de stades, ce qui est utile particulièrement lors des traitements phytosanitaires tels que l'application des fongicides. Cependant, l'échelle de Zadoks convient mieux aux traitements informatiques (Fowler, 2002) alors que la troisième échelle est celle de Haun.

1.3.1 Germination et levée

Selon des études réalisées par James *et al.*, (2000), le grain de blé a besoin d'absorber approximativement l'équivalent de 45 à 49 % de son poids en eau, pour lever son état de dormance et faire apparaître les premiers signes de germination. Lorsque ce niveau d'humidité est atteint, la coléoptile (la gaine de la feuille) émerge du grain, ce qui permet de protéger l'extrémité molle de la nouvelle tige jusqu'à la sortie intégrale de cette dernière à la surface du sol. En réaction à la lumière, l'élongation de la coléoptile est achevée et à ce stade son développement cesse. D'après Lee *et al.*, (1996) le stade de germination se termine après une période allant de 4 à 6 jours et ce dans une fourchette de températures optimales entre 20 °C et 25 °C.

Par ailleurs, la sortie complète et l'extension entière de la première feuille marque le début du stade suivant. La levée totale de la plante signifie que cette nouvelle plantule devient dépendante de l'eau et des éléments nutritifs disponibles au niveau de la zone racinaire. A la fin du stade levée, certains chercheurs et professionnels des céréales s'entendent sur un stress hydrique modéré, qui

peut stimuler les racines de la jeune plantule à explorer profondément les profils du sol et qui pourraient ultérieurement mieux approvisionner la plante, si les ressources en eau deviennent déficitaires (Newman *et al.*, 1985).

1.3.2 Stade plantule

Le stade plantule commence dès l'apparition de la première feuille et se termine avec l'émergence de la première talle (juste après la formation de la plante de 3 à 4 feuilles bien développées). A la fin de ce stade la plante est déjà en possession de six (06) racines séminales bien développées.

1.3.3 Développement des feuilles et des talles

Selon l'échelle de développement de Feekes, une nouvelle feuille est prise en considération lors du comptage lorsque sa longueur atteint la moitié de la taille de la feuille en dessous, tandis que la plante du blé produit la première talle après avoir souvent possédée trois feuilles et parfois davantage. James *et al.*, (2000) concluent qu'il est très rare de rencontrer une plante avec une capacité de tallage de plus de 5 talles axillaires. Pour Martin *et al.*, (1976), il est possible pour une plante et dans des conditions spéciales de produire jusqu'à 100 talles voire plus (des plantes individuels de certains cultivars, semés sur un sol correctement fertile, amplement espacés et bien alimentés en eau).

Fowler, (2002) a rapporté que l'émergence des talles ultérieures est généralement synchronisée avec l'apparition de chaque nouvelle feuille sur la tige principale, mais après l'émergence totale de la troisième feuille. Les talles secondaires prennent naissance au niveau des nœuds des talles primaires, tandis que les talles tertiaires pourraient, dans de rares occasions, se développer sur des talles secondaires. Par ailleurs, les talles primaires sont relativement faciles à reconnaître et ce grâce à leur taille, relativement supérieure par rapport aux autres types de talles. Cependant, Erroux, (1974) a indiqué que pendant ce stade, une pénurie d'eau et d'éléments nutritifs entraînent un avortement des épillets de la base et du sommet de l'épi.

1.3.4 Montaison

Selon James *et al.*, (2000), un épi rudimentaire, qui a été initié à la base de la plante durant les périodes antécédentes, commence à gagner de la hauteur dans la tige, ce qui annonce la fin du stade tallage et le début du stade montaison. La période de développement des épillets est bien révolue, lorsque le premier nœud est à 0.4 pouce (environ 01 cm) au dessus du sol. Pour Smith et Benson, (2003), à ce stade, la plante dispose d'une tige principale pourvue de 5 à 6 feuilles. On

assiste à la perte (flétrissement) rapide des jeunes talles les moins développées (celles ayant moins de trois feuilles), ce phénomène se déclenche et chaque type de talle a une feuille de moins que la talle de la classe précédente (Fowler, 2002). Cet événement va permettre de synchroniser non seulement la période d'élongation de toutes les talles de même plante, mais aussi assurer qu'il n'y aura que très peu de jours qui les séparent aux stades ultérieurs particulièrement de la maturité pour tous les épis de même plante (Lee *et al.*, 1996).

La période de l'apparition des nœuds sur les tiges commence lorsque le premier nœud devient visible au dessous de l'épi. A la fin de ce stade, l'épi est complètement bien développé et renferme tout le potentiel de fleurs. Après ce stade, l'application de certains herbicides particulièrement ceux à base de phenoxy tels que le 2,4-D et le MCPA provoquent des malformations, voire la stérilité totale de l'épi. Généralement, les tiges de la culture du blé posséderont plusieurs entre nœuds en ordre croissant en termes de longueur, répartis de la base de la plante jusqu'à leur extrémité (Jamieson *et Cloughley*, 2000).

1.3.4.1 Apparition de la feuille étendard

L'apparition de la dernière feuille (feuille étendard) nous annonce que l'épi est sur le point d'émerger (Lee *et al.*, 1996). En effet, après la sortie totale de la dernière feuille, trois nœuds de la tige de la plante deviennent visibles à l'œil nu. Par ailleurs, pour des raisons de pratique et en vue de bien s'assurer qu'il s'agit effectivement de la dernière feuille de la plante, on procède à réaliser une coupe longitudinale tout le long de la gaine de la dernière feuille.

1.3.5 Stade gonflement

Il est important de signaler que le début du stade gonflement varie d'une échelle à une autre. Par ailleurs, la formation d'un col juste après l'apparition de la dernière feuille marque le début du stade gonflement et ce selon l'échelle de Zadocks, tandis que ceci se fait après l'extension complète de cette dernière, en prenant en compte les échelles de Feekes et Haun. A ce stade, la gaine se gonfle pour former une sorte de botte, suite à l'évolution et l'accroissement continue de la taille de l'épi (Nelson *et al.*, 2000).

1.3.5.1 Racines adventives

Selon Lee *et al.*, (1996), chaque talle ne devient indépendante de la talle principale et pourvue de son propre système racinaire qu'après avoir développée trois feuilles. Les talles secondaires qui n'ont pas à leur possession, au moins trois feuilles bien développées, n'ont pas la compétitivité

requis pour les assimiler et se perdent rapidement, une fois le stade d'élongation des tiges est déclenché (Fowler, 2002).

1.3.5.2 Ajustement osmotique

C'est le bon enracinement des géotypes qui ajustent l'osmose, ce dernier est en lien direct avec la maintenance de la turgescence de la plante résultant, un taux de fixation du carbone élevé, qui à son tour réajuste l'osmose de l'apex de la plante (Turner *et al.*, 1980).

L'ajustement osmotique pourrait être considéré comme l'une des mesures majeures pour s'adapter aux conditions difficiles de l'environnement particulièrement la sécheresse. Son utilité est essentielle aux diverses fonctions. Elle permet à la plante de surmonter ces conditions. Parmi lesquelles on peut citer; la préservation de la turgescence ainsi que de la croissance (Boyer, 1985), le retardement de l'enroulement et de la sénescence foliaire, la régulation stomatique (Hsiao *et al.*, 1984), les relations avec le comportement agronomique: le lien qui existe entre la capacité d'ajustement osmotique et le rendement en grain sous stress hydrique (Morgan *et al.*, 1986). Pour Martinez *et al.*, (2007) plusieurs autres fonctions d'ordre physiologique sont aussi incluses à savoir; la photosynthèse, la transpiration, la croissance....

1.3.5.3 Système racinaire et son efficacité dans l'utilisation d'eau

Les géotypes possédant une forte densité racinaire superficielle c. à d. très proche de la surface du sol, sont souvent supposés, contribuer à la réduction de l'évaporation directe du sol (Fischer, 1979). En revanche, en termes d'utilisation efficace de l'eau d'irrigation, les racines profondes affichent une efficacité élevée.

1.3.5.4 Initiation de l'épi

L'exposition de la plante à des températures basses (la vernalisation) a un rôle extrêmement important pour l'initiation et le développement de l'épi. D'après Nelson *et al.*, (2000), des températures convenablement basses sont nécessaires pour satisfaire les besoins de la plante à la vernalisation, tandis que la durée de cette période diffère selon les géotypes et qui pourrait se réduire avec les basses températures et l'avancement du développement de la plante. Cette période coïncide approximativement, au niveau de chaque talle, non seulement avec la période de quatre feuilles mais aussi avant le commencement de l'élongation des tiges.

1.3.6 Epiaison

L'éclatement de la gaine de la dernière feuille et la sortie des premiers éléments de la barbe de l'épi à travers la gaine annonce le début du stade épiaison. Il est le résultat de la croissance et de l'élongation du dernier entrenœud (le pédoncule), qui force et pousse l'épi à l'extérieur du col de la dernière feuille (Nelson *et al.*, 2000). Au moment de l'épiaison, la floraison n'est pas encore achevée au niveau de l'épi (Fowler, 2002). Par ailleurs, la température et le régime de la radiation qui règnent pendant la pré et post-floraison jouent un rôle capitale sur certaines composantes du rendement et affectent particulièrement le nombre de grains/m² ainsi que le poids de 1000 grains (Ortiz-Monasterio *et al.*, 1994).

1.3.6.1 Importance de la durée de croissance de l'épi

Il y a lieu de signaler que l'élongation de la période de croissance de l'épi a un effet significatif, particulièrement sur l'indice de récolte. De même, Abbate *et al.*, (1998) ont rapporté que l'élargissement de cette période de 27 à 37 jours pourrait s'accompagner avec une augmentation du poids sec de l'épi, ce qui est équivalent à une augmentation de l'indice de récolte de 31 à 43 %. De ce fait, d'après ces mêmes auteurs, il est vivement utile pour les chercheurs d'exploiter cette possibilité lors de l'élaboration et de la conception des programmes d'amélioration du rendement en grain.

1.3.7 Floraison et sortie des anthères

Il est à signaler que les plantes ont évolué des chemins multiples pour la régulation de la date de floraison. En effet, selon Rudnoy *et al.*, (2002), du fait que le FLC (des protéines précurseurs de la floraison) détermine le niveau de la réponse à la vernalisation pour la promotion de la floraison, ces protéines semblent être le régulateur décisif de l'induction à la floraison via la vernalisation. Il a été constaté que la tige principale (le maître brin) est couramment dominante à la floraison, alors que les épillets de la même tige poursuivent leur épanouissement dans un ordre bien déterminé. Selon Acevedo *et al.*, (1998), la floraison et par la suite la pollinisation commence à partir de la partie centrale de l'épi et continue progressivement ensuite vers la base et l'extrémité de l'épi en même temps (simultanément). Tous les épis de la plante fleurissent en quelques jours d'écart, donc, selon le même ordre qu'a suivi l'initiation florale.

Néanmoins, les basses températures sont à craindre et qui pourraient être à l'origine des blessures conduisant à la stérilité soit partielle ou complète de l'épi. Dans ce cadre, habituellement les variétés à cycle court de développement et/ou à maturité précoce sont les plus susceptibles aux

blessures dues à la gelée, du fait de l'émergence tardive de l'épi des variétés à cycle complet (Buchanan, 1996). Par ailleurs, Boyeldieu, (1980) a conclu que les facteurs qui provoquent la stérilité de l'épi sont nombreux et parmi lesquels, les températures basses particulièrement celles comprises entre 0 et 3 C° et/ou un déficit hydrique pendant la période d'épiaison, ainsi que la compétitivité des mauvaises herbes (Hamadache, 1989). Au cours de la période au voisinage de l'épiaison, des gelées mêmes faibles peuvent entraîner, chez les céréales à paille, la stérilité de certains épillets, qui blanchissent complètement (Boyeldieu, 1980).

1.3.8 Anthèse

Selon plusieurs auteurs (Lee *et al.*, 1996 ; Nelson *et al.*, 2000), plusieurs génotypes de blé tendre sont à floraison de type ouverte, où la floraison a lieu dès la sortie totale de l'épi de sa gaine. La sortie des anthères se voit, plus tard, individuellement pour chaque fleur de l'épillet, ce qui confirme la bonne évolution et la réussite de la pollinisation des fleurs, malgré que ce phénomène parfois soit difficile à observer, particulièrement sous les conditions de stress tel que lors des journées très ventilées. En ce qui concerne les génotypes à floraison fermée, les anthères demeurent à l'intérieur de chaque fleur.

Si les anthères de la fleur sont de couleur jaune ou grise plutôt que verte, il est raisonnablement certain que la floraison a déjà eu lieu (Nelson *et al.*, 2000). Les conditions de stress pourraient provoquer carrément l'avortement total ou partiel des fleurs et ce dans un ordre inverse à leur initiation résultant des fleurs vides ou simplement stériles notamment celles situées à l'extrémité de l'épi (Lafitte et Courtois 1999 ; Nelson *et al.*, 2000).

1.3.8.1 Eclatement de l'anthère

La culture du blé pourrait être considérée au stade pleine floraison lorsque 50 % des épis ont, au moins, une anthère éclatée. Pour Ortiz-Monasterio *et al.*, (1994) cette période s'étend de 0 à 7 jours avec une moyenne de 03 jours après l'épiaison. Toutefois, Loumis et Connor, (1997) ont rapporté que le stress hydrique a un effet important sur les rendements en grain et ce à partir du début de floraison jusqu'à 10 jours post sortie des anthères et une attention particulière doit être réservée à cette période. Les génotypes à floraison précoce en conditions pareilles (similaire à l'environnement méditerranéen) sont d'une extrême importance.

1.3.9 Principaux stades de développement du grain

1.3.9.1 Stade grains laiteux

Pendant ce stade, les grains sont remplis d'un liquide parfaitement ressemblant au lait et qui pourraient être facilement écrasés. D'après James *et al.*, (2000), du point de vue morphologique et physiologique, l'embryon est complètement formé et a une longueur de 1/32 pouce. Par ailleurs, les réserves emmagasinées au niveau des parties inférieures de la plante subissent un redéploiement et transfert vers les parties supérieures et ce en parallèle avec l'évolution des grains, alors que plusieurs parties de la base de la plante dépérissent et la taille du grain augmente rapidement (Fowler, 2002). La durée de cette période varie selon les variétés de 11 à 15 jours (Boyeldieu, 1980).

1.3.9.2 Stade grains pâteux (mous)

Les réserves stockées pendant les stades précédents sont graduellement transformées en une matière ressemblant plus ou moins à une patte alimentaire. Pendant ce stade, le grain accumule rapidement des réserves de types amylacées et protidiques, tandis que le poids et le niveau d'eau dans le grain demeurent constants: c'est évidemment le palier hydrique (Boyeldieu, 1980). Cependant, à la fin de cette période, la couleur verte des grains commence progressivement à disparaître et la majeure partie du poids sec qui constitue l'essentiel du grain s'est déjà accumulée (Nelson *et al.*, 2000).

1.3.9.3 Stade grains pâteux durs

Au terme de ce stade, le grain est caractérisé par un taux d'humidité faible de l'ordre de 30 à 40 %, alors les grains sont au stade de maturité physiologique, tandis que les glumes et le pédoncule prennent la coloration typique de la variété ; jaune ou rouge (Lee *et al.*, 1996 ; Fowler, 2002). Après ce stade, les pertes principales en rendement sont dues, soient aux pertes pendant l'opération de récolte, soient à des dégâts occasionnés par les conditions climatiques prédominantes telles que la grêle, vents violents, même la germination sur pieds ou au pillage d'insectes et des oiseaux granivores (Nelson *et al.*, 2000).

1.3.9.4 Stade grains durs

Le grain est physiquement difficile à fractionner à l'aide de l'ongle de la pousse, mais la surface du grain pourrait être fissurée avec le bord de l'ongle. A ce stade, toutes les parties de la

plante deviennent sèches. Le taux de l'humidité du grain est à environ 25 %, mais il est très élevé pour un stockage en toute sécurité au niveau des silos (Nelson *et al.*, 2000).

1.3.9.5 Stade de maturité pour le stockage

A la fin du cycle de la culture, le grain est incassable par les ongles et difficile à fissurer sa surface avec le bord de l'ongle du doigt, lorsqu'on le brise, il se fragmente en plusieurs parties. Lorsque le taux d'humidité au niveau des grains baisse à la limite de 13 ou 14 %, les grains sont prêts pour la récolte directe avec la moissonneuse batteuse, ainsi que pour le stockage (Nelson *et al.*, 2000).

1.4 Sélection assistée par des marqueurs ADN

Les marqueurs moléculaires ne sont pas sensibles aux fluctuations de l'environnement et indépendants de l'organe analysé ou du stade de développement de la plante et deviennent un complément nécessaire des marqueurs morphologiques et biochimiques dans l'amélioration génétique des céréales (Najimi *et al.*, 2003). La sélection assistée par les marqueurs n'est pas seulement efficace et précoce, mais aussi permet de déterminer le génotype aussitôt que le matériel est disponible pour l'extraction de l'ADN, alors qu'un bon marqueur doit être à hérédité simple, multi-allélique et co-dominant (Najimi *et al.*, 2003). Les marqueurs de l'ADN permettent de positionner sur une carte génétique des gènes / QTL, codant pour des caractères d'intérêt et de les suivre dans un schéma de sélection.

Il existe plusieurs techniques de marquage moléculaire, chacune à ses propres caractéristiques et domaines d'application (Gupta *et al.*, 1999 ; Santoni *et al.*, 2000 ; Langridge *et al.*, 2001) parmi lesquelles on peut citer:

1.4.1. Marqueurs RFLP (Polymorphisme de Longueur des Fragments de Restriction)

Afin d'identifier la variabilité de l'ADN génomique par l'usage des enzymes de restriction après digestion, les RFLP ont été utilisés pour la première fois en cartographie génétique humaine par Bostein *et al.*, (1980). Le polymorphisme détecté est dû à des mutations au niveau des sites de restriction de l'enzyme et/ou à des délétions/insertions d'un fragment d'ADN, au voisinage de la zone génomique et elle est co-dominante, mais lente et laborieuse (Najimi *et al.*, 2003).

1.4.2. Marqueurs de type PCR

Ils se caractérisent par un analyse en un temps court avec des concentrations faibles d'ADN, toutefois, les plus souvent utilisés chez le blé sont:

1.4.2.1 Microsatellites ou SSR (Simple Sequence Repeat)

Ils sont constitués de séquences de di-, tri- ou tétra-nucléotides répétées en tandem, uniformément répartis en plusieurs exemplaires sur le génome, offre un degré de polymorphisme élevé et qui repose sur la variation du nombre d'unités de répétition constituant le microsatellite (Morgante et Olivieri, 1993). Toutefois, si les SSR sont reproductibles, co-dominants et aisés à l'utilisation, leur caractérisation initiale est assez lourde i.e. la production passe par un clonage et séquençage des éléments répétés (Morgante et Olivieri, 1993). Pour Thuillet *et al.*, (2004), chez le blé, leur simplicité d'utilisation, fort taux de polymorphisme et capacité d'analyse à moyen débit ont permis aux SSR de remplacer les marqueurs RFLP.

1.4.2.2 Technique A F L P (Amplified Fragment Length Polymorphism)

Elle utilise, à la fois, les enzymes de restriction et d'amplification PCR. L'ADN génomique est clivé par deux enzymes de restriction. Des adaptateurs de séquences connues et spécifiques des enzymes de restriction utilisés sont ajoutés aux extrémités des fragments de restriction, générant ainsi une matrice pour l'amplification (Vos *et al.*, 1995). Cette technique est puissante, stable et rapide et permet, chez les céréales, l'identification des cultivars et la détermination de leur relation phylogénétique, la cartographie des génomes et le clonage (Najimi *et al.*, 2003). Toutefois, la dominance, le coût élevé et les difficultés techniques liées au marquage par AFLP limitent son utilisation à grande échelle...

1.4.2.3 Technique RAPD (Randomly Amplified Polymorphic DNA)

Elle comprend l'amplification par PCR des fragments de l'ADN, en utilisant des amorces arbitraires de taille courte (10 pb) et permet l'amplification d'une dizaine de fragments, correspondant à des locus dominants qui constituent des marqueurs (Williams *et al.*, 1990). Par ailleurs, du fait de sa sensibilité à la concentration de l'ADN et aux conditions d'amplification, la RAPD manque de reproductibilité (Najimi *et al.*, 2003).

PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre II: Partie expérimentale

2.1 Etude du milieu

2.1.1 Climat

En ce qui concerne l'étude relative à la variation moyenne des facteurs climatiques (pluviométrie, température, humidité de l'air, vent et évaporation) pendant les 5 années d'expérimentation de 2010 à 2014, les données ont été fournies par la station expérimentale de l'I.N.R.A.A. Adrar.

2.1.2 Sol

L'analyse chimique des échantillons prélevés du sol, ainsi que l'interprétation des résultats obtenus ont été effectués au niveau du laboratoire agro-pédologique de la station I.N.S.I.D d'Adrar.

2.1.2.1 Propriétés du sol

Afin de déterminer les propriétés agronomiques du sol, nous avons prélevé des échantillons du sol selon les diagonales à une profondeur de 20 cm dans la parcelle d'expérimentation. Les échantillons ont été mélangés et un échantillon moyen a été envoyé au labo pour analyse.

2.1.3 Eau d'irrigation

Des échantillons d'eau d'irrigation ont été pris et ont subi à l'analyse chimique. L'analyse et l'interprétation des résultats obtenus ont été réalisées au niveau de la station de l'A.N.R.H. d'Adrar.

2.2. Matériel végétal, dispositif expérimental et itinéraire technique

Ce travail ayant pour objectif principal d'étudier certains paramètres génétiques (la variation génétique et phénotypique, l'héritabilité au sens large, le gain génétique ainsi que l'héritabilité au sens étroite) d'un matériel phytogénétique, issu de différentes origines géographiques. Cette étude s'inscrit dans un cadre d'élargir la diversité génétique des variétés utilisées au niveau des zones céréalière, à travers des croisements entre des ressources locales de blé tendre saharien avec des variétés/populations introduites. En effet, l'étude de la richesse constatée sur le terrain au niveau de la variation de l'expression de caractères, pourrait permettre une valorisation de cette diversité du blé tendre et le développement des variétés alternatives, particulièrement dans les zones à hautes potentialités de production.

La priorité sera réservée aux caractères influents sur l'amélioration de l'adaptation des conditions de stress et qui permet une ample expression du rendement potentiel. Parmi ces

caractères, la précocité à l'épiaison et à la floraison permettant d'échapper aux périodes de sécheresse, les fortes chaleurs et radiations solaires intenses ainsi que la forte fertilité de l'épi et la qualité du gluten.

2.2.1 Matériel végétal

2.2.1.1 Variétés utilisées

Le choix des parents a été fait sur la base d'abord de la diversité géographique de l'adaptation au milieu local, sans oublier certaines caractéristiques morphologiques, agronomiques et phénologiques à savoir;

-Les variétés introduites:

- La hauteur naine (Anza) et demi naine de la paille (Hidhab 1220).
- La résistance à la verse (Anza)
- La courte durée de remplissage (Anza)
- La résistance à l'échaudage des grains (Hidhab 1220)
- Le rendement élevé en grain (Anza).
- La présence d'une barbe très longue (Hidhab 1220).

-les variétés/populations locales:

- Présence des poils sur les glumelles (Toutes les variétés locales sauf type Manga)
- La compacité de l'épi (Belbali, Shouitter, Bel Mabrouk).
- La forte capacité de tallage et de tallage épi par plante (Manga type II et Belbali)
- La précocité (Sabaga, El Merakba, Shouitter, Bel Mabrouk)
- La forte capacité à évoluer des talles herbacées en talles épis (Manga type II).
- La résistance à l'égrenage (Manga type II).
- Taux élevés de protéines.

Lors de la campagne 2009/2010 et pour les besoins de croisement et de sélection, nous avons utilisé une gamme variée de matériel génétique local et introduit.

2.2.1.1.1 Variétés locales

Les variétés/populations natives de la région d'Adrar retenues, lors de la première année de cette étude et qui suivent la nomenclature locale, sont en nombre de 9. Il s'agit de Bel Mabrouk, Bent Mebarek, Sabaga, Shouitter, El Farah, Manga (type I et II), El Baldi, El Merakba. Ces variétés/populations, dans leur milieu d'origine, dévoilent une abondance de forme, de couleur et d'utilisation.

2.2.1.1.2 Variétés introduites

Pour les besoins du croisement, nous avons opté pour l'usage de deux (02) variétés introduites, dont les essais de comportement ont été réalisés par l'Institut National des Grandes Cultures (I.T.G.C), dans l'objectif de répondre aux besoins exprimés par les professionnels de la céréaliculture. Il s'agit des variétés Anza et Hidhab 1220.

Pour le but d'évaluer la variation génétique chez les divers hybrides F1, nous avons effectué une série de croisement entre les variétés locales et celles importées. Le tableau descriptif suivant résume l'essentiel des caractéristiques morphologiques, agronomiques et technologiques de ces variétés introduites.

Tableau 1: Principales caractéristiques agronomiques et technologiques des variétés introduites (Source I.T.G.C, 1994).

Variété / Caractère	Anza	Hidhab1220
Epiaison	Précoce	Précoce
Hauteur de la tige	Courte	Moyenne
Résistance à la verse	Résistante	Modérément Résistante
Résistance à l'échaudage	Résistante	Modérément Résistante
(W) de l'alvéographe	Moyenne	Elevée
Extensibilité	Bonne	Bonne
Elasticité	Moyenne	Bonne
P/L	Equilibré	Equilibré
Panification	tout juste panifiable	Blé correcteur
P.M.G. (g)	36	39

2.2.2 Dispositif expérimental

Pendant les années d'expérimentation, le dispositif expérimental choisi est en blocs aléatoires complets avec 03 répétitions. Les générations F1, F2, F3, F4 ainsi que leurs parents ont été mis en place, respectivement au cours des campagnes agricoles 2011, 2012, 2013 et 2014. La parcelle élémentaire est un rang de 1 m de long pour F1 et de 03 m de long pour les F2, F3 et F4.

La distance entre grains a été réduite à 10 cm, tandis que la distance entre chaque deux lignes de la culture a été élargie à 40 cm et ce en vue de faciliter les notations, comptages et permettre aux plantes de divers types (les parents, les générations F1, F2, F3 et F4) de s'exprimer amplement.

Tableau 2: Codes et variétés parentales utilisées lors du croisement.

Code	Variété	Code	Variété
Frh.	El Fareh	Hd	Hidhab 1220
Az.	Anza	Btmk.	BentMebarek
Bbli.	Belbali	Str	Shouitter
Mmna.	Moumna	Bld.	El Baldi
Bmbk.	Belmabrouk	Mga1.	Manga Type 1
Mkb.	El Merakba	Mga2.	Manga type II
Sbg.	Sabaga		

Les croisements réalisés sont donnés sur le tableau suivant:

Tableau 3: Liste des différentes combinaisons des hybrides réalisées entre les différents parents.

N°	Croisement	N°	Croisement
1	Hd x Bmbk	16	Mkb x Sbg
2	Hd x Bld	17	Mga1 x Hd
3	Hd x Frh	18	Mga1 x Az
4	Hd x Mga2	19	Bld x Az
5	Hd x Str	20	Bld x Hd
6	Hd x Sbg	21	Mga2 x Hd
7	Hd x Mga1	22	Mga2 x Az
8	Hd x Mkb	23	Frh x Hd
9	Hd x Btmk	24	Frh x Az
10	Az x Mga2	25	Sbg x Hd
11	Az x Frh	26	Sbg x Mkb
12	Az x Bld	27	Bmbk x Hd
13	Az x 19	28	Bmbk x Mkb
14	Mkb x Hd	29	Btmk x Hd
15	Mkb x Bmbk	30	Str x Hd

Les semences F0 pour F1 de ces croisements ont été semées en date du 19 décembre 2010 sur un rang par croisement. En date du 20 décembre 2011, la génération F2 de chaque croisement a été mise en place sur 3 rangs de 3 m de long, dans un dispositif en blocs avec trois répétitions.

Par ailleurs, les parents sont semés à chaque année avec les générations et les groupes de lignes sélectionnées, pour les caractères visés comme paramètres de sélection. L'ensemble dans un dispositif en blocs aléatoires à trois répétitions et ce durant les campagnes 2011, 2012, 2013 et 2014. Le schéma à deux dimensions (1 en annexe) représente la répartition (aléatoire) des génotypes (les parents et la descendance F1) sur la parcelle d'expérimentation pour la 1^{ère} année 2010/2011.

Tout le matériel végétal est considéré comme étant une seule population de lignées, qui ont été sélectionnées par plante en F2 sur la base de critères spécifiques, semées ensemble en F3 et F4 et conduites selon la méthode de sélection bulk.

La méthode en question dite bulk – pedigree, à l'heure actuelle, est la plus répandue au niveau des centres internationaux de croisement et de sélection des plantes comme l'ICARDA qui travaillent dans les milieux variables (Ceccarelli et Grando, 1989)

2.2.2.1. Localisation et identification du site de l'essai

La position géographique de la parcelle d'expérimentation au niveau de la station INRAA) a été comme suite;

- Latitude : 27°, 49' - Longitude : 00° 18' - Altitude : 278° 48'

Cette localisation est déterminée à l'aide d'un appareil G.P.S. (Global Positioning System).

Le site est à environ 5 km au sud de la ville d'Adrar, à droit et à environ 500 m séparé de la route nationale n° 2, au niveau de la ferme expérimentale de la station d'Adrar de l'Institut National

de la Recherche Agronomique (INRAA), tandis que l'essai avait une orientation nord- sud. La superficie totale de la ferme est d'environ 60 ha, dont la quasi-totalité de la surface est réservée à la phoéniculture, où il se pratique un système varié d'exploitation et de production qui se base sur plusieurs spéculations (céréales, cultures maraichères et fourragères...) en intercalaire et sous étages du palmier dattier.

2.2.2.2 Méthode expérimentale

Les notations et mesures ont été réalisées par parcelle élémentaire, à chaque stade de la culture et focalisées sur la détermination de certains caractères morpho-phénologiques quantitatifs, ainsi que des composantes du rendement dont leurs abréviations sont entre parenthèse à savoir;

- Le coefficient de tallage par plante (Tal. P)
- Le nombre de talles épis par plante (Tal. Ep).
- La précocité à l'épiaison (Pr. Ep) est notée comme étant la durée en jours calendaires, comprise entre la levée totale et la date de sortie de 50 % des épis (épiaison) et ce par parcelle élémentaire.
- La hauteur de la tige du maître brin (H.T) au stade de maturité physiologique, prise du sol jusqu'à la fin du pédoncule (épi non inclus).
- Nombre de grains par épi (Gr.E)
- Nombre total d'épillets par épi (Ept.T)
- Nombre d'épillets fertiles par épi (Ept. Ft)
- La longueur de l'épi (L.E).
- La densité de l'épi (le rapport entre la longueur d'épi en cm sur le nombre total d'épillets)

A signaler que les mesures relatives aux caractéristiques de l'épi (la longueur de l'épi, le nombre d'épillets, la densité, le nombre de grains), ainsi que de la hauteur de la tige sont prises à partir du maître brin.

2.2.3 Itinéraire technique

2.2.3.1 Irrigation

Du fait de la rareté, voire de l'absence quasi totale des précipitations au niveau de la zone d'étude, les opérations culturales commencent par une pré-irrigation. Le système d'irrigation adopté est la goutte à goutte avec un calendrier de deux à trois irrigations par semaine, selon les conditions climatiques et les exigences de la culture.

2.2.3.2 Travail du sol

Les travaux de préparation du sol se limitent à un passage du chisel. Les parcelles ont été aménagées manuellement à l'aide de la houe. Afin de garder la distance entre lignes bien fixe et droite, dans les limites du possible et près des lignes de semis, ces dernières ont été tracées et confectionnées à l'aide d'un cordon bien tendu à ces extrémités.

2.2.3.3 Fertilisation

Le phosphore apporté est en une seule prise, sous forme de T.S.P. 46 % en granulé avec une dose équivalente de 04 q/ha, tandis que l'épandage a été effectué juste avant le semis. En ce qui concerne la fertilisation azotée, le type d'engrais utilisé est l'urée 46 % avec une dose équivalente à 05 q/ha. Toutefois, afin de couvrir les besoins des phases critiques du cycle de la culture à savoir ; la levée, le tallage, et le début de la montaison, cette dose a été fractionnée en trois apports. Pour la fertilisation potassique, le bilan des analyses du sol réalisé nous montre que le taux de la potasse assimilable est modérément déficitaire. A cet effet, cet élément est appliqué une année sur deux sous forme de sulfate de potasse 50 %, à raison de deux (02) q/ha tandis que l'épandage a été effectué durant la phase de préparation du lit de la semence.

2.2.3.4 Semis

Lors de la 1^{ère} année (campagne 2009/2010), le semis a eu lieu le 8 novembre. Les lignes de semis sont espacées de 40 cm. Par ailleurs, la profondeur des lignes est de l'ordre de 2 cm au fond desquelles les grains sont placés. Par ailleurs, pour les besoins des travaux de croisement au stade épiaison et afin de synchroniser ce dernier de diverses variétés, nous avons procédé à un semis échelonné en commençant par les variétés tardives selon l'indice de précocité obtenu lors des travaux précédents (durant la phase de Magistère). Durant les années qui suivent, l'espacement retenu entre grains est de 10 cm avec la même séparation entre lignes (environ 40 cm).

2.2.3.5 Désherbage

Pendant les premiers stades de la culture, nous avons inventorié une gamme variée d'espèces adventices; monocotylédones particulièrement, le ray grass et le pâturin, ainsi que certaines dicotylédones (le chénopode, le rumex, la moutarde et la nielle) et des repousses de la culture précédente. Toutefois, du fait que l'envahissement des mauvaises herbes se limite à des touffes par endroit, nous avons effectué des passages périodiques de désherbage manuel des parcelles et ce dès l'installation du système d'irrigation.

2.2.2.6 Récolte

La récolte a été effectuée manuellement à chaque fois au stade de maturité physiologique de la culture. Cependant, les épis assujettis aux croisements ont été récoltés au stade maturité complète. Par ailleurs, à la fin de la récolte, en vue de mieux préserver les grains, les épis récoltés ont été préservés intacts dans des sachets jusqu'à la date de semis de l'année qui suit.

Lors de la campagne 2010/2011, à côté des variétés locales et des deux variétés introduites, nous avons utilisé les grains issus de divers croisements effectués pendant l'année 2009/2010. Durant la campagne 2011/2012, nous avons utilisé les grains issus des populations hybrides F1 avec leurs parents qui les ont générés pour les besoins de l'analyse et de l'évaluation, à travers des paramètres génétiques.

Durant la campagne agricole 2012/2013, selon des critères de sélection bien déterminés et qui répondent aux différentes exigences à savoir ; la capacité de tallage, le nombre de grains par plante et la précocité. Certains paramètres d'évaluation et de présélection ont été entrepris pour les générations F3, F4 ainsi que pour leurs parents (Héritabilité au sens large, le gain génétique attendu et l'héritabilité au sens étroit).

2.3 Analyses des données

Les données de diverses générations de différents croisements sont soumises à une analyse de la variance, prenant la plante comme répétition (pour F1 une moyenne de 10 plantes par répétition). Cette analyse permet de tester l'effet croisement. Elle permet aussi de déduire les composantes de la variance et de calculer le degré d'héritabilité pour l'ensemble des croisements, par caractère étudié.

Le modèle additif d'une telle analyse de la variance appliqué est selon Steel et Torrie (1980), comme suit :

$$Y_{ij} = \mu + g_i + b_j + e_{(ij)}$$

Où :

Y_{ij} = Valeur observée du génotype i sur le bloc j

μ = Moyenne générale de l'essai

g_i = Effet du génotype i

b_j = Effet du bloc j

$e_{(ij)}$ = Résiduelle du modèle

Par ailleurs, les différentes sources de variation ainsi que le test F de ce modèle sont indiqués au tableau 4.

Tableau 4: Schéma d'analyse de la variance du modèle additif adopté (McIntosh, 1983).

Source de variation	DDL	CM	F test
Bloc	b-1	M1	M1/M6
Génotype	g-1	M2	M2/M6
Parents	p-1	M3	M3/M6
Fn	Fn-1	M4	M4/M6
Parents vs Fn	1	M5	M5/M6
Résiduelle	(g-1)(b-1)	M6	-
Totale	bg-1	-	-

La plus petite différence significative, au seuil de 1%, (ppds 1%) est calculée selon Steel et Torrie (1980) comme suit :

$$\text{ppds 1\%} = t_{0.01} \sqrt{\delta^2 e / b}$$

Où :

-t : est la valeur du t de table au seuil de 1% pour (g-1)(b-1) degrés de liberté de la résiduelle.

- $\delta^2 e$: est la résiduelle de l'analyse de la variance de la variable considérée

-b : le nombre de blocs qui est égale à 3.

Lorsque l'effet croisement est significatif, on procède à l'étude du déterminisme des différents caractères et ce à partir des performances moyennes observées relatives aux diverses générations.

2.3.1 Valeurs propres parentales et degré d'expression de l'hétérosis

La valeur moyenne a été calculée par addition des valeurs des deux parents qui est divisée par deux (moyenne des valeurs des deux parents). La valeur de l'hétérosis a été obtenue par la comparaison de la valeur moyenne de la génération F1 avec celle du parent moyen de chaque caractère étudié, selon la méthode de Fonseca et Patterson, (1968).

L'hétérosis par rapport au parent moyen (H) est calculé en F1 et F2, comme déviation relative au parent moyen pour un caractère donné (Romero et Frey, 1973), comme suit :

$$H \% = \frac{(X_{FN} - X_{PM})}{X_{PM}} \times 100$$

D'où

- H % : est l'hétérosis par rapport au parent moyen
- X_{Fn} : est la moyenne observée de la génération Fn.
- X_{P_M} : est la moyenne observée des deux parents.

2.3.2 Distance phénotypique (D)

C'est la distance séparant les lignées et qui a été déterminée par :

$$D = (X_{P_2} - X_{P_1})$$

D'où

- X_{P_2} : est la valeur propre du parent supérieur pour le caractère considéré.
- X_{P_1} : est la valeur propre du parent inférieur pour le même caractère.

Ces formules reposent essentiellement sur les hypothèses restrictives suivantes:

- Tous les gènes contrôlant le caractère ont le même effet.
- Un parent (P_1) porte tous les gènes récessifs et l'autre parent (P_2) tous les gènes dominants.
- L'absence de liaisons entre les gènes non allèles (linkage) et d'interaction non allélique (épistasie).
- Le degré de dominance des gènes est équivalent pour tous les gènes dominants.

Afin de déterminer la nature des liaisons qui pourraient exister entre les combinaisons hybrides, les matrices de corrélation phénotypique sont calculées entre les paires de caractères mesurés chez les différents croisements par génération ainsi que chez les lignées parentales.

2.3.3 Degré de ressemblance entre apparentés

Il est aussi déterminé par régression des valeurs des hybrides à parent constant sur celles des parents variables. Le degré de ressemblance entre parentés est aussi déterminé par le calcul du coefficient de corrélation entre les générations successives (Cox et Frey, 1984).

Dans cette analyse, la variance de la génération F2 est égale à :

$$\sigma^2_{F2} = \sigma^2_G + \sigma^2_e$$

La variance des lignées parentales est égale à :

$$\sigma^2_{Par} = \sigma^2_e$$

2.3.4 Coefficients de variation phénotypique (CVp) et génotypique (CVg), héritabilité au sens large (h^2_{bs}) et gain génétique

Ces paramètres relatifs aux générations considérées (F2, F3 et F4) sont calculés comme suit :

* les coefficients de variation phénotypique (CVp) et génotypique (CVg) sont calculés selon la formule de Singh et Chaudhary, (1985)

$$CVp (\%) = 100 * \frac{\sqrt{\delta^2 F2}}{\bar{Y}}$$

$$CVg (\%) = 100 * \frac{\sqrt{\delta^2 F2 - \delta^2 e}}{\bar{Y}}$$

Où

\bar{Y} : est la moyenne du caractère étudié.

Pour l'interprétation des valeurs de ces deux paramètres nous avons utilisé l'échelle établie par Deshmukh *et al.*, (1986). Qui stipule que les valeurs ≥ 20 % sont élevées, celles qui oscillent entre 10 et 20 % sont moyennes tandis que celles < 10 % sont faibles.

* L'héritabilité au sens large (h^2 bs) est déduite, selon Falconer et McKay, (1996) comme suit:

$$h^2 \text{ bs} = (\delta^2 F2 - \delta^2 \text{ Par}) / \delta^2 F2$$

Pour l'interprétation des valeurs de ce paramètre nous avons utilisé l'échelle établie par Pramoda et Gangaprasad, (2007). L'échelle en question précise que les valeurs ≥ 80 % sont très élevées, celles qui oscillent entre 60 et inférieures à 80 % sont élevées, les valeurs qui se situent entre 40 et 60 % sont juste moyennes tandis que celles < 40 % sont faibles.

*Le gain génétique attendu (GGA) est réalisable, en théorie au niveau de la descendance, en réponse à la sélection selon la formule proposée par Allard, (1964):

$$GGA = K * \delta F_n * h^2 \text{ bs}$$

D'où

$$k = 2.06 \text{ au seuil de } 5\% \text{ d'intensité de sélection}$$

δF_n : l'écart type de la variance phénotypique de la génération (F2, F3 et F4)

Les individus de F3 ont été retenus, à partir de 10 croisements issus des populations de F2, durant l'année précédente et à raison de 03 lignées par croisement soit un total de 30 lignées. Les individus F3 ont été semés au niveau de la même station expérimentale de l'INRAA d'Adrar, ce sont des génotypes à fortes valeurs pour les caractères sélectionnés à l'exception de la précocité, du nombre d'épillettes stériles par épi ainsi que de la hauteur de la paille.

2.3.5 Coefficient d'héritabilité au sens étroit (h^2)

Il a été calculé à l'aide du coefficient de régression ou de corrélation (Olivier, 1971) ou l'héritabilité selon la méthode de coefficient de régression.

$$b_{xy} = \text{COV}(x, y) / V(x).$$

D'où

b = Coefficient de régression.

$\text{COV}(x, y)$ = Covariance entre les valeurs x et y .

$V(x)$ = Variance des valeurs x .

y = Performance de la génération F_n pour le caractère étudié.

x = Performance de la génération F_{n-1} pour le même caractère.

L'interprétation de la grandeur des valeurs est selon la méthode proposée par Robinson, (1966).

L'étude des relations entre les différentes variables mesurées a été faite sur la base du calcul des coefficients de corrélations phénotype (r_p) et génotypique (r_g). Ces corrélations donnent une idée sur les caractères susceptibles d'être utilisés comme critères de sélection.

2.3.6 Etude de l'efficacité de la sélection précoce

Les mesures prises de la parcelle d'expérimentation relatives aux divers caractères ont été mises en analyse de la variance à deux facteurs étudiés à savoir; l'effet génération qui est confondu avec l'effet année ainsi que l'effet génotypique c.-à-d. les lignées sélectionnées.

L'analyse de la variance a été réalisée selon le model additif (Steel et Torrie, 1980) suivant :

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + E_j + GxE_{ij} + B(E)_{jk} + e_{ijk}$$

Dont

Y_{ijk} : La valeur observée sur le génotype i , l'environnement j et le bloc k

μ : La moyenne générale de l'essai

G_i : L'effet du génotype i .

E_j : L'effet de l'environnement j .

GxE_{ij} : L'interaction du génotype i dans l'environnement j

$B(E)_{jk}$: L'effet bloc k hiérarchisé à l'environnement j .

e_{ijk} : La résiduelle associée au génotype i , l'environnement j et le bloc k

L'analyse des données relatives aux parents et diverses générations (Calcul des moyennes, régression, corrélation, analyse de la variance et en composantes principales ...) a été effectuée à l'aide du logiciel Matlab 13.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Chapitre III : Résultats et discussion

3.1 Etude du milieu

3.1.1 Climat

3.1.1.1 Pluviométrie

A l'exception de quelques orages de courte durée et de faible effet qui se rencontrent le plus souvent au mois d'octobre et / ou février, les pluies au niveau de la région d'Adrar sont rares, voire absentes dont le cumul total de l'année est moyennement de 15 mm. La comparaison entre les bilans des 5 années avec les besoins réels de chaque stade phénologique de la culture, montre un écart écrasant entre ces besoins et les quantités offertes par la précipitation et que la plante est en déficit accru en eau. A cet effet, le recours à l'irrigation des cultures est obligatoire dès la période de préparation du sol, ainsi que pour subvenir aux besoins des différents stades de la culture et qui doivent être apportés avec des doses conséquentes (Fig. 1).

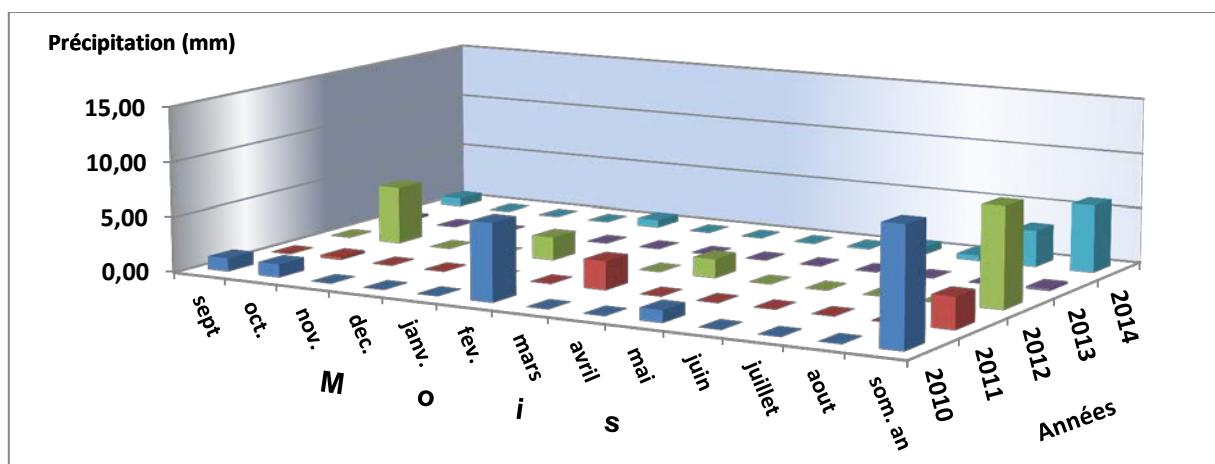


Fig. 1: Variation des précipitations mensuelles moyennes pendant les 5 années d'expérimentation 2010 à 2014 (Source: station I.N.R.A.A. Adrar).

3.1.1.2. Température

La température mensuelle moyenne est de l'ordre de 24° C, cependant cette moyenne cache des fluctuations, elle passe de 12° C pendant l'hiver (décembre - janvier) à environ 40° C pendant le mois de juillet (Fig. 2). Par ailleurs, à partir du mois de septembre, la diminution des températures diurnes permet de pratiquer la céréaliculture, ainsi que d'autre spéculations variées (maraîchères, épices...) cultivées soit sous palmier dattier (cultures sous étages) dans le secteur oasien, ou sous pivot d'irrigation au niveau de la grande mise en valeur. Cependant, dès le début du mois de mai, les températures diurnes deviennent de plus en plus caniculaires et se stabilisent autour de 42° C et même davantage, pendant les mois de juillet et août (Fig. 2).

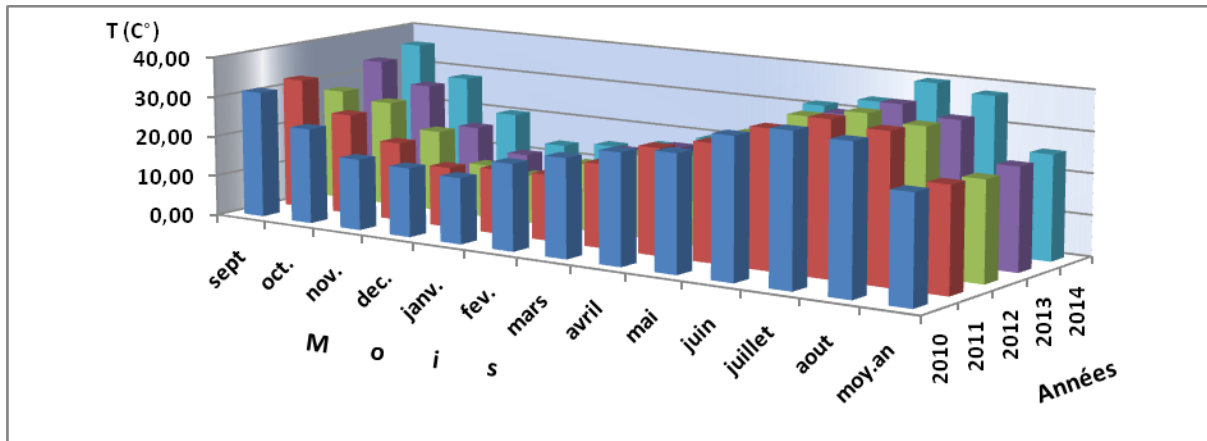


Fig. 2 : Variation de la température moyenne mensuelle pendant les 5 années d'expérimentation; 2010 à 2014 (Source station I.N.R.A.A. Adrar).

3.1.1.3 Humidité de l'air

Le climat prédominant de la région d'Adrar est de type désertique continental très rigoureux et se caractérise par deux saisons plus ou moins bien distinctes. Un été qui s'étend, à partir de la mi-mars jusqu'à la fin d'octobre, d'où une sécheresse sévère et prolongée qui s'installe sur la majeure partie de cette période. Un hiver court plus ou moins doux, dont l'humidité relative de l'air pourrait franchir la barre de 50 % et ce pendant les mois de décembre et janvier (Fig. 3)

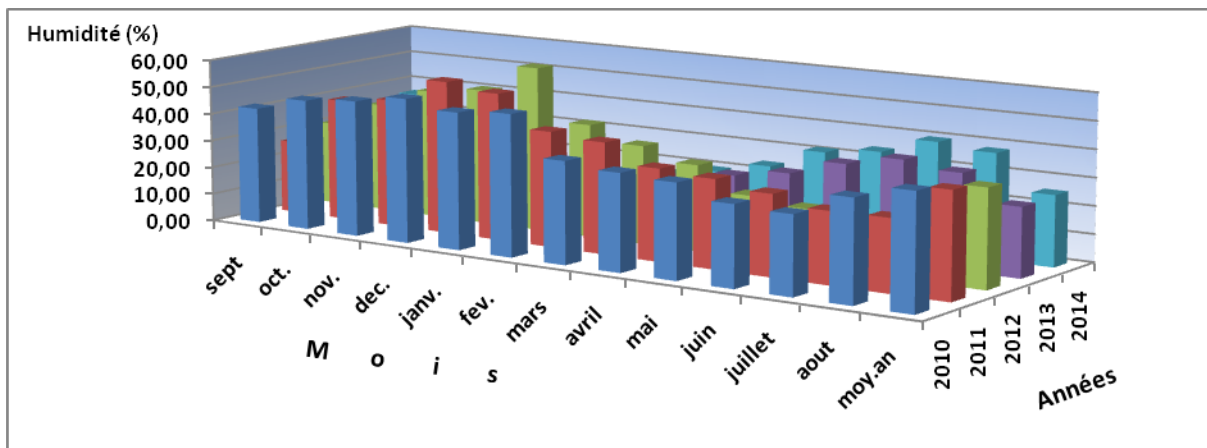


Fig. 3: Variation de l'humidité de l'air mensuelle moyenne pendant les 5 années d'expérimentation de 2010 à 2014 (Source: station I.N.R.A.A. Adrar)

3.1.1.4 Vent

Le vent au niveau de la région d'Adrar est quasi permanent. Cependant, du fait de l'absence d'obstacles naturels (montagnes...), les rafales de vents violents, qui dépassent la vitesse de 5 m/s, emportent à son passage des grains de sable et créent ainsi des tourbillons, particulièrement durant la période qui s'étale de la fin de février jusqu'à la fin du mois de mars. Ces vents sont de

dominance N-NE, ils accroissent l'évapotranspiration de la culture et causent la fragmentation du feuillage ainsi que la verse des cultures. Durant les mois de juillet – août, ce sont le plus souvent, des vents secs et chauds.

3.1.1.5 Evaporation

L'évaporation au niveau de la région est intense et la moyenne annuelle enregistrée, durant les 5 ans de l'essai, avoisine 3700 mm/an, avec une moyenne journalière qui oscille entre 6,47 mm pendant le mois de janvier et 23,35 mm/jour au courant du mois de juillet. Par ailleurs, à partir de la fin du mois de mars, elle prend des valeurs de plus en plus excessives, avec une moyenne de 11 mm/jour et qui coïncide généralement avec la phase remplissage de grain des céréales (Fig. 4).

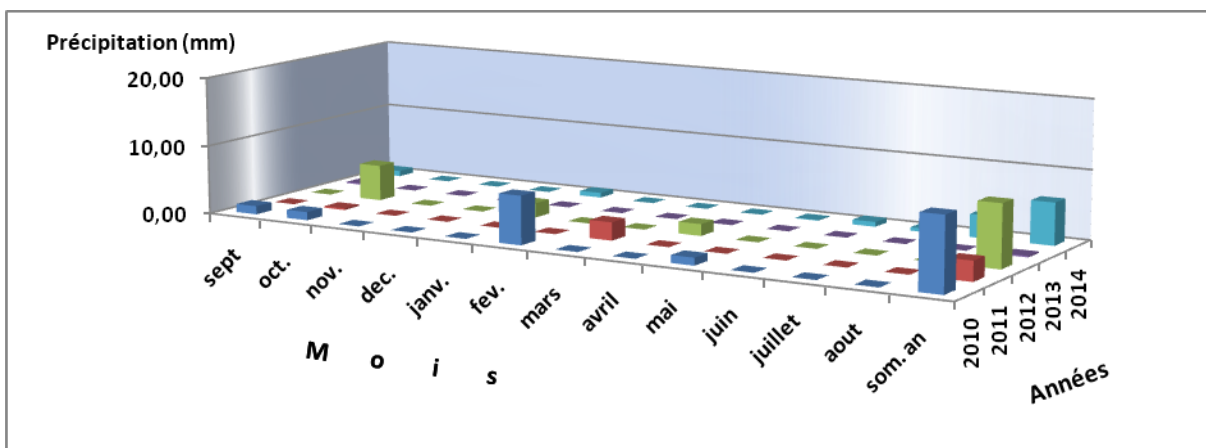


Fig. 4 : Variation de l'évaporation mensuelle moyenne pendant les 5 années d'expérimentation; 2010 à 2014
(Source: station I.N.R.A.A. Adrar)

3.1.2 Propriétés agronomiques du sol

3.1.2.1 Propriétés physiques

L'analyse relative aux caractéristiques de 06 échantillons (03 pour chaque campagne) pris de la couche arable (0 à 20 cm) du sol de la parcelle d'expérimentation a dévoilé :

- Une structure du sol polyédrique.
- Une texture sablo-argilo-limoneuse.

3. 1.2.2 Propriétés chimiques du sol

La teneur du sol en macroéléments et la conductivité électrique du sol au niveau de la couche arable (0 à 20 cm) sont données dans le tableau 5.

Tableau 5: Teneur du sol en Macroéléments (N, p, k et Ca) ainsi que la conductivité électrique de la couche arable.

N° d'échantillon		Humidité (%)	pH	C.E Memos/Cm	Calcaire total (%)	K ₂ O (Meq/100g)	P2O5 (ppm)	Azote Total (N%)
1 ^{ère} campagne	1	1,41	7,85	3,41	7,78	0,7	5,32	0,1
	2	1,48	7,73	3,26	6,15	0,8	9,12	0,09
	3	1,53	7,86	3,56	5,21	0,91	7,19	0,11
2 ^{ème} campagne	1	1,65	7,77	4,17	6,34	0,77	8,34	0,10
	2	1,45	8,04	4,89	7,89	0,76	11,23	0,12
	3	1,52	7,87	4,07	6,92	0,76	8,25	0,1
3 ^{ème} campagne	1	1,35	7,45	3,31	6,52	0,9	6,31	0,12
	2	1,51	7,63	3,72	7,08	0,8	5,68	0,15
	3	1,48	7,35	3,47	6,32	0,78	6,11	0,11
Moyenne		1,49	7,73	3,76	6,69	0,80	7,51	0,11
Valeur souhaitable*		-	7,11*	< 0,70*	-	200 ppm*	11*	3 *à 4* %

(*) Source: Subbiah et Asija(1956) ; Brady (1985) ; Muhr *et al.*, (1965) ; Hariram et Dwivedi,(1994)

3.1.2.2.1 Bases échangeables

La teneur moyenne en bases échangeables de la couche arable de la parcelle d'expérimentation sont données dans le tableau 6, A l'exception du K⁺, selon les valeurs de référence mentionnées dans la dernière ligne, ces valeurs sont faibles,

Tableau 6: Teneur moyenne en ppm des bases échangeables au niveau du sol (de 0 à 20 cm),

N° d'échantillon		K ⁺	Na ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	C,E,C, (Meq/100g)	Mn ⁺	Cu ⁺	Fe ⁺	Z ⁺
1 ^{ère} campagne	1	189	239	164	3126	3,45	11,09	0,7	21	1,1
	2	187	210	149	2221	3,56	12,08	0,9	25	1,6
	3	191	257	138	2789	4,09	11,89	0,8	22	1,7
2 ^{ème} campagne	1	201	239	193	2013	4,16	12,86	0,9	24	1,2
	2	198	264	191	2781	3,59	13,71	0,8	20	1,3
	3	179	271	186	2562	3,21	12,87	0,9	25	1,8
3 ^{ème} campagne	1	157	306	171	2031	4,01	12,71	0,8	21	1,3
	2	201	297	201	2328	3,54	13,31	0,9	19	1,5
	3	162	288	194	2386	3,67	13,09	0,8	23	1,4
Moyenne		185	263,44	176,33	2388,88	3,70	12,62	0,83	22,22	1,43
Teneur souhaitable*		200*	-	40*	1000*	25,0*	45*	1,5*	30*	3,5*

(*) Source: Tisdale *et al.*,(1993)

3.1.2.2.2 pH du sol

Il est légèrement basique (7,73), mais il reste autour de la neutralité.

3.1.2.2.3 Conductivité électrique

Les valeurs moyennes obtenues relatives à la conductivité électrique indiquent qu'elle est légèrement élevée pour la culture du blé tendre.

3.1.2.2.4 Capacité d'échange cationique du sol

Elle est plus ou moins faible, entraînant une capacité de rétention en éléments minéraux faible.

3.1.2.2.5 Matière organique

Les niveaux obtenus à travers l'analyse sont très bas. Ce qui nous permet de conclure que le sol de la parcelle d'expérimentation est très pauvre.

3.1.2.2.6 Salinité

La salinité du sol est très élevée provoquant des apparitions de brûlures à l'extrémité des feuilles de la plante notamment pendant la période de reprise des fortes chaleurs.

3.1.3 Eau d'irrigation

3.1.3.1 Composition chimique de l'eau d'irrigation:

Les valeurs moyennes relatives à la teneur de l'eau d'irrigation en sels dissous sont données dans le tableau 7.

Tableau 7: Composition d'eau d'irrigation en mg/l (Station A.N.R.H. Adrar).

Elément	HCO ₃	CO ⁻³	SO ⁻⁴	Cl ⁻¹	Na ⁺¹	K ⁺¹	Ca ⁺²	Mg ⁺²	NO ⁻³	pH	C.E	Résidus secs
mg/l	246	0	1030	78	497	57	218	182	75	7,01	3,52	3396

Sur la base des données du tableau 7, l'eau d'irrigation est de qualité physico-chimique plus ou moins mauvaise; elle est chargée en sels dissous, dont les résidus secs moyens sont de l'ordre de 3,396 g/l. Ce qui nécessite d'augmenter les fréquences d'irrigation.

3.2. Etudes des lignées parentales et des générations

3.2.1 Etudes des lignées parentales et des hybrides F1

3.2.1.1 Valeurs propres parentales et degré d'expression de l'hétérosis H1 (%).

Nous avons signalé un effet génotypique significatif des valeurs relatives aux caractères mesurés chez les parents, ainsi que chez les hybrides (Tableau 8). Les différences phénotypiques constatées entre les hybrides et leurs parents sont, en grande partie, d'origine génétique. Toutefois, les valeurs moyennes enregistrées pour chaque caractère chez les hybrides sont clairement supérieures à celles constatées chez leurs parents.

Tableau 8: Carrés moyens des écarts de l'analyse de la variance des caractères phéno-morphologiques enregistrés chez les F1.

Source	ddl	T/P	T.E/P	EpT	Ep.F.	L.E.	Dens	H.T.	Pr. Ep.	Pr. F.	G./Ep.	Gr/Ept	P.M.G	Gr/Pl.
Bloc	2	16,58	16,36	3,312	3,31	0,31	6,19	12,78	2,89	2,97	438,98	1,24	75,40	54422,1
Génotype	40	2223,9	2008,7	570,1	594,97	674,3	2347,1	7719,7	3149,61	2954,49	33158	46,99	3160,08	26552789
Parents	10	323,03	280,12	195,5	208,23	123,72	781,12	2404,6	718	638,41	6241,9	5,69	268,54	489966,8
F1	29	1641,1	1541,5	281,2	281,23	341,14	1112,4	3247,5	832,74	793,58	17169,0	33,19	1849,25	21240339
Parents x F1	1	259,71	187,14	93,33	105,44	209,45	453,04	2067,6	1598,9	1522,5	9567,4	8,11	1042,29	4822483,0
Résiduelle	80	132,25	110,46	71,71	71,71	61,78	110,57	1379,3	500,26	499,52	7960,2	10,82	891,56	2430389,0

(**): Significative au seuil de $p < 0,01$.

L'abréviation des caractères pris en considérations ainsi que la signification des résultats de l'analyse sont données au tableau 9.

Tableau 9 : Abréviations des caractères et leur signification statistique.

Caractères étudié	Abréviation	Signification
Talles par plante	Tal.P	HS
Talles-épils par plante	T.Ep	HS
Épillets total / épi	Ept.T.	HS
Épillets fertiles / épi	Ept.F.	HS
Longueur de l'épi	L.E.	HS
Densité de l'épi	Densité	HS
Hauteur de la tige	H.T.	HS
Précocité a l'épiaison	Pr.E.	HS
Précocité a la floraison	Pr.F.	HS
Nombre de grains par épi	Gr.Ep	HS
Nombre de grains par épillet	Gr.Ept	HS
Poids Mille Grains	P.M.G.	HS
Nombre de grains par plante	Gr.Pl	HS

En référence aux valeurs du tableau 8 relative à la variance, nous avons constaté un effet significatif des génotypes mis en expérimentation et ce pour l'ensemble des caractères morphologiques, phénologiques ainsi que pour ceux des composantes du rendement. Ces résultats montrent la présence d'une variabilité importante d'origine génétique parmi les génotypes. Cette diversité génétique pourrait permettre de concevoir un programme de sélection des génotypes pourvus des performances requises, en termes d'adaptabilité aux conditions de l'environnement ainsi qu'une amélioration des rendements du blé tendre.

Les données relatives aux caractères morphologiques de l'épi, la capacité de tallage et de tallage épi, les composantes du rendement ainsi qu'à la précocité sont données au tableau 10.

Tableau 10 : Valeurs moyennes relatives aux caractères morphologiques de l'épi, talles et talles épis, composantes du rendement et de la précocité chez les parents.

Variété / caractère	T/P	T.E/P	EpT	Ep.F.	L.E.	Dens	Gr/Ep	GrEpt	H.T.	Pr. Ep.	Pr.F.	PMG	Gr.Pl.
Belmebrouk (Bmbk)	3,41	2,80	25,11	25,11	7,94	31,60	77,77	3,09	78,22	93,33	98,87	43,91	216,97
Anza (Az)	11,78	9,14	22,52	21,16	9,45	23,83	42,18	1,99	71,47	104,00	108,25	38,55	391,89
Hidhab 1220 (HD)	8,67	6,18	25,79	23,95	14,36	17,98	73,40	3,06	82,23	101,67	106,72	46,08	457,14
El Baldi (Bld)	3,73	3,32	25,83	25,83	9,16	28,19	90,14	3,49	82,50	94,33	99,82	47,74	298,77
BentMebarek (Btmk)	4,29	3,81	25,48	25,48	10,34	24,75	78,21	3,08	95,45	96,33	102,05	44,26	292,73
El Fareh (Frh)	5,55	5,27	26,28	26,28	11,49	22,93	65,60	2,50	102,18	96,67	101,45	44,62	347,53
Sabaga (Sbg)	4,33	3,97	20,87	20,87	8,07	25,86	69,23	3,32	77,48	86,33	92,22	47,28	274,88
Merakba (Mkb)	6,92	6,40	23,60	23,60	7,80	30,40	52,52	2,22	84,27	92,00	97,68	46,06	331,41
Shouitter (Str)	7,23	6,47	23,46	23,46	7,56	31,05	61,24	2,61	87,72	92,33	97,95	40,83	396,22
Manga type I (Mga1)	8,14	5,59	20,60	20,60	10,78	19,11	54,46	2,64	94,36	96,00	100,65	44,8	306,68
Manga type II (Mga2)	13,37	13,49	18,61	18,61	10,45	17,86	51,75	2,78	88,01	99,33	104,65	40,09	705,96
Minimale	3,41	2,8	18,61	18,61	7,56	17,86	42,18	1,99	71,5	87,6	97,68	38,5	216,97
Maximale	13,37	13,49	26,23	26,28	14,36	31,6	90,14	3,496	102	100,99	108,25	47,7	705,96
Distance Phénotypique	9,96	10,69	7,68	7,68	6,7	13,74	47,97	1,50	30,5	13,39	10,57	9,2	489
Moyenne	7,04	6,04	23,47	23,18	9,76	24,87	65,14	2,80	85,81	95,67	100,94	44,02	365,47
ppds (p<0,05)	1,72	1,33	1,11	1,11	0,93	2,196	18,4	0,76	9,97	2,8502	2,89	3,22	166,6

L'analyse des données relatives à la variance des caractères étudiés montre une variation relativement supérieure, chez les hybrides F1 en comparaison avec celle de leurs parents utilisés et ce pour la totalité des caractères. Cette importante variabilité est justifiable, en partie par la diversité des origines agro écologiques, ainsi que par la richesse des formes morphologiques et phénologiques de leurs parents. En ce qui concerne la répartition de la génération F1 ainsi que leurs parents sur la parcelle d'expérimentation, elle est donnée en annexe 1.

Ces résultats corroborent avec ceux d'Oury *et al.*, (1990), qui trouvent des valeurs exceptionnellement élevées enregistrées chez l'hybride. En revanche, en termes de valeurs enregistrées pour les divers caractères, nous avons constaté que les lignées parentales présentent des valeurs élevées pour un seul caractère; la densité de l'épi (Tableau 10).

Par ailleurs, en termes de capacité des variétés à évoluer leurs talles herbacées en épis, à l'inverse des variétés tardives, nous avons remarqué une tendance des variétés précoces et demi précoces et qui possèdent une capacité de tallage faible à moyenne, ces variétés sont capables à évoluer un pourcentage élevé de talles en talles épis semblable à celui des variétés / populations précoces (Sabaga et El Merakba). Ces dernières disposent moyennement d'un taux de 92% et ce avec seulement 8 % de talles herbacées perdues.

En effet, les talles issues de variétés demi tardive et tardives subissent des pertes considérables, qui peuvent atteindre jusqu'à 32 % comme chez Manga type I. La seule exception de cette règle est la variété Manga type II. Cette dernière est une variété /population relativement tardive, mais extrêmement fertile en termes de capacité de tallage. Davantage, elle garde presque la totalité des talles (97 %) et les transforme en épis fertiles, avec quelques épillets stériles à la base constatés chez les talles secondaires. Ce qui constitue une sorte d'adaptation considérable aux conditions de stress (thermique) accompagnant l'évolution des talles herbacées.

Le tableau 11 comporte des données moyennes des caractéristiques de l'épi du maître brin enregistrées chez l'hybride, ainsi que le degré d'hétérosis en pourcentage du parent moyen.

Tableau 11: Valeurs moyennes des caractéristiques de l'épi des hybrides F1 et le degré d'hétérosis en % du parent moyen.

Hybride n°	Hybride/Caractère	Ept. T	H1 (%)	Ept.F	H1 (%)	L. E.	H1 (%)	Densité	H1 (%)
1	Hd x Bmbk	26,686	4,85	26,68	4,85	12	7,43	22,35	-9,83
2	Hd x Bld	23,827	-1,36	23,83	1,50	12,1	1,81	19,73	-5,64
3	Hd x Frh	27,353	5,05	27,35	5,05	14,1	9,29	19,44	-5,00
4	Hd x Mga2	22,893	3,12	22,89	3,12	12,3	-1,05	18,72	4,43
5	Hd x Str	27,883	13,23	27,88	13,23	13,1	19,3	21,40	-12,73
6	Hd x Sbg	26,246	12,5	26,25	12,5	13,8	23,3	19,05	-13,09
7	Hd x Mga1	22,268	-4	22,26	-4	12,9	2,42	17,47	-5,79
8	Hd x Mkb	26,65	7,91	26,65	7,91	12	8,14	22,36	-7,56
9	Hd x Btmk	27,203	6,12	27,20	6,12	16,3	32	16,71	-21,78
10	Az x Mga2	23,397	13,78	23,39	17,67	14,4	44,5	16,28	-21,89
11	Az x Frh	26,043	6,73	26,04	9,79	12,9	22,8	20,27	-13,29
12	Az x Bld	25,143	4,00	25,14	7,01	11,1	18,9	22,74	-12,58
13	Az x Mga1	21,893	1,53	21,89	4,86	12,1	19,7	18,11	-15,63
14	Mkb x Hd	26,517	7,37	26,52	7,37	12,1	9,33	21,91	-9,45
15	Mkb x Bmbk	24,76	1,67	24,76	1,67	8,18	3,93	30,28	-2,32
16	Mkb x Sbg	24,277	9,12	24,28	9,19	10,3	29,8	23,61	-16,07
17	Mga1 x Az	22,018	2,13	22,02	5,45	12,4	22,5	17,83	-16,95
18	Mga1 x Hd	25,305	9,09	25,31	9,09	14,7	16,7	17,25	-6,97
19	Bld x Az	24,669	2,04	24,67	4,99	11	18,7	22,41	-13,85
20	Bld x Hd	28,068	8,74	28,07	8,74	12,5	5,98	22,60	-2,13
21	Mga2 x Az	23,722	15,36	23,72	19,31	14,3	44,2	16,55	-20,62
22	Mga2 x Hd	26,172	17,89	26,17	17,89	15,4	24,4	17,02	-5,04
23	Frh x Hd	27,58	5,92	27,58	5,92	14,1	9,13	19,57	-4,33
24	Frh x Az	26,238	7,53	26,24	10,61	13	24,6	20,18	-13,70
25	Sbg x Hd	25,88	10,93	25,88	10,93	14,1	25,6	18,37	-16,18
26	Sbg x Mkb	24,379	9,65	24,38	9,65	10,2	29,1	23,89	-15,08
27	Bmbk x Hd	26,52	4,20	26,52	4,20	12,1	8,91	21,88	-11,75
28	Bmbk x Mkb	24,801	1,83	24,80	1,83	8,05	2,31	30,90	-0,31
29	Btmk x Hd	27	5,33	27	5,33	16,5	33,2	16,46	-22,94
30	Str x Hd	27,62	12,16	27,62	12,16	13,3	21,3	20,79	-15,21
Moyenne		25,434	6,82	25,434	7,80	12,71	17,94	20,54	-11,11
p.p.d.s (p<0,05)		1,75	-	1,75	-	1,62	-	1,89	-

A la lumière des valeurs moyennes enregistrées chez les parents et la génération F1 relatives aux caractéristiques de l'épi, il est intéressant de noter les remarques suivantes:

-Pour le caractère nombre total d'épillets par épi, nous avons enregistré un gain chez la descendance de F1 de près de 02 épillets. En effet, la moyenne des parents pour ce caractère est de l'ordre de 23,47 épillets tandis que celle de F1 est nettement supérieure avec 25,43 épillets par épi. Toutefois, nous avons constaté que 18 hybrides parmi 30 mis en expérimentation ont enregistré une moyenne supérieure à la moyenne des meilleurs parents (effet de dominance), tandis que le reste (12 hybrides) a des performances médianes par rapport à leurs parents, dont 09 hybrides disposent des moyennes très proches de leurs parents moyens c.-à-d. effet additif pour ce caractère.

-En ce qui concerne le nombre moyen des épillets fertiles par épi, l'analyse nous montre que les résultats relatifs à ce caractère sont semblables à ceux du caractère précédent, avec une amélioration significative de la moyenne générale de la descendance de F1, de l'ordre de 2.26 épillets fertiles par épi par rapport à leurs parents moyens. Cependant, nous avons remarqué que parmi 30 hybrides, 18 ont des performances moyennes supérieures à celles de leurs parents moyens, tandis que 06 hybrides disposent des moyennes très proches de leurs parents moyens (Effet additif).

-Pour la longueur de l'épi, 16 hybrides réalisent une longueur moyenne supérieure à celle du meilleur parent, tandis que 11 hybrides (36,11 %) enregistrent des valeurs très proches de leurs parents moyens (Dominance probablement incomplète). Le gain moyen pour ce caractère chez les hybrides F1 est d'environ 03 cm (2,95 cm) par rapport à la moyenne générale des parents.

-En ce qui concerne la densité de l'épi, nous avons remarqué un recul de la moyenne générale de la descendance de F1, estimé à 4,33 unités, en comparaison à la moyenne générale des parents. Par ailleurs, nous avons recensé un seul (01) hybride (Hidhab 1220 x Manga type II) qui dispose d'une densité moyenne de l'épi supérieure à celle du parent moyen (Dominance). Cependant, 16 hybrides enregistrent des valeurs moyennes inférieures au parent faible. Par ailleurs, nous avons remarqué que 13 hybrides enregistrent des valeurs moyennes pour ce paramètre dans les limites des valeurs constatées chez leurs parents c.-à-d., entre le plus faible et le meilleur parent, dont 12 hybrides (environ 40 %) sont très proches de leurs parents moyens (Dominance probablement incomplète).

-Les valeurs moyennes de F1 relatives à la précocité à l'épiaison montrent une amélioration pour ce caractère de l'ordre de 8 jours par rapport à la moyenne générale de leurs parents; un gain moyen d'environ 5 jours en comparaison aux parents moyens. En effet, près de 74 % d'hybrides ont

bouclé la durée levée - pleine épiaison en une période plus courte même que celle du parent le plus précoce. Toutefois, 2 hybrides ont réalisés des valeurs supérieures à leurs parents moyens, tandis que 07 autres hybrides possèdent des moyennes pour ce caractère nettement très proches de leurs parents moyens (Dominance incomplète).

-Ces tendances exprimées ci-dessus, sont en accord avec les conclusions de Ourlyet et *al.*, (2009), qui rapportent que l'hybride est généralement aussi précoce que le parent le plus précoce, ce qui est du à la dominance des allèles qui confèrent une insensibilité au photopériodisme, ainsi que des allèles qui sont associés à des besoins plus faibles en vernalisation.

-Cependant, eu égard aux valeurs moyennes des hybrides relatives à la précocité à la floraison, la comparaison de ses données par rapport à celles relatives au caractère précédent permettent de conclure que la tendance générale pour ce caractère est la même, avec quelques différences près dont le plus important, un léger recul du gain moyen de F1 par rapport au caractère précédent. Cette légère régression du gain constatée pour la précocité à la floraison pourrait être expliquée partiellement, par une reprise des fortes chaleurs constatée à cette période de l'année et qui coïncide avec la période de l'épiaison –floraison de la culture, dont les génotypes tardifs sont les plus exposés à ses effets.

-Les performances relatives à la précocité à l'épiaison vont véhiculer des variations au niveau des performance de certains caractères chez les hybrides; des effets positifs sur certains caractères particulièrement ceux relatifs à la fertilité de l'épi, le poids de 1000 grains, le nombre de grains par épi et épillet... et des effets négatifs dont le plus important est l'accroissement de la hauteur de la paille au stade maturité physiologique.

Le tableau comporte des données moyennes relatives aux composantes du rendement de F1 et degré d'hétérosis en % du parent moyen.

Tableau 12: Valeurs moyennes relatives aux composantes du rendement de l'hybride F1 et degré d'hétérosis en % du parent moyen.

Hybride n°	Hybride / Caractère	Tal/P	H1 (%)	T.Ep	H1 (%)	Gr.Ep	H1 (%)	Gr.Ept	H1 (%)	PMG	H1 (%)	Gr.Pl.	H1 (%)
1	Hd x Bmbk	8,05	33,33	6,54	45,75	81	7,17	3,02	1,79	52,86	17,49	465,43	38,09
2	Hd x Bld	6,73	8,57	5,39	13,49	62,96	8,95	2,63	8,87	53,90	14,91	402,64	6,53
3	Hd x Frh	8,66	21,74	7,15	24,93	88	26,69	3,20	19,79	54,19	19,49	799,27	98,66
4	Hd x Mga2	10,22	-7,25	9,76	-0,72	77	23,05	3,35	19,25	39,57	-8,15	765,07	31,56
5	Hd x Str	14,62	83,78	12,05	90,57	98,73	46,66	3,53	29,44	43,43	-0,06	848,5	98,86
6	Hd x Sbg	8,67	33,33	7,09	39,73	112	57,05	4,25	37,85	52,33	12,11	670,24	83,12
7	Hd x Mga1	16,37	94,74	13,01	121,1	84,33	31,91	3,82	39,29	47,04	3,51	540,41	41,50
8	Hd x Mkb	8,66	11,11	7,25	15,25	81	28,66	3,04	19,95	52,86	14,76	498,95	26,55
9	Hd x Btmk	6,81	5,00	6,95	39,13	68	-10,3	2,50	-15,50	47,73	5,67	384,53	2,56
10	Az x Mga2	23,02	83,10	21,79	92,63	108,67	131,39	4,64	94,69	38,34	-2,49	1253,6	128,37
11	Az x Frh	9,97	15,07	8,13	12,87	77,667	44,124	2,98	32,83	49,70	19,53	700,16	89,38
12	Az x Bld	9,64	24,32	7,73	24,08	87,33	32,002	3,47	26,76	51,24	18,76	653,74	89,31
13	Az x Mga1	11,95	20,00	9,54	29,52	88,33	82,81	4,04	74,36	52,28	25,44	818,62	134,37
14	Mkb x Hd	10,40	33,33	8,63	37,24	82	30,245	3,09	22,16	53,63	16,43	492,78	24,98
15	Mkb x Bmbk	5,44	5,26	4,46	-3,09	91,333	40,207	3,69	38,73	49,50	10,04	467,65	70,56
16	Mkb x Sbg	6,18	9,80	5,07	-2,26	65,67	7,87	2,71	-2,39	51,36	10,04	361,43	19,23
17	Mga1 x Az	9,46	-5,00	7,55	2,54	91,4	89,16	4,17	80,13	52,66	26,37	884,45	153,22
18	Mga1 x Hd	12,83	52,63	10,20	73,29	102	59,55	4,06	48,01	48,19	6,05	671,03	75,71
19	Bld x Az	7,96	2,70	6,38	2,498	88	33,01	3,56	30,10	50,62	17,33	667,66	93,34
20	Bld x Hd	7,00	12,93	5,61	18,05	78	-4,613	2,78	-12,27	46,72	-0,40	415,85	10,03
21	Mga2 x Az	21,96	74,65	20,79	83,74	108	129,97	4,55	90,52	37,59	-4,39	1228,48	123,80
22	Mga2 x Hd	16,61	50,72	15,87	61,34	104	66,201	3,97	41,34	46,62	8,21	1148,76	97,54
23	Frh x Hd	8,10	13,89	6,69	16,88	89,67	29,016	3,25	21,64	53,41	17,78	932,04	131,66
24	Frh x Az	9,50	9,59	7,75	7,5	76	41,03	2,90	28,92	49,46	18,95	674,99	82,57
25	Sbg x Hd	9,85	51,52	8,06	58,79	111	55,65	4,29	39,25	52,71	12,91	695,78	90,10
26	Sbg x Mkb	6,29	11,80	5,16	-0,48	65	6,78	2,67	-3,83	50,90	9,07	380,54	25,53
27	Bmbk x Hd	8,26	36,69	6,71	49,42	82,333	8,93	3,10	4,64	53,54	18,99	476,22	41,29
28	Bmbk x Mkb	5,98	15,79	4,90	6,60	91	39,70	3,67	37,98	48,56	7,95	468,48	70,86
29	Btmk x Hd	8,75	35,00	8,93	78,88	67,667	-10,74	2,51	-15,30	47,73	5,67	370,37	-1,22
30	Str x Hd	11,61	45,95	9,57	51,34	98,33	46,07	3,56	30,51	44,00	1,26	917,95	115,14
Moyenne		10,32	29,47	8,82	36,40	86,88	39,27	3,43	28,98	49,1	10,77	668,52	69,77
ppds 5 %		2,21	-	1,97	-	16,38	-	0,57	-	5,26	-	327,00	-

En référence au tableau précédent relatif aux composantes directes et indirectes du rendement des hybrides F1, ainsi que du degré d'hétérosis en % du parent moyen, nous pouvons dégager certains éléments d'analyses à savoir;

-En ce qui concerne la capacité de tallage par plante, nous avons constaté que la moyenne générale de F1 est de l'ordre de 10,32 talles, ce qui constitue une amélioration nette de 3,28 talles par plante, par rapport à la moyenne des parents. D'autre part, onze hybrides (37 %) ont réalisé une moyenne de talles par plante nettement supérieure à celle du meilleur parent (Superdominance). Cependant, près de deux tiers (63 %) d'hybrides F1 ont enregistré une capacité de tallage plus proche du parent moyen (Dominance probablement incomplète).

-En ce qui concerne le nombre de talles-épis par plantes, la moyenne générale des hybrides F1 est de 8,82 talles épis. De même, nous avons enregistré la même tendance générale par rapport à celle du caractère précédent, avec une intensité plus ou moins comparable à quelques exceptions près. Parmi ces exceptions on peut citer, un gain de la génération F1 de l'ordre de 2,78 talles épis par plante par rapport à la moyenne de leurs parents, tandis que 36,7 % des hybrides disposent d'un

pouvoir de tallage épi supérieur même à celui de leur meilleur parent. Par ailleurs, environ la moitié des hybrides (14) ont un pouvoir de tallage épi très proche de celui de leur parent moyen (Dominance incomplète).

- Pour le nombre de grains par épi, la moyenne générale de F1 est de 86,88 grains, ce qui constitue une amélioration de l'ordre de 20 grains par épi par rapport à la moyenne générale des parents. Toutefois, nous avons constaté que les trois quart des hybrides ont un potentiel supérieur au meilleur parent (Superdominance), tandis que 20 % (6 hybrides) réalisent une valeur moyenne dans la limite des valeurs des deux parents.

-Par ailleurs, les valeurs moyennes de F1 relatives au nombre de grains par épillet sont élevées, en comparaison avec celles réalisées par leurs parents. En effet, la moyenne générale de la descendance de F1 est de 3,43 grains par épillets, avec un gain moyen de l'ordre de 0,63 grains par épillet. Nous avons remarqué que 22 hybrides disposent des valeurs pour ce caractère nettement supérieures à celles de leurs meilleurs parents (Superdominance), tandis que les valeurs de 04 hybrides sont très proches à celles de leurs parents moyens (Dominance probablement incomplète). Cependant, uniquement deux hybrides ont des moyennes inférieures à celles enregistrées chez leur parent faible.

-En ce qui concerne le nombre de grains par plante, le gain moyen obtenu chez F1 est très significatif et pourrait être considéré comme étant le plus important parmi les caractères. Ce gain est estimé à 668,52 grains par plante, ce qui représente l'équivalent de 183 % de la performance moyenne constatée chez leurs parents. Nous avons remarqué que parmi trente hybrides, uniquement 04 ont des valeurs moyennes nettement très proches de la moyenne de leur parent moyen (Dominance incomplète), tandis que le reste (26 hybrides) disposent des valeurs supérieures à leur meilleur parent.

-Pour le poids de mille grains (PMG), nous avons enregistré une amélioration moyenne chez F1 de l'ordre de 5,09 grammes. Par ailleurs, 25 hybrides (80 %) ont réalisé des valeurs moyennes supérieures mêmes à leur meilleur parent, tandis que 3 hybrides (10 %) possèdent des moyennes relatives au PMG comparables à celles de leur parent moyen. A signaler que deux (02) hybrides ont enregistré des moyennes inférieures à leur parent le plus faible. Toutefois, le retard enregistré lors de la mise en place de la culture de l'ordre de 30 jours, par rapport au calendrier de la région recommandé par les services techniques compétents, pourrait négativement influencer sur les valeurs de degré d'hétérosis H1 pour se caractère. En effet, nous avons enregistré une reprise rapide des

fortes chaleurs à la fin de la campagne et qui touchent couramment la région à partir de la fin du mois de février ; période qui coïncide avec la phase de début de remplissage des grains.

-Par ailleurs, des valeurs positives et très significatives du degré d'hétérosis H1 de quatorze douze (14) hybrides ont été signalées pour la capacité de tallage épi par plante, nombre de grains par épi et par épillet et la longueur de l'épi. Ces performances sont d'une importance capitale et pourraient être exploitées dans le cadre de l'amélioration du rendement. D'autre part, des performances négatives relatives à la précocité à l'épiaison et à la floraison ont un impact positive pour la recherche et la sélection des génotypes précoces.

Par ailleurs, les valeurs moyennes relatives au degré d'hétérosis H1 en % du parent moyen relatives aux caractères pris en considération, nous permettent de tirer les conclusions suivantes:

-Nous avons remarqué des valeurs moyennes records et positives de F1 relatives à la capacité de tallage par plante de l'ordre de 29,32 %, tandis que la fourchette des valeurs relatives à ce caractère commence avec un degré le plus bas, enregistré chez l'hybride Hidhab 1220 x Manga type II de - 7,25 et se termine avec la valeur la plus élevée de 94,74 %, enregistrée chez l'hybride Hidhab 1220 x Manga type I ; deux variétés / populations à performance moyenne. Nous avons remarqué que sept (07) hybrides possèdent des valeurs de degré d'hétérosis supérieures à 50 %, tandis que 02 hybrides ont réalisé des valeurs négatives. Par ailleurs, Akhtar *et al.*, (2003) ont rapporté des degrés d'hétérosis H1 relatifs à ce caractère variant de -26,94 à 57,71 % . Des résultats similaires ont été obtenus par Chowdhry *et al.*, (2005).

- Il apparaît que la faible densité de semis adoptée, ainsi qu'une longue période de température nocturne et diurne relativement faible, à partir du stade 03 feuilles, ont partiellement influencé le niveau des valeurs enregistrées et permis aux génotypes de s'exprimer amplement. Ces parents dotés de telles caractéristiques, pourraient être à la base d'un programme de croisement et de sélection et les hybrides issus pourraient être mieux exploités, pour la sélection de cultivars à haute potentialité en rendement (Sharif *et al.*, 2001).

-En ce qui concerne le caractère pouvoir de tallage épi par plante, la moyenne générale du degré d'hétérosis H1 enregistrée est de 36,40 % et ce par rapport au parent moyen, tandis que 08 hybrides F1 disposent des valeurs du degré H1 positives et supérieures à 50 %. La valeur la plus élevée relative à ce caractère a été constatée chez l'hybride Hidhab 1220 x Manga type I avec 121,10 %. Ces deux dernières variétés / populations disposent d'un potentiel moyen et appartiennent à deux différentes origines géographiques. Cependant, 4 hybrides réalisent des

valeurs du degré d'hétérosis H1 négatives, tandis que la valeur la plus faible est beaucoup moins élevée, par rapport au caractère précédent avec -3,09. Cette dernière valeur a été enregistrée chez l'hybride El Merakba x Bel Mabrouk; deux parents locaux qui détiennent un pouvoir légèrement inférieur à la moyenne générale des parents utilisés.

-Toutefois, nous avons constaté une différence significative entre les valeurs d'hétérosis H1 relatives à ce caractère, en comparaison au caractère précédent (capacité de tallage), suite à une légère réduction du nombre de talles herbacées perdues par rapport à leur parent moyen. Ces dernières sont influencées par des pertes considérables, enregistrées principalement chez le parent Hidhab 1220 et partiellement remarquées chez Anza. Cette amélioration du taux des talles épis par plante peut être partiellement expliquée par les avantages, qu'offre la précocité relative des hybrides.

-En ce qui concerne le nombre de grains par épi, la valeur moyenne du degré H1 est légèrement supérieure à celle constatée chez les deux caractères précédents, tandis que la valeur maximale est de 131,39 %. Cette dernière est trouvée chez l'hybride Anza x Manga type II; deux variétés l'une introduite et l'autre locale, tandis que la valeur minimale négative est de l'ordre de -10,74, enregistrée chez le l'hybride Hidhab 1220 x Bent Mebarek. Toutefois, 08 hybrides disposent d'un degré d'hétérosis H1 supérieur à 50 %, dont 02 hybrides ont atteint des niveaux supérieurs à 100 %.

-Par ailleurs, le degré d'hétérosis H1 le plus élevé a été constaté chez le caractère nombre de grains par plante, avec une moyenne générale de l'ordre de 69,77 %. Toutefois, les performances relatives à ce caractère se situent entre -1,22 %, signalée chez l'hybride Bent Mebarek x Hidhab 1220; deux variétés / populations à fort potentiel en grains, tandis que la valeur la plus élevée est de 153,22 % enregistrée chez l'hybride Manga type I x Anza, dont le 1^{er} parent est doté d'épillets longs, renfermant souvent de gros grains, alors que le 2^{ème} parent se caractérise par des grains de petite taille dans des épillets courts. De même, des degrés de H1 supérieurs à 90 % ne sont pas rares, dont nous avons enregistré 13 hybrides avec en particulier 6 hybrides possèdent des valeurs supérieures à 100 %.

-A signaler que, le degré moyen d'hétérosis H1 relatif au caractère nombre de grains par épillet varie de 15,50 %, constaté chez l'hybride Hidhab 1220 x Bent Mebarek, à un niveau le plus élevé de l'ordre de 94,69 % observé chez l'hybride Anza x Manga type II (introduite x locale), tandis que la moyenne pour ce caractère est de l'ordre de 28,98 %. Par ailleurs, nous avons enregistré des valeurs moyennes relatives à ce caractère supérieures à 39 % chez six (6) hybrides.

- En ce qui concerne les caractères nombre total d'épillets et le nombre d'épillets fertiles par épi, la moyenne de F1 relative à l'hétérosis H1 est de l'ordre de 6,82 % et 7,8 %, respectivement. Ces valeurs indiquent le niveau positif le plus faible enregistré parmi les caractères considérés. De même, nous avons constaté des degrés d'hétérosis moyennement élevés et supérieurs à 17 % chez trois hybrides à savoir ; Manga type II x Anza avec 19,31 %, Manga type II x Hidhab 1220 avec 17,89 % et Anza x El Baldi (17,67 %).

-Les données relatives au degré d'hétérosis H1 concernant la longueur de l'épi, nous permettent de conclure que, la moyenne générale pour ce caractère est de 18 %, cette valeur se situe entre une minimale de 16,28 %, signalée chez l'hybride Anza x Manga type II et une autre maximale de l'ordre de 30,90 %, observée chez l'hybride Bel Mabrouk x El Merakba. Par ailleurs, deux hybrides ont atteint un niveau de H1 supérieur à 30 %.

-Pour le PMG, la moyenne du degré d'hétérosis H1 de l'essai enregistrée pour ce caractère est de 10,77 %, avec un minimal de l'ordre de -8,15 % observé chez la descendance F1 du croisement Hidhab 1220 x Manga type II; deux parents qui disposent d'un PMG plus ou moins moyen et faible respectivement. Cependant, l'hétérosis H1 le plus élevée est de 26,37 % et qui a été constaté chez l'hybride Manga type I x Anza (locale x introduite), dont les parents se caractérisent par un PMG très élevé et moyen, respectivement. Toutefois, nous avons recensé 06 croisements qui réalisent des valeurs moyennes d'hétérosis H1 supérieures à 18 % tandis que *Borislav et al.*, (2002) ont rapporté des performances F1 en H1 allant de 21% à 41,8%, avec une augmentation du PMG variant de 30,1% jusqu'à 54,1 %.

-Par ailleurs, à l'exception de l'hybride issu d'un seul croisement, nous avons enregistré des valeurs moyennes négatives du degré d'hétérosis H1 relatives à la densité de l'épi pour la totalité des hybrides F1, avec une moyenne de l'essai pour ce caractère de -11,11 %. Toutefois, la valeur la plus élevée est de 4,43; qui a été signalée chez l'hybride Hidhab 1220 x Manga type II. Les deux parents de cet hybride se caractérisent par des épis les plus longs parmi les génotypes utilisés. A l'inverse des résultats rapportés par *Chowdry et al.*, (2005), parmi 30 croisements, uniquement un seul cas d'hétérosis H1 positive a été enregistré.

Les valeurs moyennes relatives à la précocité à l'épiaison et à la floraison et la hauteur de la paille au stade maturité physiologique, ainsi que du degré d'hétérosis H1 en % du parent moyen sont données au tableau 13.

Tableau 13: Données moyennes relatives à la précocité à l'épiaison et à la floraison et la hauteur de la tige des hybrides (F1) et degré d'hétérosis en % du parent moyen.

Hybride n°	Caractère / Hybride	Pr.E	H1 (%)	Pr.F.	H1 (%)	H.T.	H1 (%)
1	Hd x Bmbk	89,00	-3,96	94,65	-3,52	88,23	9,98
2	Hd x Bld	85,00	-8,11	90,35	-7,72	90,90	18,29
3	Hd x Frh	88,00	-4,86	95,85	-1,76	101,13	9,68
4	Hd x Mga2	88,00	-4,69	93,15	-6,39	100,30	17,83
5	Hd x Str	88,00	-4,69	93,75	-4,17	97,44	14,67
6	Hd x Sbg	84,00	-5,26	90,00	-4,55	86,47	8,29
7	Hd x Mga1	88,00	-6,38	92,85	-6,21	97,97	10,95
8	Hd x Mkb	88,40	-4,09	93,90	-3,84	92,00	10,51
9	Hd x Btmk	85,10	-8,98	90,55	-8,49	91,33	2,81
10	Az x Mga2	94,02	-0,50	98,62	-0,81	104,33	30,84
11	Az x Frh	89,13	-3,81	94,01	-3,56	98,67	13,64
12	Az x Bld	89,82	-3,08	94,52	-3,38	86,00	11,71
13	Az x Mga1	87,03	-7,58	91,78	-7,21	94,18	13,58
14	Mkb x Hd	88,06	-4,46	93,31	-4,45	90,71	8,97
15	Mkb x Bmbk	90,07	1,01	95,52	0,79	101,20	24,56
16	Mkb x Sbg	86,88	2,02	92,68	1,90	97,32	20,34
17	Mga1 x Az	87,00	-7,61	91,85	-7,14	96,21	16,04
18	Mga1 x Hd	87,00	-7,45	92,35	-6,71	95,06	7,66
19	Bld x Az	90,00	-2,88	94,70	-3,19	85,96	11,66
20	Bld x Hd	89,00	-3,78	94,55	-3,43	86,08	4,51
21	Mga2 x Az	94,00	-0,53	99,65	0,23	106,10	33,06
22	Mga2 x Hd	91,00	-3,53	96,35	-3,17	98,51	15,73
23	Frh x Hd	87,90	-4,97	92,80	-4,89	98,86	7,21
24	Frh x Az	89,00	-3,96	93,83	-3,75	99,52	14,63
25	Sbg x Hd	83,95	-5,32	89,70	-4,87	82,89	3,81
26	Sbg x Mkb	87,00	2,15	92,35	1,53	98,78	22,15
27	Bmbk x Hd	88,52	-4,48	93,97	-4,22	91,52	14,08
28	Bmbk x Mkb	90,39	1,37	95,55	0,83	102,00	25,55
29	Btmk x Hd	85,00	-9,09	90,45	-8,60	91,50	3,00
30	Str x Hd	88	-4,69	93,65	-4,27	100,66	18,46
	Moyenne	87,53	-4,07	93,15	-3,83	100,30	17,833
	p.p.d.s 5 %	4,65	-	4,64	-	5,94	-

L'analyse des données relatives à la précocité et la hauteur de la tige (Tableau 13) permet de dégager les quelques remarques suivantes ;

-La moyenne générale de l'essai du degré d'hétérosis H1 relatif aux caractères précocité à l'épiaison et à la floraison est négative et de l'ordre de - 4,07 et - 3,83, respectivement. Toutefois, le degré d'hétérosis le plus bas est de - 8,60 remarqué chez l'hybride Bent Mebarek x Hidab 1220, tandis que 7 autres hybrides ont enregistré des degrés négatifs inférieurs à - 6. A signaler que ces moyennes faibles ont été observées chez des croisements souvent issus de parents moyennement précoces, ainsi que de diverses origines géographiques. Les hybrides avec de telles caractéristiques sont d'un intérêt capital, lors de la sélection des lignées pour la précocité à l'épiaison ou à la maturité, du fait qu'elles sont plus précoces que leurs parents les plus précoces. Cependant, nous avons enregistré deux hybrides avec des degrés d'hétérosis H1 positifs et supérieurs au parent moyen. Ce sont des hybrides dont les deux parents sont natifs de la région.

-Par ailleurs, des taux du degré d'hétérosis H1 positifs et faibles ont été signalés pour le caractère hauteur de la paille. Ces valeurs faibles pourraient être partiellement justifiées par le choix d'un écartement pratiqué entre grains de 10 cm et entre ligne de 40 cm, ainsi que par le semis tardif. Ce fait est signalé par plusieurs auteurs (Briggle *et al.*, 1967 ; Boland et Walcott, 1985) ayant rapporté que le degré d'hétérosis s'améliore avec des densités de semis faibles.

Le récapitulatif des valeurs moyennes relatives au degré d'hétérosis H1 en % du parent moyen relatifs aux caractères étudiés sont données au tableau 14.

Tableau 14: Tableau récapitulatif relatif au degré d'hétérosis (H1) en % du parent moyen

Hybride / Trait	Tal. p	Ep. p.	Ept. T	Ept. F.	L.E	Densité	Gr.E.	Gr.Ept	H.T	Pr.Ep.	Pr.Fl	PMG	Gr.Pl
Hd x Bmbk	33,33	45,75	4,85	4,85	7,43	-9,83	7,17	1,79	9,98	-3,96	-3,52	17,49	38,09
Hd x Bld	8,57	13,49	-1,36	1,50	1,81	-5,64	8,95	8,87	18,29	-8,11	-7,72	14,91	6,53
Hd x Frh	21,74	24,93	5,05	5,05	9,29	-5,00	26,62	19,79	9,68	-4,86	-1,76	19,49	98,66
Hd x Mga2	-7,25	-0,72	3,12	3,12	-1,05	4,43	23,05	19,25	17,83	-4,69	-6,39	-8,15	31,56
Hd x Str	83,78	90,57	13,23	13,23	19,31	-12,73	46,66	29,44	14,67	-4,69	-4,17	-0,06	98,86
Hd x Sbg	33,33	39,73	12,50	12,50	23,26	-13,09	57,05	37,85	8,29	-5,26	-4,55	12,11	83,12
Hd x Mga1	94,74	121,10	-4,00	-4,00	2,42	-5,79	31,91	39,29	10,95	-6,38	-6,21	3,51	41,50
Hd x Mkb	11,11	15,25	7,91	7,91	8,14	-7,56	28,66	19,95	10,51	-4,09	-3,84	14,76	26,55
Hd x Btmk	5,00	39,13	6,12	6,12	32,02	-21,78	-10,30	-15,50	2,81	-8,98	-8,49	5,67	2,56
Az x Mga2	83,10	92,63	13,78	17,67	44,46	-21,89	131,39	94,69	30,84	-0,50	-0,81	-2,49	128,37
Az x Frh	15,07	12,87	6,73	9,79	22,76	-13,29	44,12	32,83	13,64	-3,81	-3,56	19,53	89,38
Az x Bld	24,32	24,08	4,00	7,01	18,85	-12,58	32,00	26,76	11,71	-3,08	-3,38	18,76	89,31
Az x Mga1	20,00	29,52	1,55	4,86	19,74	-15,63	82,81	74,36	13,58	-7,58	-7,21	25,44	134,37
Mkb x Hd	33,33	37,24	7,37	7,37	9,33	-9,45	30,24	22,16	8,97	-4,46	-4,45	16,43	24,98
Mkb x Bmbk	47,37	35,68	1,67	1,67	3,93	-2,32	40,21	38,73	24,56	1,01	0,79	10,04	70,56
Mkb x Sbg	26,32	9,40	9,19	9,19	29,76	-16,07	7,88	-2,39	20,34	2,02	1,90	10,04	19,23
Mga1 x Az	-5,00	2,53	2,13	5,45	22,46	-16,95	89,16	80,13	16,04	-7,61	-7,14	26,37	153,22
Mga1 x Hd	52,63	73,29	9,09	9,09	16,68	-6,97	59,55	48,01	7,66	-7,45	-6,71	6,05	75,71
Bld x Az	2,70	2,50	2,04	4,99	18,69	-13,85	33,01	30,10	11,66	-2,88	-3,19	17,33	93,34
Bld x Hd	-8,57	-4,43	8,74	8,74	5,98	-2,13	-4,61	-12,27	4,51	-3,78	-3,43	-0,40	10,03
Mga2 x Az	74,65	83,74	15,36	19,31	44,17	-20,62	129,97	90,52	33,06	-0,53	0,23	-4,39	123,80
Mga2 x Hd	50,72	61,34	17,89	17,89	24,41	-5,04	66,20	41,34	15,73	-3,53	-3,17	8,21	97,54
Frh x Hd	-7,25	-4,82	5,92	5,92	9,13	-4,33	29,02	21,64	7,21	-4,97	-4,89	17,78	131,66
Frh x Az	9,59	7,50	7,53	10,61	24,63	-13,70	41,03	28,92	14,63	-3,96	-3,75	18,95	82,57
Sbg x Hd	51,52	58,79	10,93	10,93	25,61	-16,18	55,65	39,25	3,81	-5,32	-4,87	12,91	90,10
Sbg x Mkb	36,84	18,52	9,65	9,65	29,06	-15,08	6,78	-3,83	22,15	2,15	1,53	9,07	25,53
Bmbk x Hd	9,09	19,25	4,20	4,20	8,91	-11,75	8,93	4,64	14,08	-4,48	-4,22	18,99	41,29
Bmbk x Mkb	36,84	25,99	1,83	1,83	2,31	-0,31	39,70	37,98	25,55	-10,28	-9,73	7,95	70,86
Btmk x Hd	35,00	78,88	5,33	5,33	33,24	-22,94	-10,74	-15,30	3,00	-9,09	-8,60	5,67	-1,22
Str x Hd	45,95	51,34	12,16	12,16	21,30	-15,21	46,07	30,51	18,46	-4,69	-4,27	1,26	115,14
Minimale	-8,57	-4,82	-4,00	-4,00	-1,05	-22,94	-10,74	-15,50	2,81	-4,07	-3,83	-8,15	-1,22
Moyenne	30,62	36,84	6,82	7,80	17,94	-11,11	39,27	28,98	14,14	-4,84	-4,54	10,77	69,77
Maximale	94,74	121,10	17,89	19,31	44,46	4,43	131,39	94,69	33,06	2,15	1,90	26,37	153,22

La comparaison des valeurs moyennes relatives aux hybrides avec leurs parents moyens pour les treize caractères étudiés nous permet de conclure ce qui suit ;

-Parmi trente hybrides F1, vingt ont réalisé un hétérosis positif par rapport au parent moyen et ce pour les neuf caractères considérés. Il s'agit des hybrides suivants :

Anza x Manga type I	Anza x El Fareh	Anza x El Baldi
Hidhab 1220 x ElMerakba	Hidhab 1220 x El Fareh	El Merakba x Sabaga
Hidhab 1220 x BelMebrouk	BelMebrouk x Hidhab 1220	Hidhab 1220 x Sabaga
Manga type I x Hidhab 1220	El Merakba x Hidhab 1220	Manga type II x Hidhab 1220
El Fareh x Hidhab 1220	El Fareh x Anza	BelMebrouk x ElMerakba
Shouiter x Hidhab 1220	El Baldi x Anza	Sabaga x Hidhab 1220
Sabaga x ElMerakba	ElMerakba x BelMebrouk	

-Cinq hybrides ont enregistré des valeurs supérieures au parent moyen pour huit caractères pris en étude. Il s'agit des hybrides :

Anza x Manga type II	Manga type I x Anza	Hidhab 1220 x El Baldi
Manga type II x Anza	Hidhab 1220 x Shouiter	

-03 hybrides réalisent un hétérosis positif pour sept caractères. Il s'agit des hybrides :

BentMebarek x Hidhab 1220	Hidhab 1220 x Manga type II	Hidhab 1220 x BentMebarek
---------------------------	-----------------------------	---------------------------

-02 hybrides uniquement réalisent un hétérosis positif pour six (06) caractères :

Hidhab 1220 x Manga type I	Hidhab 1220 x El Baldi
----------------------------	------------------------

Ces résultats corroborent ceux rapportés par Bouatoura, (1975), Bajawa *et al.*, (1986). De même, Bouatoura, (1975) a rapporté que près de 57 % des hybrides ont un hétérosis significatif et positif en comparaison avec leurs parents moyens. Il rajoute que les géotypes les plus éloignés génétiquement sont ceux qui présentent un effet d'hétérosis le plus élevé.

D'autre part, nous avons constaté dans cette étude que les degrés d'hétérosis H1 les plus élevés, en valeur absolue par rapport au parent moyen, sont enregistrés chez des hybrides issus de parents, qui se caractérisent par des performances très proches de la moyenne pour le caractère étudié, ainsi que des origines géographiquement lointaines.

3.2.1.2 Analyse des liaisons inter-caractères

L'objectif principal de la recherche dans le domaine du croisement et de la sélection est de parvenir à l'identification des caractères ciblés, en vue d'une exploitation idéale du matériel génétique de départ. Cette identification nous conduit, à travers la sélection, de déterminer les lignées qui répondent aux exigences, à la fois, de production (rendement potentiel), d'adaptation

aux conditions de stress (biotique et abiotique) et d'utilisation (qualité supérieure à celle des meilleurs parents utilisés).

Du fait que le rendement est un caractère agronomique complexe, les liaisons entre les valeurs moyennes enregistrées relatives aux caractères étudiés, chez les hybrides F1 comme chez leurs parents, nous conduisent vers un chemin de la sélection afin d'adopter des lignées potentielles adaptées aux pressions de la culture et du milieu.

Sur la base des données relatives au coefficient des corrélations inter-caractères (Annexe 1, tableau 1), il est intéressant de signaler les remarques suivantes:

-En ce qui concerne la capacité de tallage herbacé par plante, nous avons remarqué des corrélations positives avec le pouvoir de tallage épi par plante ($r > 0,95$ chez l'hybride), la précocité à l'épiaison et à la floraison ($r > 0,62$ chez l'hybride), le nombre de grains par épi et par épillet chez les parents, et le nombre de grains par plante ($r > 0,79$ chez les parents). Cependant, des corrélations négatives ont été enregistrées entre ce caractère et le nombre total d'épillets et d'épillets fertiles par épi chez les hybrides ($r > - 0,61$), le nombre de grains par épi et par épillet ($r > - 0,61$) et la densité de l'épi ($r > - 0,57$) chez les hybrides.

-Par ailleurs, nous avons constaté des corrélations significatives et positives entre le nombre de talles épis par plante avec la précocité à l'épiaison et à la floraison, le nombre de grains par épillet ($r = 0,55$) et par épi ($r = 0,67$) chez les parents, et le nombre de grains par plante avec $r > 0,79$ chez les hybrides. A l'exception de la fertilité de l'épi, ces résultats sont en accord avec les conclusions de Yildirim *et al.*, (2014). Toutefois, des corrélations négatives ont été signalées entre ce paramètre (tallage épi par plante) avec la précocité à l'épiaison et à la floraison chez les hybrides ($r > - 0,65$), la densité de l'épi ($r > - 0,51$) et le nombre de grains par plante chez les hybrides ($r = - 0,73$).

-Toutefois, des corrélations positives ont été enregistrées entre le nombre d'épillets (total et fertiles) avec le nombre de grains par épi, le PMG et la densité de l'épi, mais des corrélations significatives et négatives avec le nombre de grains par plante chez l'hybride ont été notées..

-Concernant la longueur de l'épi, nous avons remarqué des corrélations positives, chez les hybrides uniquement avec la précocité à l'épiaison et à la floraison ($r > 0,59$) et avec le nombre de grains par plante, mais ce caractère est très fortement et négativement corrélé avec la densité de l'épi.

-Par ailleurs, des corrélations négatives ont été signalées chez les hybrides entre la densité de l'épi d'une part, et d'autre part la précocité à l'épiaison et à la floraison et avec le nombre de grains par plante.

-Pour la précocité à l'épiaison et à la floraison, nous avons enregistré des corrélations négatives, chez les hybrides avec le nombre de grains par épi, ainsi avec le PMG, cependant, des corrélations positives ont été enregistrées avec le nombre de grains par plante, à la fois, chez les hybrides ainsi que chez leurs parents.

-En ce qui concerne le PMG, les valeurs de ce caractère sont corrélées négativement avec celles du nombre de grains par plante chez les hybrides, mais positivement avec celles de nombre de grains par épi et par épillet chez les parents.

Plusieurs chercheurs ont rapporté de fortes corrélations entre le rendement en grains avec la plupart des caractères sus cités à savoir ; le nombre de grains dont la corrélation est nettement supérieures à celles du PMG (Abbte *et al.*, (1998) et le nombre d'épis (Abbassenne *et al.*, 1998). D'autres corrélations significatives ont été constatées entre d'une part le rendement en grain et d'autre part la précocité à l'épiaison et l'échappement à la sécheresse (James *et al.*, 2000), l'échappement à la chaleur et la radiation solaire excessive au stade remplissage du grain (Zaharieva *et al.*, 2001), le raccourcissement du cycle de croissance (Fischer et Stockman 1986 ; Baker, 2000) et la paille naine de la culture de blé (Kobiljski *et al.*, 2002).

Sur la base de l'analyse des corrélations entre les valeurs de l'hybride et de leur degré d'hétérosis H1 (%) (Annexe 3, tableau 2) des caractères étudiés, nous pouvons dégager les remarques suivantes:

-Des corrélations positives ont été enregistrées entre la capacité de tallage et de talles épis de l'hybride et de leur d'hétérosis H1 avec la longueur de l'épi de l'hybride et de son degré d'hétérosis, le nombre de grains par épi et par épillet de l'hybride et de son degré d'hétérosis, la précocité à l'épiaison et à la floraison de l'hybride et le nombre de grains par plante de l'hybride. Cependant, nous avons remarqué des corrélations négatives entre les valeurs de la capacité de tallage et de talles épis de l'hybride et de leur d'hétérosis H1 avec celles de la densité de l'épi de l'hybride, le PMG de l'hybride et de son degré d'hétérosis.

-Le nombre d'épillets total de l'hybride est positivement corrélé, à la fois, avec le nombre de grains par épi et par épillet, la longueur de l'épi, ainsi que du PMG du parent moyen, mais négativement avec le degré d'hétérosis H1 de nombre de grains par épi et par épillet. Le H1 du nombre d'épillets est positivement corrélé avec les valeurs de l'hybride relatives aux nombre de grains par épi, la précocité et le nombre de grains par plante, cependant, ils sont négativement corrélés avec H1 de la densité, du PMG de l'hybride et de son H1.

-Le nombre d'épillets fertiles de l'hybride, il est corrélé positivement avec les valeurs du parent moyen à la longueur de l'épi, le nombre de grains par épi et par épillet, mais négativement corrélé avec le H1 du nombre de grains par épi et par épillet. Les valeurs de son H1 sont

positivement corrélées avec H1 de la longueur de l'épi de l'hybride et de son H1, la précocité de l'hybride et de son H1 et le nombre de grains par plante et de son H1, mais sont négativement corrélés avec la densité de l'hybride et de son H1, le PMG de l'hybride et de son H1.

-En ce qui concerne la longueur de l'hybride et de son H1, Nous avons constaté qu'ils ont des corrélations positives avec la précocité de l'hybride et de son H1, le nombre de grains par plante de l'hybride et son H1, tandis que la longueur de l'épi de l'hybride est négativement corrélée avec le PMG de l'hybride. La densité de l'épi de l'hybride est négativement corrélée, à la fois, avec la précocité et le nombre de grains par plante de l'hybride ainsi que du parent moyen.

-Par ailleurs, nous avons remarqué des corrélations négatives entre le nombre de grains par épi et par épillet de l'hybride et de son degré d'hétérosis avec le PMG de l'hybride et du parent moyen, mais des corrélations positives avec le nombre de grains par plante de l'hybride et son degré d'hétérosis.

-Nous avons enregistré des corrélations négatives entre la précocité de l'hybride avec le PMG de l'hybride, mais des corrélations positives entre la précocité de l'hybride avec le nombre de grains par plante de l'hybride. Cependant, le PMG de l'hybride est négativement corrélé avec le nombre de grains, à la fois, de l'hybride et du parent moyen.

3.2.1.3 Degré de ressemblance entre apparentés

L'étude des interrelations entre les valeurs moyennes relatives aux caractères étudiés chez F1, issue des parents constants Hidhab 1220, Anza et El Merakba données au tableau 15, nous permet de tirer certaines conclusions à savoir ;

Tableau 15: Coefficients de corrélation et de régression linéaire des caractères étudiés des parents variables pour un parent constant

Caractère / Parent I	Paramètre	Tal/P	T.E/P	EptT	Ept.F.	L.E.	Dens	H.T.	Pr. Ep.	Pr. F	Gr./E.	Gr/Ep	PMG	Gr/Pl
Hd	Coef. corrélation	0,48 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,78**	0,81**	0,38 ^{ns}	0,78**	0,71**	0,49 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,85**	0,55*
	Coef. Régression	0,93	0,65	1,14	1,16	0,64	0,56	0,69	0,54	0,36	0,60	0,91	3,01	1,21
Az	Coef. corrélation	0,96**	0,99**	0,84*	0,84*	0,51 ^{ns}	0,98**	0,43 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,42 ^{ns}	-0,45 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	0,89*	0,96**
	Coef. Régression	2,17	2,21	0,61	0,61	1,09	0,88	0,59	0,77	0,99	-0,50	-0,09	2,73	2,02
Mkb	Coef. corrélation	1,00**	0,98**	0,76 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,85 ^{ns}	0,91 ^{ns}	-0,87 ^{ns}	0,05 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,99**	-0,36 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,45 ^{ns}
	Coef. Régression	1,27	1,71	0,45	0,45	0,61	0,79	-2,40	0,04	-0,01	4,00	-1,00	0,95	0,34

Significations :

(^{ns}) : Corrélation non significative.

(*) : Significative au seuil de $p < 0,05$.

(**) : Significative au seuil de $p < 0,01$.

-L'étude des F1 issues des parents constants (Tableau 15) nous permet de constater que dans plusieurs cas, les valeurs enregistrées relatives aux caractères de cette descendance sont en fonction de la moyenne de leurs parents qui les ont générés. En effet, nous avons remarqué que l'analyse de la corrélation linéaire et/ou de la régression à parent constant et particulièrement introduit à savoir ; Hidhab 1220 et Anza, pour la plupart des caractères ont des valeurs moyennes, qui pourraient être améliorés et ce en fonction de la performance des deux parents utilisés pour le caractère considéré.

-Du fait de l'aspect linéaires de la relation entre ces valeurs moyennes, les valeurs des hybrides pour ces caractères pourraient être prédites à partir des moyennes enregistrées par leur parent moyen, tant la complémentarité pour ce caractère entre les parents est possible, afin d'améliorer la performance des hybrides. Ces résultats corroborent ceux obtenus par plusieurs chercheurs dans ce domaine (Picard *et al.*, 1992 ; Benmahammed, 2005) qui concluent que l'hétérosis pour un caractère donné est d'autant plus élevée que les parents de l'hybride se complètent pour les gènes impliqués dans la variation du caractère et que cette complémentarité est le plus souvent liée à la diversité génétique des parents.

-Dans notre étude, cette complémentarité entre les parents est beaucoup plus importante, lorsque les deux parents appartiennent aux mêmes ou proches performances relatives au caractère étudié, ainsi que des origines géographique diverses.

-Par ailleurs, pour Mackey, (1976), l'expression de l'hétérosis pourrait être le résultat de l'accumulation des gènes dominant favorables, étant dispersés parmi les deux parents et /ou à l'interaction complémentaire de la dominance additive sur les gènes récessifs de différents loci (épistasis).

A cet effet, pour Benmahammed, (2005), il est préférable de choisir des hybrides qui extériorisent le degré d'hétérosis le plus élevé et dans le sens désiré de la sélection, tandis que les performances des croisements adoptés doivent être maintenues dans les limites acceptables, au cours des générations en ségrégation. Toutefois, ces hybrides qui disposent de degré d'hétérosis le plus élevé risquent être aussi dues à des superdominances causées par l'interaction qui, en quelques sorte, ne sont pas fixable.

3.2.2 Etude de F2

3.2.2.1 Analyse de la variation phénotypique

L'analyse de la variance (tableau 16) nous révèle un effet significatif des génotypes mis en expérimentation et ce pour l'ensemble des caractères morphologiques, phénologiques ainsi que pour ceux des composantes du rendement. Ces résultats dévoilent la présence d'une variabilité importante d'origine génétique, parmi les individus de la 2^{ème} génération (F 2). Cette diversité pourrait renfermer des génotypes, pourvus des performances d'adaptabilité biotique et abiotique nécessaires pour l'amélioration des rendements du blé tendre dans les milieux de production.

3.2.2.2 Caractères phéno-morphologiques

Le tableau 16 montre une variabilité significative est importante d'origine génétique chez les parents ainsi que chez les individus de F2, ce qui signifie que les différences entre les valeurs moyennes enregistrées pour des caractères étudiés sont significatives.

Tableau 16 : Carrés moyens des écarts de l'analyse de la variance des caractères phéno-morphologiques enregistrés chez F2.

Source de variation	ddl	L.E	Densité	H.T.	Pr. Ep.	Pr.Fl.
Bloc	2	0,57 ^{ns}	2,86 ^{ns}	32,12 ^{ns}	90,31 ^{ns}	184,69 ^{ns}
Génotype	40	235,74**	2205,79**	8369,49**	2299,08**	2910,39**
Parents	10	108,62**	583,05**	4556,23**	848,18**	1123,01**
F2	29	126,66**	1620,34**	3070,32**	1329,06**	1637,8**
Génotype x parents	1	1,50 ^{ns}	5,08 ^{ns}	786,25**	187,57**	261,31**
Résiduelle	80	15,69	57,11	989,93	356,04	356,02

Significations :

(^{ns}) : Non significative. (**): Significative au seuil de $p < 0,1$.

Le tableau 17 comporte des valeurs moyennes relatives aux caractères phéno-morphologiques étudiés chez les parents.

Tableau 17 : Valeurs moyennes des caractères phéno-morphologiques enregistrées chez les parents.

Parent / Caractère	L.E	Densité	H. T.	Pr. Ep.	Pr.Fl.
Bel Mebrouk (Bmbk)	7,22	29,38	72,97	71,23	77,14
Anza (AZ)	9,79	20,77	72,36	80,82	85,71
Hidhab 1220(HD)	13,21	17,78	79,78	76,02	81,88
El Baldi (Bld)	8,78	24,55	82,25	72,92	78,73
Bent Mebarek (Btmbk)	9,57	23,85	93,23	72,10	77,93
El Fraeh (Frh)	10,62	21,59	109,06	77,08	82,59
Sabaga (Sbg)	8,33	25,70	75,24	68,58	74,00
El Merakba (Mkb)	7,37	26,34	92,06	71,68	77,15
Shouiter (Str)	7,07	28,25	86,75	71,25	76,88
Manga type I (Mga1).	11,23	17,31	96,42	74,23	79,71
Manga Type II (Mga2)	10,13	16,91	102,60	84,53	90,15
Maximale	13,21	29,38	109,06	84,53	90,15
Minimale	7,07	16,91	72,36	68,58	74,00
Moyennes	9,39	22,95	87,52	74,59	80,17
p.p.d.s (p <0,05)	0,53	0,81	3,48	0,92	0,92

Les valeurs moyennes relatives aux caractères phéno-morphologiques étudiés chez la descendance de F2 sont données au tableau 18.

Tableau 18 : Valeurs moyennes relatives aux caractères phéno-morphologiques enregistrées chez F2.

n°	Croisement / Caractère	L.E	Densité	H.T.	Pr. Ep.	Pr.Fl.
1	Hd x Bmbk	10,59	21,07	81,14	71,09	76,85
2	Hd x Bld	9,44	24,70	94,34	70,70	76,46
3	Hd x Frh	10,66	19,78	92,90	72,36	77,12
4	Hd x Mga2	10,98	17,14	93,73	76,59	81,68
5	Hd x Str	8,83	26,13	78,94	69,11	74,87
6	Hd x Sbg	9,85	22,00	74,26	66,91	71,85
7	Hd x Mga1	11,82	18,12	91,88	73,51	78,48
8	Hd x Mkb	9,32	21,15	74,79	69,14	74,70
9	Hd x Btmk	9,01	25,63	75,51	69,95	75,01
10	Az x Mga2	10,09	19,44	79,44	79,48	84,04
11	Az x Frh	9,40	24,90	80,87	72,83	77,99
12	Az x Bld	8,37	26,19	75,99	71,70	75,99
13	Az x Mga1	9,20	23,70	81,08	75,29	79,58
14	Mkb x Hd	10,29	23,57	79,65	68,31	73,80
15	Mkb x Bmbk	7,55	31,28	73,70	70,02	75,51
16	Mkb x Sbg	7,37	33,11	80,49	67,98	73,87
17	Mga1 x Az	9,66	19,80	77,77	73,69	78,47
18	Mga1 x Hd	11,25	20,92	85,53	74,55	78,92
19	Bld x Az	8,79	24,11	85,33	70,74	75,91
20	Bld x Hd	10,18	19,42	80,58	70,92	75,09
21	Mga 2 x Az	11,27	17,48	82,04	81,54	85,90
22	Mga 2 x Hd	11,02	20,42	87,42	77,74	82,72
23	Frh x Hd	10,66	21,22	84,48	73,30	78,11
24	Frh x Az	10,19	21,53	89,49	72,11	77,49
25	Sbg x Hd	9,85	22,00	74,26	66,68	71,85
26	Sbg x Mkb	7,43	32,73	79,46	68,69	74,67
27	Bmbk x Hd	9,56	22,68	78,85	70,23	74,64
28	Bmbk x Mkb	7,55	31,40	75,38	70,24	76,02
29	Btmk x Hd	10,64	21,77	83,61	69,39	74,06
30	Str x Hd	8,82	26,17	78,20	68,93	73,74
Maximale						
		11,82	33,11	94,34	81,54	85,90
Minimale						
		7,37	17,14	73,70	66,68	71,85
Moyenne						
		9,66	23,32	81,70	71,79	76,85
p.p.d.s (p < 0,05)						
		0,83	1,60	6,66	5,21	7,03

3.2.2.2.1 Longueur de l'épi

La longueur de l'épi est déterminée par deux caractères à savoir ; la densité de l'épi et le nombre total des épillets par épi. L'intérêt de la longueur de l'épi dans l'amélioration des rendements de culture de blé tendre a été rapporté par plusieurs chercheurs parmi lesquels, Febrero *et al.*, (1990) particulièrement dans des conditions des milieux stressés (sécheresse et/ ou fortes chaleurs et intensité lumineuse), notamment celles accompagnant la période de remplissage du grain. Des différences significatives pour ce caractère ont été enregistrées aussi bien entre les parents que parmi la descendance de F2. L'effet génotypique est très remarquable pour ce caractère ainsi que pour le reste des caractères étudiés.

En effet, chez les parents, la longueur de l'épi varie de 7,07 cm enregistrée chez la variété / population Shouiter, jusqu'à une valeur maximale de l'ordre de 13,21 cm notée chez Hidhab 1220, tandis que la moyenne générale des parents pour ce caractère est de 9,39 cm. Toutefois, la moyenne générale de la descendance de F2 est de l'ordre de 9,66 cm, tandis que la moyenne de l'épi le plus court est de l'ordre de 7,37 cm, enregistrée chez les individus issus du croisement El Merakba x Sabaga ; deux variétés locales qui se caractérisent par des épis courts. Cependant, la descendance de F2 issue du croisement Hidhab 1220 x Manga type I dispose de la moyenne la plus élevée avec 11,82 cm dont les deux parents disposent des épis les plus longs au niveau de la collection parentale utilisée.

3.2.2.2 Densité de l'épi

Elle est sous l'influence de deux caractères à savoir ; le nombre total d'épillets par épi ainsi que la longueur de ce dernier. L'intérêt de la densité de l'épi a été rapporté par plusieurs chercheurs. Daaloul *et al.*, (1998) concluent que la densité de l'épi est une caractéristique importante notamment dans les régions, à la fois, humides et relativement froides. Cependant, Sapegin et Baransky, (1922) ont rapporté une corrélation positive remarquable entre ce caractère et la résistance des plantes à la rouille brune.

L'analyse de la variance des données relatives à ce caractère dévoile des différences significatives entre les moyennes enregistrées, à la fois, chez les géotypes parentaux ainsi que chez la descendance de F2.

La moyenne générale de la densité de l'épi enregistrée chez les parents est de l'ordre de 22,95 (densité moyenne), quoique la densité la plus faible a été enregistrée chez la variété / population locale managa type II avec 16,91. Cependant, la valeur moyenne la plus élevée a été constatée chez la variété / population locale Bel mabrouk avec 29,38 (épi très dense).

Par ailleurs, chez les F2, la moyenne générale de la densité enregistrée est de l'ordre de 23,32 (une densité plus ou moins élevée). Cette valeur est légèrement supérieure à celle obtenue chez les parents. La densité moyenne la plus faible a été de 17,14, enregistrée chez la descendance de F2 issue du croisement Hidhab 1220 x 21 (introduite x locale), dont les deux parents disposent des densités les plus faibles. Cependant, la densité moyenne la plus élevée a été de 33,1 remarquée chez les individus F2 issu du croisement El Merakba x Sabaga (locale x locale) dont les deux parents se caractérisent par des densités élevées (supérieures à 28).

3.2.2.2.3 Hauteur de la tige

L'analyse de la variance relative à la hauteur de la paille au stade maturité montre un effet significatif des génotypes (parents et descendance de F2) ainsi que de l'interaction génotype x parents. Chez la descendance de F2, la différence entre la moyenne la plus élevée de la tige, enregistrée chez la descendance El Baldi x Hidhab 1220 et celle de la plus courte, constatée chez F2 de Hidhab 1220 x El Merakba, a été estimée à 20,64 cm. Chez les parents, la différence entre les valeurs extrêmes (minimale et maximale) est beaucoup plus élevée (36,70 cm).

Par ailleurs, nous avons constaté une régression de la taille moyenne de la descendance de F2 de l'ordre de 5,82 cm, par rapport à la moyenne générale des parents. Certes, cette régression n'est pas significative au seuil de $p < 0.05$, mais elle est significative au seuil de $p < 0,10$. De même, des régressions supérieures à 8 cm ont été remarquées chez la moyenne de F2 issue des croisements respectifs ;

Hidab 1220 x El Merakba (11.1cm)	Hidab 1220 x Bent Mebarek (11 cm)	Anza x El Fareh (9.93 cm)
El Merakba x Bel Mabrouk (9.83 cm)	El Fareh x Hidab 1220 (8.81 cm)	Anza x Manga type II (8.04 cm)

Cette régression de la hauteur de la paille de la descendance de F2 est très bénéfique et pourrait permettre d'espérer la sélection de génotypes et variétés à paille courte, du fait des avantages évidents qu'offrent les variétés à tiges naines et demi naines en particulier sur la précocité, la résistance à la verse, le PMG ... et leur corrélation avec l'amélioration du rendement en grain d'une manière générale.

Par ailleurs, parmi les individus F2 issus de certains croisements, nous avons remarqué l'existence de plusieurs lignées, qui possèdent une paille inférieure même à celle du parent le plus court et accompagnée d'un important indice de précocité à l'épiaison et à la floraison. Cette observation a été constatée chez des croisements généralement de type local x introduit et qui se distinguent par des parents locaux à paille relativement courte (Sabaga, Shuitter et El Merakba) et l'autre parent introduit. Ces deux parents introduits sont pourvus de gènes de nanismes de type Rht1 (Ehdaie, 1995).

A cet effet, l'apparition parmi les F2, de lignées de pailles très courtes pourrait être partiellement expliquée par l'accumulation de gènes de nanismes des deux parents dont parmi ces gènes, il existe d'autres gènes à l'état récessif originaires de ces variétés /populations locales et qui diffèrent de ceux que dispose les parents introduits (Hidhab 1220 et Anza).

3.2.2.2.4 Précocité à l'épiaison

L'analyse de la variance des données relative à la précocité à l'épiaison, des génotypes mis en étude, révèle une variation génotypique importante et significative enregistrée entre les moyennes des génotypes. La comparaison des données des tableaux 19 et 20 relatives aux performances des parents et les F2 respectivement, selon les conditions de la région d'Adrar, permet de conclure que la durée moyenne de la phase levée - pleine épiaison chez les parents est près de 85 jours (84,53 jours), tandis que celle de la descendance de F2 a été raccourcie avec près de 03 jours.

Toutefois, chez les deux catégories de génotype (parents et les F2), la variabilité pour ce caractère est estimée à 15 jours. Cette durée exprime la différence entre la moyenne de la descendance de la F2 la plus précoce à savoir ; Hidhab x Sabaga (Introduite demi précoce x locale précoce), dont la période de levée – pleine épiaison est de 66,68 jours et celle de la descendance de la F2 la plus tardive ; Manga type II x Anza (deux parents tardifs) et ce avec 81,54 jours.

Cette légère précocité enregistrée chez la descendance F2 va influencer positivement d'abord sur la période de remplissage des grains, qui se retrouve relativement transposée loin de la période de reprise des fortes chaleurs, il en résulte un allongement de la période d'émigration des réserves. Ce qui aboutit non seulement à une amélioration du poids de 1000 grains, mais aussi à une augmentation de nombre de grains par épi et par plante.

Ce gain moyen relatif à la précocité à l'épiaison chez les F2 et qui pourrait atteindre chez la descendance de certains croisements plus de 07 jours, constitue un acquis important. Cet avantage pourrait être à la base de la recherche et de la sélection de génotypes et cultivars dans le cadre de l'amélioration des rendements, dont la précocité est l'un des meilleurs atouts d'adaptation et d'échappement aux conditions de stress les plus limitantes des rendements à savoir ; les stress thermique et hydrique.

3.2.2.2.5 Précocité à la floraison

La variabilité pour la précocité à la floraison est importante et l'effet génotypique est très significatif. A l'instar du caractère précédent, l'ordre de classement des descendances des F2 ainsi que de leur parents, par rapport à la précocité à la floraison, est similaire à celui du paramètre précédent.

En ce qui concerne le nombre de jours, l'écart entre la moyenne de la descendance de la F2 la plus précoce et celle la plus tardive a été très légèrement raccourci, avec environ un jour par

rapport à la précocité à l'épiaison. Cette remarque est valable aussi chez les parents qui les ont engendrés. Cette réduction de la durée, entre les valeurs extrêmes enregistrées chez les génotypes pour ce paramètre, pourrait être due partiellement à une légère reprise des températures printanières, qui touchent plutôt les génotypes les plus tardifs.

3.2.2.3 Caractères de l'épi et composantes du rendement

L'analyse de la variance relative aux caractères de l'épi et des composantes du rendement (Tableau 19) dévoile un effet significatif de la descendance F2, ainsi que de leurs parents et ce pour l'ensemble des caractères considérés. Ces résultats révèlent une diversité génétique importante au sein des génotypes, ce qui est indispensable pour un programme de sélection des génotypes et cultivars pour l'amélioration de la production et de sa qualité, ainsi qu'une meilleure adaptation aux conditions de l'environnement.

Tableau 19 : Carrés moyens des écarts de l'analyse de la variance des caractères de l'épi et composantes du rendement chez les F2.

Source de variation	ddl	Ept. T	Epl. St.	Epl. Ft	Tal. P.	Tal. EP.	Gr. Ep.	Gr. Ept.	Gr. P.
Bloc	2	0,04	0,12	1,12	46,27	15,19	33,81	0,01	52228,00
Génotype	40	376,18**	28,74**	349,50**	3932,76**	3492,89**	23544,37**	50,35**	13870059,13**
Parents	10	116,38**	14,91**	111,60**	2097,72**	1933,69**	9897,74**	15,36**	4151056,46**
F2	29	227,18**	13,97**	212,09**	1702,45**	1413,23**	13246,60**	31,04**	9304726,62**
F2 x parents	1	37,76**	0,09 ^{ns}	38,14**	172,47**	178,68**	561,13**	4,40 ^{ns}	249550,4**
Résiduelle	80	37,02	2,97	58,15	382,5	302,1	939,00	3,58	1496985,0

Significations

(^{ns}) : Non significative. (**): Significative au seuil de $p < 0,1$.

Les valeurs moyennes relatives aux caractères de l'épi et celles des composantes du rendement chez les parents, ainsi que la descendance F2 sont données au tableau 20.

Tableau 20 : Valeurs moyennes des caractères de l'épi et des composantes du rendement chez les parents.

Variété / caractère	Ept. T	Ept. St.	Ept. F	Tal. P.	Tal. EP.	Gr. Ep.	Gr. Epl.	Gr. P.
Bel Mebrouk (Bmbk)	21,02	0,07	19,83	3,50	3,06	93,92	4,76	286,92
Anza (AZ)	20,40	1,50	19,00	24,67	20,82	69,43	3,65	1445,75
Hidhab 1220(HD)	23,38	2,09	21,42	17,50	12,46	89,68	4,18	1116,02
El Baldi (Bld)	22,25	0,09	22,14	7,39	6,17	109,92	4,97	678,10
Bent Mebarek (Btmbk)	22,76	0,10	22,58	7,06	6,80	102,23	4,53	694,97
El Fraeh (Frh)	22,97	0,10	22,79	9,00	8,58	89,87	3,94	771,13
Sabaga (Sbg)	21,11	0,10	21,06	5,67	4,83	86,60	4,11	417,72
El Merakba (Mkb)	19,60	0,06	19,46	7,92	6,50	72,70	3,74	472,05
Shouiter (Str)	18,75	0,17	18,58	10,08	9,08	88,44	4,76	803,36
Manga type I (Mga1).	19,63	0,17	19,36	9,17	6,33	90,00	4,65	567,88
Manga Type II (Mga2)	17,27	0,03	17,13	29,50	29,73	42,93	2,50	1280,36
Maximale	23,38	2,09	22,79	29,50	29,73	109,92	4,97	1445,75
Minimale	17,27	0,03	17,13	3,50	3,06	42,93	2,50	286,92
Moyenne	20,83	0,41	20,30	11,95	10,40	85,07	4,16	775,84
p.p.d.s. (p < 0,05)	1,25	0,25	1,86	2,47	1,92	6,76	0,33	162,22

Suite du tableau 20 : Valeurs des caractères de l'épi et des composantes du rendement chez les F2.

Variété / caractère	Ept. T	Ept. St.	Ept. F	Tal. P.	Tal. EP.	Gr. Ep.	Gr. Epl.	Gr. P.
Hd x Bmbk	22,30	0,28	22,03	14,18	13,61	97,12	4,41	1121,76
Hd x Bld	23,08	0,95	22,13	10,97	10,53	98,50	4,46	874,82
Hd x Frh	21,02	0,52	20,58	11,78	11,31	96,10	4,67	921,30
Hd x Mga2	18,81	0,07	18,75	23,20	20,10	57,52	3,07	986,36
Hd x Str	23,06	0,99	21,71	15,16	17,17	97,60	4,52	1430,65
Hd x Sbg	21,64	0,14	21,50	14,30	13,77	77,30	3,60	905,45
Hd x Mga1	21,41	0,19	21,22	15,71	12,84	78,63	3,71	851,08
Hd x Mkb	19,72	0,11	19,61	12,29	9,99	70,20	3,58	600,08
Hd x Btmk	23,09	1,11	20,51	11,75	8,45	84,45	4,13	609,75
Az x Mga2	19,61	1,24	19,14	17,84	16,95	67,64	3,53	967,24
Az x Frh	23,41	0,64	22,77	15,01	12,79	74,28	3,26	807,96
Az x Bld	21,93	0,36	21,56	12,15	11,32	72,47	3,37	695,55
Az x Mga1	21,75	0,88	20,87	13,86	11,75	69,29	3,32	691,45
Mkb x Hd	24,22	0,38	23,83	16,20	13,07	69,54	2,92	769,38
Mkb x Bmbk	23,62	0,20	23,40	7,88	6,18	89,36	3,82	466,92
Mkb x Sbg	24,39	0,04	24,35	5,26	4,97	78,31	3,22	315,29
Mga1 x Az	19,10	0,12	18,97	18,10	13,25	69,68	3,67	789,71
Mga1 x Hd	23,52	0,91	22,61	12,59	12,46	78,78	3,49	831,07
Bld x Az	21,18	0,05	21,13	18,97	15,66	72,61	3,44	958,31
Bld x Hd	19,78	0,12	19,09	11,97	10,98	99,87	5,23	930,43
Mga2 x Az	19,71	0,06	19,64	28,65	25,96	67,04	3,42	1478,24
Mga2 x Hd	22,48	0,90	21,58	18,33	15,66	58,55	2,71	780,59
Frh x Hd	22,52	0,52	22,00	11,30	10,96	96,70	4,40	895,90
Frh x Az	21,91	0,09	21,82	16,39	14,71	76,63	3,51	957,99
Sbg x Hd	21,64	0,14	21,50	14,30	13,77	77,30	3,60	905,45
Sbg x Mkb	24,30	0,04	24,26	5,09	4,91	77,78	3,21	292,57
Bmbk x Hd	21,66	0,97	21,15	11,36	10,68	95,04	4,50	861,44
Bmbk x Mkb	23,72	0,23	23,46	7,79	6,17	76,52	3,26	400,33
Btmk x Hd	23,13	0,09	23,04	17,97	16,55	84,34	3,66	1190,68
Str x Hd	23,07	0,99	21,71	11,66	11,45	96,91	4,48	938,99
Maximale	24,39	1,24	24,35	28,65	25,96	99,87	5,23	1478,24
Minimale	18,81	0,04	18,75	5,09	4,97	57,52	2,71	400,33
Moyenne	22,03	0,44	21,53	14,66	13,08	80,20	3,74	841,19
p.p.d.s. (p < 0,05)	1,21	0,35	1,47	3,45	2,77	6,01	0,38	260,67

3.2.2.3.1 Nombre total d'épillets par épi

Nous avons constaté une amélioration importante de la descendance F2 par rapport à leurs parents qui les ont générés relatives aux performances enregistrées pour ce caractère. En effet, la comparaison des moyennes générales des deux catégories de génotypes (les parents et les F2) nous montre une différence significative au seuil de $p < 0,5$ équivalent de 1,23 épillets par épi en faveur de la F2 et ce avec 22,03 épillets par épi comme moyenne enregistrée chez les F2, contre 20,83 épillets par épi observée chez leurs parents.

La comparaison des valeurs maximales des deux catégories aboutit aux mêmes conclusions. Le nombre maximum d'épillets par épi a été observé chez la descendance F2 issue du croisement El Merakba x Sabaga (locale x locale), avec une moyenne de 24,39 épillets, tandis que la valeur

maximale chez les parents a été observée chez la variété / population Hidhab 1220 avec 23.38 épillets par épi. Cependant, la moyenne la plus faible a été enregistrée chez la descendance issue du croisement Hidhab 1220 x Manga type II ; deux parents qui se localisent aux extrémités inverses de l'échelle de classement par rapport à ce paramètre, du fait que le premier parent (Hidhab 1220) se caractérise par un potentiel le plus élevé, tandis que la variété Manga type II occupe la dernière place dans cette échelle. Ce qui pourrait être interprété par le fait que le premier parent (Hidhab 1220) regroupe des gènes entièrement à l'état récessif, alors que l'autre est à l'inverse et dispose des gènes entièrement à l'état de dominance.

3.2.2.3.2 Nombre d'épillets stériles par épi

Les épillets stériles concernés pour cet étude sont, ceux qui se retrouvent à la base de l'épi du maître brin et qui sont le plus souvent en état rudimentaire. En référence au tableau 20, les premières constatations concernant ce caractère fait ressortir que, dans les conditions de l'expérimentation, ces épillets sont omniprésents chez les variétés introduites (Hidhab 1220 et Anza), dont les deux variétés sont demi précoce et tardive, respectivement. Toutefois, dans des rares cas, les talles épis primaires de la variété/population tardive Manga type II, pourrait exceptionnellement porter des épillets stériles sur leurs rachis, mais leur présence est régulière sur les talles épis secondaires et tertiaires.

L'analyse de la variance des données relatives au tableau 22 permet de conclure que l'effet génotypique pour ce caractère est significatif. La moyenne générale des F2 est de l'ordre de 0,41 épillets stériles par épi, qui demeure très comparable à celle enregistrée chez leurs parents qui les ont générés, et ce avec 0,44 épillets stériles.

Cependant, les valeurs les plus significatives pour ce caractères ont été enregistrées chez la descendance F2 issue des croisements respectifs; Anza x Manga type II, Hidhab 1220 x Bent Mebarek, Hidhab 1220 x Shouiter et Bel mabrouk x Hidhab 1220 avec 1.41, 1.11, 0.99, et 0.97 épillets stériles par épi respectivement, dont l'un des parents est plus susceptibles à ce phénomène.

3.2.2.3.3 Nombre d'épillets fertiles par épi

L'analyse de la variance relative à ce caractère dévoile une variation génotypique très significative, ce qui pourrait rendre possible la sélection de lignées et génotypes plus performants que leurs parents pour ce caractère. Par ailleurs, nous avons constaté une amélioration chez la descendance F2.

En effet, la moyenne générale enregistrée chez les parents est de 20,30 épillets fertiles par épi, tandis que celle des F2 est de 21,53 épillets (un gain net de l'ordre de 1,23 épillets fertiles par épi). Cependant, bien que ce gain ne soit pas significatif au seuil de $p < 0,05$, il est important et aussi significatif au seuil de $p < 0,1$.

Par ailleurs, la descendance F2 de six (06) croisements a obtenu une moyenne supérieure à 23 épillets fertiles par épi dont les individus F2 issus de deux croisements ont enregistré une moyenne supérieure à 24 épillets fertiles par épi. Tous ces génotypes sont issus de croisement entre des variétés / populations locales. Cependant, le nombre le plus élevé d'épillets fertiles qui a été enregistré parmi les parents est de l'ordre de 22,79 épillets et observé chez la variété / population locale El Fareh.

Par ailleurs, comme il a été mentionné auparavant pour le caractère nombre total d'épillets par épi, le nombre moyen d'épillets fertiles par épi le plus bas, chez la descendance F2, est de l'ordre de 18,75 épillets. Il a été enregistré chez les F2 issue de croisement Hidhab 1220 x Manga type II (importée x locale), dont le premier parent détient le nombre le plus élevé, alors que le 2^{ème} possède le nombre le plus bas. Ce qui laisse supposer que Hidhab 1220 porte uniquement des gènes récessifs, tandis que le 2^{ème} parent regroupe des gènes dominants pour ce caractère.

3.2.2.3.4 Capacité de tallage herbacé par plante

Pour Srivastava et Damania, (1989), les écotypes constituent une source précieuse de nouveaux gènes particulièrement pour la capacité de tallage, tandis que Bennaceur *et al.*, (1997) notent que le pouvoir à taller des variétés de blé tendre est un véritable indice de potentialité d'une variété en termes de rendement, alors que Grandcourt et Prats, (1971) considèrent que la capacité de tallage affecte indirectement le rendement. L'analyse de la variance des données relatives à ce caractère montre un effet hautement significatif des génotypes.

La moyenne générale enregistrée chez les parents est de l'ordre de 11,95 talles herbacées par plante. Cette moyenne cache une immense dissimilitude de la capacité à taller parmi les variétés mises en étude. En réalité, cette capacité commence par une moyenne minimale de 3,5 talles par plante remarquée chez la variété / population Bel Mabrouk et se plafonne avec la variété Manga type II. Dans les conditions d'expérimentation (une faible densité de dose de semis), cette dernière dispose d'une énorme capacité de talles herbacées de l'ordre de 29,50 talles par plante et même davantage.

Toutefois, la moyenne générale enregistrée chez la descendance F2 est beaucoup plus élevée que celle des parents avec 14,66 talles par plante, ce qui offre des possibilités sûres pour l'amélioration de ce caractère de l'ordre de 2,71 talles par plante par rapport à la moyenne des parents.

Cette performance constatée chez les F2 relative au pouvoir des plantes à taller constitue une valeur centrale autour de laquelle il y a une fourchette d'expression, qui commence de 7,79 talles par plante constatées chez la descendance F2 issue de croisement Bel Mabrouk x El Merakba (locale x locale). Cependant, la valeur moyenne la plus élevée est de l'ordre de 28,65 talles par plante enregistrée chez la descendance F2, issue du croisement manga type II x Anza (locale x introduite).

Les valeurs moyennes les plus élevées observées chez les F2 issue du croisement des parents ; manga type II et Anza pourraient être expliquées par le fait que, les deux parents détiennent la capacité de tallage la plus élevée, parmi les génotypes mis en étude. De même, les valeurs les plus faibles sont aussi obtenues chez la descendance F2, issue du croisement Bel Mabrouk x El Merakba, dont les deux parents possèdent un faible pouvoir de tallage herbacé.

Cependant, à la lumière des valeurs moyennes données au tableau 20, qui exprime une certaine abondance et continuité des performances exprimées en valeurs, laisse penser que l'expression phénotypique du nombre de talles par plante est beaucoup plus sous l'effet des gènes additifs (fortement héréditaires).

3.2.2.3.5 Capacité de talles épis par plante

Le nombre de talles- épis constitue l'une des composantes du rendement de la culture de blé tendre. Pour Benbelkacem *et al.*, (1984), l'augmentation de nombre de talles par plante engendre une augmentation du nombre d'épis par plante. Selon plusieurs chercheurs, il est la principale composante associée au rendement. Les résultats relatifs à l'analyse de la variance dévoilent un effet très significatif des génotypes et la sélection pour ce caractère pourrait aboutir à une amélioration du rendement en grain.

Par ailleurs, nous avons remarqué une nette amélioration pour ce caractère chez la descendance F2 par rapport à la moyenne générale de leurs parents, avec un gain net de l'ordre de 2,68 talles-épis par plante. La moyenne la plus élevée a été enregistrée chez les individus F2 issus du croisement Manga type II x Anza avec 25,96 talles épis par plante. De même, chez ces

parents, la variété / population Manga type II possède la capacité de tallage la plus élevée, avec une moyenne de 29,73 talles épis par plante. En revanche, le 2^{ème} parent (Anza), à l'instar des variétés introduites, dispose d'un pourcentage relativement élevé de pertes de talles herbacées par plante, en comparaison avec les variétés locales.

En réalité, la variété / population Manga type II dispose du potentiel le plus bas, en termes de pertes de talles herbacées, avec un nombre de talles-épis presque égale à celui des talles herbacées. Cette potentialité peut être due à une bonne adaptation aux conditions de culture et de l'environnement.

Toutefois, nous avons constaté que les variétés introduites (Hidhab 1220 et Anza) possèdent le rapport le plus faible avec des pertes considérables, en nombre de talles herbacées par plante avec 35 % et 26 %, respectivement, voire 50 % pour certaines années. Les individus F2, dont la variété / population manga type II est l'un des parents, ont globalement tiré des bénéfices et subissent des pertes très limitées.

3.2.2.3.6 Nombre de grains par épi

Plusieurs auteurs (Couvreur, 1984 ; Nachit, 1986 ; Hamada, 2002) ont rapporté que le nombre de grains par épi joue un rôle très important dans la variabilité du rendement et qu'il dépend souvent de la fertilité des épillets. Sur la base de l'analyse de la variance, l'effet génotypique pour ce caractère est hautement significatif, ce qui offre des perspectives réelles pour la sélection des lignées potentielles, en vue de l'amélioration du rendement en grain.

Par ailleurs, chez les parents, les valeurs moyennes relatives à ce caractère sont très variables et l'écart entre la potentialité des épis chez les parents, c.-à-d. écart entre la valeur moyenne du parent le plus productif et le moins productif, est important (67 grains).

Chez la descendance F2, la différence entre la moyenne de l'épi de la F2 la plus productive et celle la moins fertile est de 42,36 grains. Au sein de la descendance de chaque croisement, nous avons constaté une forte variabilité. Nous avons remarqué des valeurs très élevées de la variance relative à ce paramètre, ainsi qu'une sorte de continuité quant à l'expression de ce caractère, ce qui donne l'impression que le nombre de grains par épi est, en grande partie, sous l'effet des gènes additifs.

3.2.2.3.7 Nombre de grains par épillet

Les résultats relatifs à l'analyse de la variance pour ce caractère affiche un effet significatif des génotypes. Le nombre moyen de grains par épillet enregistré chez les parents est de 4,16 grains,

les épillets de la variété / population Manga type II (variété tardive) renferment le nombre le plus faible avec 2,50 grains, tandis que les épillets de Bel Mabrouk (variété demi précoce) possèdent le nombre de grains le plus élevé avec une moyenne de 4,97 grains/ épi, mais relativement de petite taille.

Toutefois, chez la descendance F2, les épillets disposent d'une moyenne générale estimée à 3,74 grains par épillet, manifestement inférieure à celle de leurs parents, tandis que la disparité entre les descendances F2 est très importante. La moyenne minimale est de 2,71 grains par épillet enregistrée chez la F2 issue du croisement Manga type II x Hidhab 1220 (locale x introduite), tandis que la moyenne maximale est de 5,23 grains par épillet, observée chez la descendance issue du croisement El Baldi x Hidhab 1220 (locale x introduite), dont les deux variétés disposent des potentiels en nombre de grains par épis parmi les meilleurs parents.

3.2.2.3.8 Nombre de grains par plante

L'analyse de la variance des données relatives à ce caractère dévoile que l'effet génotypique est hautement significatif, par conséquent, la sélection de lignées potentielles pourrait conduire à un progrès important des rendements en grain.

La moyenne générale des parents est de l'ordre de 775,84 grains par plante avec une valeur minimale de 286,92 grains, constatée chez la variété / population Bel Mabrouk et une maximale de 1445,75 grains par plante, enregistrée chez la variété introduite Anza. Cependant, chez la F2 la moyenne générale est de 841,19 grains par plante ce qui a provoqué une amélioration moyenne pour ce caractère de l'ordre de 12,72 % et ce par rapport à la moyenne générale de leurs parents qui les ont engendrés.

3.2.2.4 Variations phénotypique et génotypique, héritabilité au sens large et gain génétique

La variance phénotypique et génotypique, l'héritabilité au sens large et le gain génétique attendu sont parmi les paramètres les plus fréquemment utilisés par les chercheurs dans le domaine du croisement et de la sélection, afin d'évaluer la magnitude de la variance chez le matériel de croisement du blé (Bhutta, 2006).

3.2.2.4.1 Coefficient de variation phénotypique

Deshmukh *et al.*, (1986) ont rapporté que les valeurs de la variation phénotypique supérieures à 20 % pourraient être considérées comme élevées, celles oscillant entre 10 et 20% sont modérées, tandis que celles inférieures à 10% sont faibles. Par ailleurs, Singh *et al.*, (1994) ont rapporté que la

sélection des caractères sur la base de ces paramètres est efficace, à cause des fortes corrélations reliant les estimations des phénotypes avec celles des génotypes.

Le tableau 21 comporte des valeurs du coefficient de variation phénotypique (%) des caractères étudiés chez les F2.

Tableau 21 : Valeurs du coefficient de variation phénotypique (%) des caractères mesurés chez les F2.

Croisement / Caractère	L.E	Ept-t	Dens	Ept-ft	H.T	Tal-Ep	Tall	Pr.Ep	Pr.fl	Gr.Ep	Gr.Ept	Gr.P.
Hd x Bmbk	18,24	14,06	23,99	13,91	13,44	34,94	64,93	9,93	8,59	8,21	22,77	34,44
Hd x Bld	21,81	8,88	19,43	11,57	9,82	27,94	51,22	8,10	7,32	8,21	15,40	52,76
Hd x Frh	14,08	13,53	17,91	12,93	14,35	24,29	46,64	10,62	9,62	14,85	20,89	49,67
Hd x Mga2	13,64	11,60	9,37	11,64	11,90	51,72	51,19	9,39	8,77	20,30	13,81	82,82
Hd x Str	16,24	13,97	11,11	21,73	13,85	41,00	67,88	13,80	11,77	18,69	31,86	72,04
Hd x Sbg	12,69	13,97	9,34	15,54	21,30	69,21	58,08	12,47	10,14	25,48	23,91	96,02
Hd x Mga1	12,75	10,39	8,90	11,32	11,89	58,48	55,34	11,96	10,43	26,00	19,50	84,06
Hd x Mkb	18,15	14,35	12,70	14,19	17,70	86,73	87,14	16,47	15,07	27,14	31,02	124,28
Hd x Btmk	15,57	8,78	15,91	20,59	11,54	54,17	81,39	13,12	12,57	19,02	19,53	124,00
Az x Mga2	16,94	15,47	13,63	16,96	15,27	68,14	68,14	12,42	8,86	19,91	26,98	105,16
Az x Frh	11,60	12,88	14,32	13,61	14,05	73,17	73,09	12,43	11,14	27,25	33,09	122,98
Az x Bld	15,98	14,07	14,99	16,03	13,11	90,81	89,79	12,13	11,00	21,44	47,10	86,50
Az x Mga1	14,30	8,59	10,91	9,78	16,81	70,69	45,62	11,37	10,82	26,19	19,83	92,41
Mkb x Hd	9,24	7,31	8,65	7,25	11,40	68,82	39,14	15,66	14,93	26,88	39,19	99,11
Mkb x Bmbk	9,59	6,50	9,65	7,02	8,78	34,22	33,73	8,85	7,98	11,64	17,71	33,24
Mkb x Sbg	12,33	6,33	10,25	6,32	15,28	39,35	36,76	9,64	9,32	13,75	18,68	29,74
Mga1 x Az	15,77	12,86	13,28	14,30	14,80	63,59	56,11	11,84	11,05	25,64	18,45	79,41
Mga1 x Hd	18,87	9,21	10,84	11,14	11,49	64,51	56,55	11,26	10,49	25,69	32,75	88,61
Bld x Az	12,04	9,07	12,32	9,09	14,32	63,71	58,79	10,77	10,02	22,07	45,30	63,65
Bld x Hd	12,52	10,26	15,27	23,17	16,19	22,59	79,09	9,55	8,75	13,35	13,74	47,75
Mga2 x Az	11,63	11,49	9,88	11,56	13,21	59,03	51,13	9,19	8,76	19,49	26,97	70,22
Mga2 x Hd	14,58	11,13	19,68	14,54	18,88	59,00	57,39	10,26	8,61	20,80	14,37	105,74
Frh x Hd	14,08	11,28	16,16	10,35	15,73	34,58	61,35	8,88	8,08	15,84	21,03	52,73
Frh x Az	17,58	10,03	10,77	10,32	13,37	65,64	68,82	12,55	11,25	27,11	28,40	107,91
Sbg x Hd	13,70	10,93	12,08	11,56	12,57	78,31	72,61	11,63	10,01	26,54	22,32	104,20
Sbg x Mkb	12,33	6,08	10,44	6,22	15,69	37,95	37,78	9,36	8,55	13,25	18,64	30,57
Bmbk x Hd	13,15	9,49	13,20	10,09	18,68	22,45	39,85	8,05	7,15	14,21	16,99	44,97
Bmbk x Mkb	9,45	6,70	9,87	6,82	8,85	40,94	34,29	9,08	8,45	13,75	20,36	47,54
Btmk x Hd	16,27	8,66	14,03	8,59	13,69	57,32	55,00	12,25	11,48	19,44	20,73	67,35
Str x Hd	16,45	13,76	13,40	21,71	13,70	80,65	70,28	20,86	12,23	19,27	31,67	36,70
Moyenne	14,38	10,72	13,08	12,66	14,05	56,86	58,30	11,46	10,11	19,71	24,43	74,55

Sur la base de l'échelle d'évaluation du coefficient de la variation phénotypique établi par Deshmukh *et al.*, (1986) et à la lumière des données moyennes relatives aux différents caractères étudiés nous pouvons dégager les conclusions suivantes :

Les caractères relatifs au potentiel de grains par plante, la capacité de tallage et de tallage épi par plante respectifs, enregistrent des valeurs extrêmement élevées de l'ordre de 74,55 %, 58,30 % et 56,86 % respectivement avec des pics supérieurs à 80 %, constatés chez la descendance F2 issue de 03 croisements pour les caractères ; capacité de tallage et de tallage épi par plante à savoir ;

Hidhab 1220 x El Merakba

Anza x El Beldi

Shouiter x Hidhab 1220

De même, la descendance F2 de près de la moitié (14) des croisements parmi trente ont dépassé le niveau de 80 % pour le caractère nombre de grains par plante.

Toutefois, les caractères relatifs aux nombre de grains par épi et par épillet enregistrent des valeurs élevées relatives à ce coefficient, tout juste à la limite de 20 % pour le 1^{er} caractère et de 24,43 % pour le 2^{ème} caractère, quoique des pics supérieurs à 25 % aient été constatés chez la descendance de la 2^{ème} génération, issue de 10 croisements pour le potentiel nombre de grains par épi. Des valeurs supérieures à 30 % ont été enregistrées chez F2 issue de 8 croisements pour le potentiel nombre de grains par épillets, à savoir ;

Anza x El Baldi	Anza x El Fareh	Hidhab 1220 x El Merakba
Hidhab 1220 x Shuiter	El Merakba x Hidhab 1220	Manga type II x Hidhab 1220
El Baldi x Anza	et Shouiter x Hidhab 1220	

Par ailleurs, des valeurs moyennes du coefficient de variation phénotypique ont été enregistrées pour le reste des caractères. Ces valeurs varient de 10,11 % pour la précocité à l'épiaison, jusqu'à 14,38 % pour le caractère la longueur de l'épi, avec les effets marquants suivants :

- La descendance F2 d'un seul croisement a obtenu une valeur élevée (supérieure à 20 %), il s'agit de la descendance F2 issue du croisement Hidhab 1220 x El Baldi et ce pour le caractère longueur de l'épi.
- La descendance F2 de trois croisements a atteint des coefficients qui se rapprochent de la limite de 20 % pour le caractère densité de l'épi, il s'agit des croisements suivants :

Hidhab 1220 x Bel Mebrouk (24 %) **Manga type II x Hidhab 1220 (19,7 %)** **Hidhab 1220 x El Baldi (19,4 %)**

- En ce qui concerne le nombre d'épillets fertiles par épi, nous avons enregistré des coefficients élevés chez la descendance F2 de quatre (04) croisements à savoir ;

El Baldi x Hidhab 1220 (23.2 %) **Hidhab 1220 x Shouiter (21.7 %)** **Manga type II x Hidhab 1220 (21.7%)**
Hidhab 1220 x Bent Mebark (20.59 %)

- Pour la hauteur de la paille au stade maturité physiologique, la descendance F2 issue d'un seul croisement détient un coefficient élevé de l'ordre de 21,30 %, il s'agit de la F2 issue de Hidhab 1220 x Sabaga.

3.2.2.4.2 Coefficient de variation génotypique

Les valeurs moyennes relatives au coefficient de variation génotypique (%) des caractères mesurées sont données au tableau 22.

Tableau 22 : Valeurs du coefficient de variation génotypique (%) des caractères mesurés chez F2.

Croisement / Caractère	L.E	Ept-t	Densité	Ept-ft	H.T	Tal-Ep	Tal.P	Pr.Ep	Pr.Fl	Gr.Ep	Gr.épt	Gr.P.
Hd x Bmbk	17,71	13,50	23,46	13,86	12,97	34,17	63,63	9,69	8,52	8,14	20,98	33,11
Hd x Bld	21,32	8,08	19,20	11,51	9,34	25,04	47,69	7,81	7,09	8,14	13,97	50,10
Hd x Frh	13,53	13,04	17,53	12,86	13,96	20,93	42,79	10,45	9,54	14,30	19,92	47,27
Hd x Mga2	13,34	10,56	8,61	11,59	11,35	50,61	49,56	9,03	8,61	19,38	11,25	81,50
Hd x Str	15,90	13,42	10,46	21,70	13,32	40,22	66,42	13,64	11,64	18,25	31,36	71,32
Hd x Sbg	11,91	13,53	8,78	15,50	20,91	68,55	55,96	12,30	9,99	25,09	22,25	95,31
Hd x Mga1	11,72	9,60	8,10	11,26	11,32	57,36	53,80	11,78	10,29	25,40	17,50	81,64
Hd x Mkb	17,52	13,85	12,01	14,14	17,26	85,20	85,55	16,34	15,00	26,58	29,82	121,87
Hd x Btmk	14,86	8,14	15,57	20,54	10,95	53,76	79,22	12,94	12,52	18,39	18,00	121,86
Az x Mga2	15,95	14,75	13,03	16,91	14,87	65,99	65,32	12,16	8,60	19,44	26,60	101,12
Az x Frh	10,84	12,44	13,92	13,55	13,74	70,78	70,64	12,27	10,97	26,87	32,34	118,01
Az x Bld	15,22	13,51	14,64	15,98	12,82	88,47	86,97	11,94	10,73	21,17	46,64	76,42
Az x Mga1	12,87	7,61	10,37	9,68	16,47	67,64	41,23	11,18	10,59	25,57	18,24	81,91
Mkb x Hd	8,18	6,63	7,82	7,19	10,79	67,69	37,06	15,52	14,85	26,30	37,76	97,27
Mkb x Bmbk	6,71	5,49	8,86	6,93	8,22	24,74	30,49	8,70	7,84	10,76	14,83	24,22
Mkb x Sbg	10,78	5,70	9,83	6,23	14,93	36,54	35,28	9,55	9,10	12,86	16,47	25,84
Mga1 x Az	14,60	12,03	12,65	14,23	14,38	60,92	54,09	11,66	10,82	25,01	17,05	70,02
Mga1 x Hd	18,13	8,47	10,36	11,09	10,80	63,44	54,18	11,07	10,36	25,09	31,45	86,20
Bld x Az	11,12	8,10	11,82	8,99	14,12	61,96	57,03	10,55	9,73	21,81	44,84	56,45
Bld x Hd	11,78	9,32	14,81	23,13	15,79	19,22	77,21	9,30	8,55	12,98	12,58	45,15
Mga2 x Az	11,37	10,51	8,84	11,49	12,78	57,97	49,68	8,85	8,50	18,99	26,56	67,58
Mga2 x Hd	14,30	10,04	19,44	14,49	18,48	57,38	55,06	9,94	8,45	19,94	11,15	104,10
Frh x Hd	13,53	10,85	15,80	10,28	15,30	32,16	58,23	8,68	7,99	15,33	19,94	50,35
Frh x Az	17,16	9,38	10,03	10,22	13,10	63,62	66,63	12,40	11,08	26,75	27,65	103,89
Sbg x Hd	13,16	10,35	11,54	11,48	11,84	77,62	71,20	11,44	9,86	26,16	20,59	103,41
Sbg x Mkb	10,55	5,38	10,03	6,14	15,34	34,91	36,39	9,27	8,32	12,31	16,41	26,03
Bmbk x Hd	6,50	5,74	9,11	6,73	8,32	33,40	31,03	8,93	8,31	12,73	14,61	43,24
Bmbk x Mkb	12,23	8,58	12,35	10,01	18,32	20,45	36,45	7,75	7,06	13,69	16,91	37,13
Btmk x Hd	15,79	8,01	13,48	8,50	13,29	56,93	53,62	12,06	11,42	18,83	18,89	66,32
Str x Hd	16,11	13,20	12,88	21,68	13,15	79,75	67,89	20,76	12,10	18,84	31,15	33,26
Moyenne	13,49	9,99	12,51	12,60	13,61	52,58	56,01	11,27	9,95	19,17	22,92	70,73

A la lumière des valeurs moyennes de la descendance F2 relatives aux caractères pris en considération (Tableau 24), sur la base de l'échelle de grandeur des valeurs établie par Deshmukh *et al.*, (1986), nous avons constaté que les valeurs relatives au coefficient de variation génotypique en générale, suivent la même tendance que celle du paramètre précédent. L'analyse fait ressortir ce qui suit :

-Des coefficients extrêmement élevés et supérieurs à 50 % ont été remarqués pour les caractères relatifs au potentiel du nombre de grains par plante, la capacité de tallage herbacé ainsi qu'au pouvoir de talles épis par plante respectifs, avec des valeurs de 70,73 %, 56,01 % et 52,58 % respectivement et les effets particuliers suivants :

- En ce qui concerne le nombre de talles- épis par plante, des valeurs supérieures à 70 % ont été enregistrées chez la descendance F2 issue de cinq croisements à savoir ;

Anza x El Baldi (88,47 %)	Hidhab 1220 x El Merakba (85,20%)	Shuiter x Hidhab 1220 (79,75 %)
Sabaga x Hidhab 1220 (77,62 %)	et Anza x El Fareh (70 %)	

-Le dénominateur commun entre ces croisements, en primo, c'est que l'un des parents est une variété locale, tandis que l'autre est une variété introduite, secundo c'est que les deux parents se caractérisent par des performances justes moyennes pour le caractère considéré.

-Pour le nombre de talles herbacées par plante, la valeur minimale est de 30,49 % enregistrée chez la descendance F2 issue du croisement El Merakba x Bel Mabrouk (locale x locale), tandis que la valeur maximale est de l'ordre de 88,47 % remarquée chez les F2 issue du croisement Anza x El Baldi. De même, la descendance F2 issue de six croisements a obtenu des valeurs supérieures à 70 %. Il s'agit des croisements suivants :

Anza x El Baldi (88,47 %)	Hidhab 1220 x El Merakba (85,55 %)	Hidhab1220 x Bent Mebarek (79,2 %)
El Baldi x Hidhab 1220 (77,21 %)	Sabaga x Hidhab 1220 (71,20 %)	Anza x El Fareh (70,64 %)

-En ce qui concerne le nombre de grains par plante, les valeurs du coefficient relatif à ce caractère sont très élevés, dont la moyenne générale est de l'ordre de 70,73 %. Par ailleurs, la descendance F2 issue de seize croisements parmi trente, ont enregistré des coefficients supérieurs à 70 %.

-En ce qui concerne le nombre de grains par épillet, la valeur moyenne est élevée et supérieure à 22,92 %. Cependant, la valeur moyenne minimale enregistrée est de 11,15 % et qui a été constatée chez les F2 issue du croisement Manga type II x Hidhab 1220. Cependant, la valeur moyenne maximale est de 46,64 % enregistrée chez la descendance F2 issue du croisement Anza x El Baldi. Davantage, le nombre de F2 ayant obtenu des valeurs supérieures à 30 % remonte à sept croisements à savoir :

Hidhab 1220 x Shouiter (31,36)	Anza x El Baldi (46,64)	El Baldi x Anza (44,84)
Anza x El Fareh (32,34)	El Merakba x Hidhab 1220 (37,76)	Manga 1 x Hidhab 1220 (31,45)
	Shouiter x Hidhab 1220 (31,15)	

-Pour le nombre de grains par épi, la valeur moyenne du coefficient pour l'essai est à la limite avec 19,17 %, tandis que chez les F2, douze croisements parmi trente ont atteint le seuil considéré comme élevé.

Par ailleurs, les valeurs moyennes du coefficient relatif aux caractères ; la hauteur de la paille au stade maturité, la longueur de l'épi, le nombre d'épillets fertiles, la densité de l'épi et la précocité

à l'épiaison affichent un niveau moyen du coefficient de variation génotypique ; avec en particulier ce qui suit :

- les individus F2 issus de quatre croisements ont obtenu des valeurs moyennes du coefficient relatif au nombre d'épillets fertiles supérieure à 20 %, il s'agit des croisements :

El Baldi x Hidhab 1220 (23,13 %) Shouiter x Hidhab 1220 (21,68 %) Hidhab1220 x Bent Mebarek (20,5%)
Hidhab 1220 x Shuiter (21,70 %.)

- La descendance F2 issue d'un seul croisement ; Hidhab 1220 x Sabaga a obtenu une valeur élevée du coefficient relative à la hauteur de la paille avec 20,93 %.
- Les individus F2 issus du croisement Hidhab 1220 x Bel Mabrouk est la seule qui a un coefficient relatif à la densité de l'épi et qui a franchi la barre de 20 % avec 23,46 %.
- La descendance F2 issue d'un seul croisement qui a obtenu une valeur élevée du coefficient de la variation génotypique relative à la précocité à l'épiaison, est celle issue du Hidhab 1220 x Shouiter avec 20,76 %.

Eu égard aux caractères ; le nombre total d'épillets par épi ainsi que la précocité à la floraison, les valeurs moyennes enregistrées relatives au coefficient sont tout juste à la limite de la marge des valeurs moyennes avec respectivement 9,99 % et 9,95 %. Toutefois, des valeurs maximales enregistrées relatives au coefficient pour ces deux caractères sont de 14,75 %, constatée chez la descendance F2 issue du croisement Anza x Manga type II pour le premier caractère, ainsi que 15,00 % observée chez la F2 issue du croisement Hidhab 1220 x El Merakba, pour le 2^{ème} caractère. De même, nous avons constaté que

- Les valeurs moyennes de ce paramètre relatives à la précocité à l'épiaison sont très légèrement supérieures à celles de la précocité à la floraison.
- La moyenne du coefficient relatif au nombre d'épillets fertiles est supérieure à celle du nombre total des épillets par épi.
- La valeur moyenne du coefficient relative à la capacité de tallage est supérieure à celle du pouvoir de tallage-épi par plante.

Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par Khan et Naqvi, (2011). Par ailleurs, la similitude et la conformité des résultats relatifs aux valeurs moyennes du coefficient de variation phénotypique avec celles du coefficient de variation génotypique, suggèrent une dominance des facteurs génétiques sur l'expression phénotypique des caractères considérés au détriment des

facteurs environnementaux. Ce qui offre des opportunités réelles pour la sélection des lignées, dans un cadre de l'amélioration des caractères désirés.

3.2.2.4.3 Coefficient de déterminisme génétique au sens large (h^2 bs)

Le tableau 23 comporte des valeurs relatives à l'héritabilité au sens large des caractères mesurés chez les F2.

Tableau 23 : Valeurs d'héritabilité au sens large des caractères mesurés chez les F2.

Croisement / Caractère	L.E	Ept-t	Densité	Ept-ft	H.T	Tal-Ep	Tal.P	Pr. Ep	Pr. F	Gr.Ep	Gr.épt	Gr.P
Hd x Bmbk	0,94	0,92	0,96	0,99	0,93	0,96	0,96	0,95	0,98	0,98	0,85	0,92
Hd x Bld	0,96	0,83	0,98	0,99	0,90	0,80	0,87	0,93	0,94	0,98	0,82	0,90
Hd x Frh	0,92	0,93	0,96	0,99	0,95	0,74	0,84	0,97	0,98	0,93	0,91	0,91
Hd x Mga2	0,96	0,83	0,84	0,99	0,91	0,96	0,94	0,92	0,96	0,91	0,66	0,97
Hd x Str	0,96	0,92	0,89	1,00	0,93	0,96	0,96	0,98	0,98	0,95	0,97	0,98
Hd x Sbg	0,88	0,94	0,88	0,99	0,96	0,98	0,93	0,97	0,97	0,97	0,87	0,99
Hd x Mga1	0,85	0,85	0,83	0,99	0,91	0,96	0,94	0,97	0,97	0,95	0,81	0,94
Hd x Mkb	0,93	0,93	0,89	0,99	0,95	0,97	0,96	0,98	0,99	0,96	0,92	0,96
Hd x Btmk	0,91	0,86	0,96	1,00	0,90	0,99	0,95	0,97	0,99	0,93	0,85	0,97
Az x Mga2	0,89	0,91	0,92	0,99	0,95	0,94	0,92	0,96	0,94	0,95	0,97	0,92
Az x Frh	0,87	0,93	0,94	0,99	0,96	0,94	0,93	0,98	0,97	0,97	0,96	0,92
Az x Bld	0,91	0,92	0,95	0,99	0,96	0,95	0,94	0,97	0,95	0,97	0,98	0,78
Az x Mga1	0,81	0,79	0,90	0,98	0,96	0,92	0,82	0,97	0,96	0,95	0,85	0,79
Mkb x Hd	0,78	0,82	0,82	0,98	0,89	0,97	0,90	0,98	0,99	0,96	0,93	0,96
Mkb x Bmbk	0,49	0,71	0,84	0,98	0,88	0,52	0,82	0,97	0,96	0,85	0,70	0,53
Mkb x Sbg	0,76	0,81	0,92	0,97	0,95	0,86	0,92	0,98	0,95	0,87	0,78	0,75
Mga1 x Az	0,86	0,88	0,91	0,99	0,94	0,92	0,93	0,97	0,96	0,95	0,85	0,78
Mga1 x Hd	0,92	0,85	0,91	0,99	0,88	0,97	0,92	0,97	0,98	0,95	0,92	0,95
Bld x Az	0,85	0,80	0,92	0,98	0,97	0,95	0,94	0,96	0,94	0,98	0,98	0,79
Bld x Hd	0,89	0,83	0,94	1,00	0,95	0,72	0,95	0,95	0,95	0,95	0,84	0,89
Mga2 x Az	0,96	0,84	0,80	0,99	0,94	0,96	0,94	0,93	0,94	0,95	0,97	0,93
Mga2 x Hd	0,96	0,81	0,98	0,99	0,96	0,95	0,92	0,94	0,96	0,92	0,60	0,97
Frh x Hd	0,92	0,93	0,96	0,99	0,95	0,86	0,90	0,95	0,98	0,94	0,90	0,91
Frh x Az	0,95	0,88	0,87	0,98	0,96	0,94	0,94	0,98	0,97	0,97	0,95	0,93
Sbg x Hd	0,92	0,90	0,91	0,99	0,89	0,98	0,96	0,97	0,97	0,97	0,85	0,98
Sbg x Mkb	0,73	0,78	0,92	0,97	0,96	0,85	0,93	0,98	0,95	0,86	0,77	0,72
Bmbk x Hd	0,87	0,82	0,87	0,98	0,96	0,83	0,84	0,92	0,97	0,93	0,74	0,92
Bmbk x Mkb	0,47	0,73	0,85	0,98	0,88	0,67	0,82	0,97	0,97	0,86	0,69	0,61
Btmk x Hd	0,94	0,86	0,92	0,98	0,94	0,99	0,95	0,97	0,99	0,94	0,83	0,97
Str x Hd	0,96	0,92	0,92	1,00	0,92	0,98	0,93	0,99	0,98	0,96	0,97	0,82
Moyenne	0,87	0,86	0,91	0,99	0,93	0,90	0,92	0,96	0,97	0,94	0,86	0,88

En vue d'interpréter la grandeur des résultats obtenus relatifs à ce paramètre, nous avons utilisé une échelle établie par Pramoda et Gangaprasad, (2007). Ils ont rapporté que les valeurs de l'héritabilité inférieures au seuil de 0,4 sont considérées comme faibles, moyennes dans la fourchette de 0,4 à 0,6, élevées entre 0,60 et 0,80 et très élevées à partir de 0,80.

A la lumière des résultats moyens donnés au tableau 23, nous avons remarqué que la valeur minimale absolue (considérée comme moyenne selon l'échelle précédente) a été de l'ordre de 0,47, enregistrée chez la descendance F2 issue du croisement Bel Mebrouk x El Merakba (deux variétés

locales). Cette valeur est relative au caractère longueur de l'épi. Cependant, la moyenne générale de l'essai pour tous les caractères confondus est très élevée et de l'ordre de 0,91.

Par ailleurs, pour Khan *et al.*, (2008) plus l'héritabilité estimée est élevée, plus les procédures de sélection sont simple, tandis que Navin Kumar *et al.*, (2014) ont rapporté que les fortes estimations de l'héritabilité au sens large (supérieur à 0,80) indiquent que cette héritabilité pourrait être due à une forte contribution des composantes génotypiques. Selon Khan et Naqvi, (2011), la sélection sur la base d'une seule plante, lors des premières générations, pourrait être plus efficace pour un caractère fortement héritable, en comparaison à un autre caractère peu héritable.

De même, nous avons constaté des valeurs extrêmement élevées de l'héritabilité très proche de 0,99. En effet, la valeur moyenne la plus élevée pour ce paramètre est celle relative au caractère nombre d'épillets fertiles par épi. Cette performance atteint parfois la valeur 1. Cela suggère que l'effet de l'environnement est négligeable et que l'expression de ce caractère est presque totalement sous l'effet des gènes.

Par ailleurs, des valeurs moyennes supérieures à 0,9 relatives au coefficient de l'héritabilité ont été constatées chez 07 autres caractères à savoir ; la précocité à la floraison, la précocité à l'épiaison, le potentiel en nombre de grains par épi, la hauteur de la paille, la capacité de tallage herbacé, la densité de l'épi et la capacité de talles épis par plante, respectifs avec des valeurs ; 0,97, 0,96, 0,94, 0,93, 0,92, 0,91 et 0,90 respectivement. Les coefficients relatifs au reste des caractères sont aussi très élevés et oscillent entre 0,86 et 0,88 à savoir ; le nombre de grains par épillet et le nombre total d'épillets par épi (0,86), longueur de l'épi (0,87) et le nombre de grains par plante (0,88).

De même, sur la base des résultats obtenus (Tableau 23), nous pouvons noter les quelques constatations relatives à ce paramètre :

- Selon les conditions de l'expérimentation et le type du matériel végétal utilisé, ces fortes valeurs du coefficient de l'héritabilité au sens large nous confirment, que l'effet de l'environnement sur l'expression phénotypique des caractères a été très faible. Ceci est en accord total avec le fait que les valeurs du coefficient de variation génotypique sont très proches de celles relatives à la variation phénotypique.

-Les valeurs les moins élevées relatives au coefficient de l'héritabilité pour la quasi-totalité des caractères pris en considération, ont été enregistrées chez les F2 issues des croisements El Merakba x Bel Mabrouk et Sabaga x El Merakba (locale x locale), dont les deux parents

appartiennent aux mêmes origines géographiques et disposent des caractères avec des valeurs très proches.

3.2.2.4.4 Gain génétique attendu en sélection

Les valeurs moyennes relatives au gain génétique attendu des caractères étudiés chez la descendance F2 sont données au tableau 24.

Tableau 24 : Valeurs du gain génétique attendu en sélection (GGA) relatif aux caractères mesurés chez les F 2.

Croisement / Caractère	L.E	Ept-t	Dens	Ept-F	H.T	Tal-Ep	Tal.P	Pr. Ep	Pr Fl	Gr.Ep	Gr.Ept	Gr.P
Hd x Bmbk	3,73	5,95	9,96	6,26	20,91	9,37	18,21	13,85	13,37	35,84	1,76	735,43
Hd x Bld	4,04	3,50	9,66	5,22	17,27	8,09	10,03	10,96	10,81	26,71	1,16	857,27
Hd x Frh	2,84	5,44	6,99	5,42	26,00	7,67	9,53	15,31	15,03	27,24	1,83	853,85
Hd x Mga2	2,94	3,73	2,79	4,46	20,88	20,50	22,93	13,70	14,23	21,92	0,58	1629,71
Hd x Str	2,82	6,12	5,30	9,69	20,83	13,96	20,29	19,20	17,75	35,83	2,87	2080,89
Hd x Sbg	2,16	5,84	4,20	7,13	32,77	20,90	14,55	16,72	14,78	40,03	1,51	1938,92
Hd x Mga1	2,61	3,92	2,75	4,90	20,39	14,88	16,92	17,57	16,43	40,19	1,20	1390,03
Hd x Mkb	3,23	5,43	4,95	5,69	25,92	17,23	21,27	23,09	22,95	37,64	2,11	1477,29
Hd x Btmk	2,62	3,59	8,04	8,66	16,18	18,50	18,66	18,40	19,26	30,92	1,41	1504,22
Az x Mga2	2,68	4,43	4,99	6,65	23,70	22,31	23,01	19,51	14,44	26,44	1,91	1955,32
Az x Frh	4,02	3,78	6,94	6,32	22,39	18,04	21,11	18,19	17,36	40,54	2,12	1884,75
Az x Bld	3,11	5,68	7,71	7,07	19,63	20,09	21,09	17,36	16,39	31,20	3,20	967,38
Az x Mga1	1,95	5,80	4,82	4,12	26,96	15,67	10,64	17,07	16,99	35,63	1,15	1034,19
Mkb x Hd	2,49	5,86	3,43	3,50	16,74	17,92	11,71	21,65	22,45	36,87	2,19	1513,09
Mkb x Bmbk	2,18	3,02	5,25	3,30	11,68	6,68	7,86	12,33	11,98	18,30	0,98	189,71
Mkb x Sbg	1,85	3,16	6,43	3,08	24,20	8,55	9,74	13,25	13,52	19,41	0,96	399,23
Mga1 x Az	2,32	3,45	4,91	5,53	22,40	15,93	19,44	17,42	17,12	35,01	1,19	1004,30
Mga1 x Hd	2,57	3,90	4,27	5,14	17,90	16,01	13,46	16,73	16,63	39,75	2,17	1435,72
Bld x Az	3,17	3,50	5,63	3,87	24,45	19,45	21,61	15,06	14,77	32,24	3,14	988,27
Bld x Hd	2,84	4,85	5,75	9,08	25,58	7,41	18,59	13,25	12,91	25,98	1,24	818,05
Mga2 x Az	3,50	3,96	2,85	4,62	20,89	30,44	28,49	14,34	14,61	25,57	1,84	1980,47
Mga2 x Hd	2,85	6,01	8,08	6,42	32,58	18,00	19,95	15,42	14,13	23,04	0,48	1647,87
Frh x Hd	0,69	2,40	6,75	4,62	25,90	6,75	12,87	12,80	12,71	29,55	1,71	887,14
Frh x Az	1,42	2,58	4,14	4,55	23,67	18,68	21,78	18,19	17,42	41,67	1,94	1973,70
Sbg x Hd	2,55	4,37	4,99	5,05	17,05	21,83	20,57	15,47	14,36	41,06	1,41	1914,36
Sbg x Mkb	1,37	2,38	6,49	3,03	24,55	7,94	10,28	12,98	12,45	18,32	0,95	361,75
Bmbk x Hd	1,53	3,00	5,39	4,32	29,18	10,05	7,80	10,78	10,72	25,81	1,16	737,84
Bmbk x Mkb	0,73	2,26	5,44	3,21	12,13	9,94	8,40	12,72	12,82	18,58	0,94	239,20
Btmk x Hd	2,23	3,46	5,81	3,99	22,23	19,27	19,35	16,96	17,33	31,67	1,30	1601,70
Str x Hd	3,34	3,53	6,67	9,68	20,34	18,60	15,75	19,32	18,20	36,76	2,83	583,19
Minimale	0,69	2,26	2,75	3,03	11,68	6,68	7,80	10,78	10,72	18,30	0,48	189,71
Moyenne	2,55	4,16	5,71	5,49	22,18	15,36	16,53	16,32	15,46	30,99	1,64	1219,49
Maximale	4,04	6,12	9,96	9,69	32,77	30,44	28,49	23,09	22,95	41,67	3,20	2080,89

Selon Bhargava *et al.*, (2003), l'usage de la forte héritabilité seulement n'est pas suffisant pour faire une amélioration importante par la sélection pendant les premières générations, excepté s'elle est accompagnée par une valeur substantielle du gain génétique relatif au caractère. Par ailleurs, Shukla *et al.*, (2004) ont rapporté que le gain génétique est un paramètre important de sélection, qui aide les généticiens dans leur programme de sélection.

Les valeurs moyennes relatives au gain génétique attendu de la sélection (GGA), exprimées en pourcentage de la moyenne de la population, indiquent que la sélection des meilleures lignées de la population de base, apportent une amélioration nette. En référence au tableau 26, ces valeurs commencent avec des valeurs faibles de l'ordre de 1,64 observées pour le nombre de grains par épillet, passent à une valeur de 30,99 % signalée pour le nombre de grain par épi et se terminent avec une valeur moyenne très élevée avoisinant 1374,55, enregistrée pour le caractère nombre de grains par plante.

En effet, le gain génétique moyen constaté pour le nombre de grains par épi a été de l'ordre de 31 % avec des records supérieurs mêmes à 40 %, observées chez la descendance F2 issue de 5 croisements à savoir ;

El Fareh x Anza (41.67 %)	Sabaga x Hidhab 1220 (41.06%)	Anza x El Fareh (40.54%)
Hidhab 1220 x Manga type I (40.19%)	Sabaga x Hidhab 1220 (40,03)	

A signaler que l'un des parents de chaque descendance F2 chez ces 5 croisements est local tandis que l'autre est importé ; soit Hidhab 1220 ou Anza. Cependant, la valeur la plus basse du gain génétique attendu pour ce caractère a été constatée chez les individus F2 issus du croisement El Merakba x Bel Mebrouk (locale x locale) avec un gain de 18,30 %. Pour ce caractère, nous avons constaté que le gain génétique non seulement est élevé, mais il a été aussi accompagné par une forte estimation d'héritabilité au sens large, ce qui indique qu'il est possible de l'utiliser pour la sélection des meilleurs génotypes dès les premières générations (Khan et Naqvi, (2011). Pour Kumar *et al.*, (2011) une forte héritabilité associée avec un gain génétique élevé indique la dominance de l'effet des gènes additifs et que le caractère pourrait être bien exploité à travers la sélection.

Par ailleurs, la hauteur de la tige vient en 3^{ème} position avec une valeur moyenne du gain de l'ordre de 22,18 %. Toutefois, des augmentations de la hauteur de la paille chez les F2 supérieures à 30 % ne sont pas rares.

Nous avons répertorié une troisième catégorie de caractères ayant enregistrés des valeurs moyennement élevées supérieures à 15 %. Cette catégorie renferme les caractères : la capacité de tallage herbacé par plante, la précocité à l'épiaison, la précocité à la floraison, le nombre de talles épis par plante, respectivement. Des résultats similaires ont été rapportés par Khan et Naqvi, (2011).

Le gain génétique attendu en sélection relatif au caractère précocité à l'épiaison est légèrement supérieure à celui de la précocité à la floraison et ce par près d'une unité c.-à-d. 16,32 %

pour le premier caractère contre 15,46 % pour le 2^{ème}, dont nous avons enregistré un gain génétique supérieur à 20 % chez la descendance F2 issue de 02 croisements à savoir ;

Hidhab 1220 x El Merakba

El Merakba x Hidhab 1220

De même, nous avons enregistré une amélioration relative au nombre de talles herbacées et de talles épis par plante supérieure à 20 %, particulièrement chez les individus F2 issus de 10 croisements. Par ailleurs, ceux issus du croisement Manga type II x Anza ont atteint un gain génétique de l'ordre de 28,49 % et de 30,44 %, respectif pour la capacité de tallage herbacé et le pouvoir de talles épis par plante.

Pour le nombre de grains par plante, le gain génétique attendu est énorme et de loin supérieur à 20 % et qui a été enregistré chez la descendance F2 issue de tous les croisements étudiés. En effet le gain moyen enregistré a été de 1219,49, avec un minimum de 189,71 (la descendance d'El Merakba x Bel Mebrouk) et un maximum de l'ordre de 2080,89 (la descendance de Hidhab 1220 x Shouitter).

Une quatrième classe de caractères ayant un gain génétique relativement faible (inférieur à 10 %) relatif aux caractéristiques de l'épi à savoir ; la densité de l'épi, le nombre total d'épillets fertiles par épi, le nombre total d'épillets par épi et la longueur de l'épi avec respectivement, 5,71 %, 5,49 %, 4,16 % et 2,55 %. Pour Firouzian *et al.*, (2003) un gain génétique faible indique qu'on dispose de peu de chance, pour améliorer ce caractère pendant les générations qui suivent.

Par ailleurs, pour Kumar *et al.*, (2011) une forte héritabilité associée avec des faibles valeurs du gain génétique indique que ces résultats pourraient être dues à la prédominance de l'action des gènes non additifs, qui contrôle l'expression du caractère et que la sélection pour ces caractères ne pourrait pas être rentable.

3.2.2.5 Liaisons inter caractères

Les corrélations phénotypique et génotypique constituent des paramètres importants, lors de recherche dans le domaine de la sélection et de l'amélioration des plantes. Elles ont été utilisées pour déterminer l'intensité des liaisons linéaires et l'association entre chaque paire de caractères mesurés. En effet, un coefficient de corrélation de zéro indique que les deux caractères pris en considération, sont indépendants l'un de l'autre du point de vue relation linéaire. Pour Garcia del Moral *et al.*, (2003), ils pourraient être considérés comme étant sous un contrôle génétique de gènes indépendants. Dans ce cas, il serait très difficile de prédire la variation de l'un, en connaissant la variation de l'autre caractère.

En revanche, lorsque la valeur prise relative au coefficient de corrélation est plus proche de l'unité absolue 1, elle est fortement indicatrice de la dépendance linéaire des deux caractères, dont les gènes impliqués dans le contrôle génétique sont soit liés ou montrent un effet pléiotropique. Dans ce cas, la connaissance des valeurs de l'un des deux caractères, facilite la prédiction des valeurs de l'autre caractère et la sélection de l'un conduit simultanément à la sélection de l'autre caractère.

Sur la base de l'analyse des résultats relatifs au coefficient des corrélations phénotypique et génotypique (annexe 4, tableau 3) nous pouvons dégager les remarques suivantes :

-En ce qui concerne la longueur de l'épi, il existe des corrélations positives génotypique et phénotypique avec, à la fois, la hauteur de la tige, la capacité de tallage herbacé et de talles épis par plante, la précocité à l'épiaison et à la floraison et le nombre de grains par plante. Toutefois, nous avons constaté des valeurs négatives et significatives du coefficient de corrélations génotypique et phénotypique avec la densité de l'épi et le nombre total d'épillets par épi.

-Nous avons enregistré une corrélation phénotypique forte et positive entre le nombre total d'épillets par épi avec, à la fois, la densité de l'épi, le nombre d'épillets fertiles, mais des corrélations négatives avec la capacité de tallage herbacé et de talles épis par plante. Le nombre total d'épillets par épi est négativement corrélé avec la précocité à l'épiaison et à la floraison, tandis qu'il y'a une corrélation génotypique positive entre ce caractère avec la densité, ainsi qu'avec le nombre de grains par épi.

-Eu égard à la densité de l'épi, des corrélations (phénotypique et génotypique) positives ont été signalées avec le nombre d'épillets fertiles. Nous avons trouvé des corrélations (génotypique et phénotypique) significatives et négatives avec la hauteur de la tige, le nombre de talles et de talles épis par plante, la précocité à l'épiaison et à la floraison et avec le nombre de grains par plante.

-Pour le nombre d'épillets fertiles par épi, il existe des corrélations (phénotypique et génotypique) négatives entre ce caractère et la capacité de tallage herbacé et de talles épis par plante ainsi qu'avec la précocité à l'épiaison et à la floraison.

-De même, des valeurs positives et significatives du coefficient des corrélations phénotypique et génotypique ont été retrouvées entre, d'une part, la hauteur de la paille, le nombre de talles herbacées et de talles épis par plante, d'autre part avec le nombre de grains par plante et ce au seuil de $p < 0,01$ et de $p < 0,05$.

-La capacité de tallage par plante est corrélée (phénotypique et génotypique) fortes et positives avec, à la fois, la capacité de talles épis par plante, la précocité à l'épiaison et à la floraison ainsi qu'avec le nombre de grains par plante, mais elle est négativement corrélée avec le nombre de grains par épi.

-Le nombre de talles épis par plante est corrélé positivement avec la précocité à l'épiaison et à la floraison et le nombre de grains par plante, mais il est négativement corrélé avec le nombre de grains par épi et par épillet.

-Il existe des coefficients significatifs et positifs de corrélations phénotypique et génotypique entre la précocité à l'épiaison avec celui de la précocité à la floraison, mais des corrélations négatives avec le nombre de grains par épi. De même, des corrélations significatives et négatives ont été constatées entre la précocité à la floraison et le nombre de grains par épi.

-En ce qui concerne le nombre de grains par épi, nous avons enregistré des coefficients de corrélations phénotypique et génotypique, à la fois, élevés et significatifs entre ce caractère et le nombre de grains par épillet.

- Pour le nombre de grains par épillet, nous avons remarqué une corrélation génotypique positive entre ce caractère et le nombre de grains par plante.

3.2.2.6 L'analyse en composantes principales (ACP)

Le tableau 25 donne des indications sur (1) l'importance des composantes, (2) l'évolution de l'importance cumulée (colonne 4), (3) la qualité de l'information restituée par les «q» premiers facteurs à prendre en considération (colonne 4).

Tableau 25 relatif aux valeurs propres décroissantes du graphique (Eigen values)

Axes	Valeurs propres	Différence	Variance (%)	Variance cumul (%)
1	5,803	7,197	44,635	44,635
2	2,402	4,795	18,478	63,114
3	1,511	3,284	11,626	74,739
4	1,396	1,888	10,739	85,478
5	0,926	0,962	7,123	92,601
6	0,559	0,403	4,302	96,903
7	0,319	0,083	2,455	99,359
8	0,050	0,033	0,387	99,745
9	0,015	0,018	0,116	99,862
10	0,007	0,011	0,056	99,918
11	0,006	0,005	0,047	99,965
12	0,003	0,001	0,024	99,989
13	0,001	-	0,011	100
Total	13	-	-	-

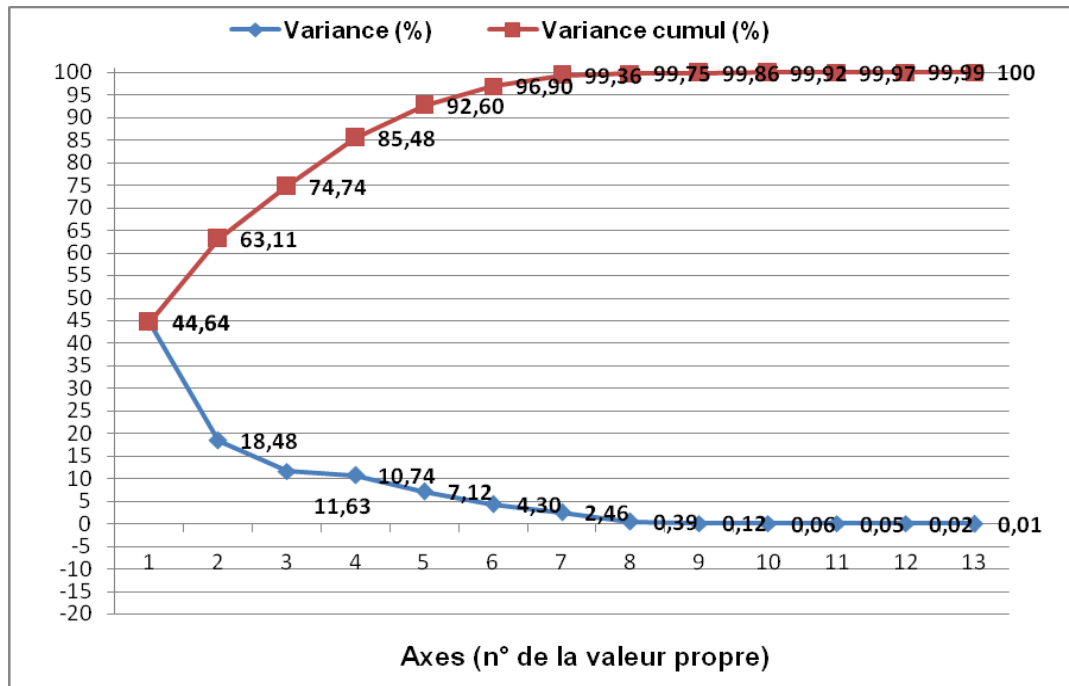


Fig. 5 : Eboulis des valeurs propres : « scree plot »

3.2.2.6.1 Valeurs propres et détection numérique du nombre « q » de facteurs à retenir

En vue de déterminer le nombre de composantes principales à prendre en considération, il existe plusieurs règles utilisées parmi lesquelles : la règle du coude de Cattell, règle de Karlis-Saporta-Spinaki, test des bâtons brisés de Frontier, (1976) et Legendre-Legendre, (1983)... Pour notre cas, nous avons opté pour un critère “absolu” et de ne retenir que les axes dont les valeurs propres sont supérieures à 1 (critère de Kaiser), bien que ce critère a tendance à surestimer le nombre de composantes pertinentes. De ce fait, le nombre des axes à retenir est de quatre (04).

En effet, ces quatre (04) premiers axes traduisent à eux seuls plus de 85% de l’information disponible. Cette somme est l’addition des quatre premières valeurs propres c.-à-d. la somme de l’inertie sur les directions orthogonales et qui est égale à l’inertie du nuage de points. Cela signifie que la somme de l’inertie expliquée par chacun des axes représente une partie importante de l’inertie totale.

Cependant, les vecteurs propres donnent les directions d’inertie maximale, c.-à-d. les axes factoriels. Sur ces directions se projettent les croisements et permet d’obtenir ce que nous appelons les composantes principales. Ces composantes principales s’obtiennent comme combinaisons linéaires particulières des variables d’origine, tandis que leur variance est égale à leur valeur propre.

3.2.2.6.2 Contributions des croisements exprimés (%) aux composantes

Dans ce cas, nous avons focalisé sur les croisements qui pèsent plus dans la définition d'une composante donnée (Tableau 26, chiffres en gras) c.-à-d. la contribution relative des divers croisements à la construction des axes (composantes). Cependant, la somme totale est de 100 % pour chaque composante (chaque colonne) prise en considération.

Tableau 26 : Contributions des croisements (%) pour chaque composante.

N°	Axe n° / croisement	Axe 1 ($\sqrt{\lambda}=5.80$)	Axe 2 ($\sqrt{\lambda}=2.40$)	Axe 3 ($\sqrt{\lambda}=1.51$)	Axe 4 ($\sqrt{\lambda}=1,396$)
1	Hd x Bmbk	0,01	4,26	3,12	0,03
2	Hd x Bld	0,71	5,97	0,02	9,04
3	Hd x Frh	0,25	10,08	0,22	0,44
4	Hd x Mga2	15,48	1,96	0,02	1,28
5	Hd x Str	0,22	5,08	9,05	1,57
6	Hd x Sbg	0,40	0,03	2,01	7,77
7	Hd x Mga1	2,07	0,40	0,01	0,36
8	Hd x Mkb	0,09	0,15	4,46	17,31
9	Hd x Btmk	2,28	0,85	6,16	0,03
10	Az x Mga2	7,41	0,02	10,34	0,96
11	Az x Frh	0,10	2,02	0,06	2,73
12	Az x Bld	0,86	2,03	1,53	1,20
13	Az x Mga1	0,11	1,19	7,69	0,89
14	Mkb x Hd	0,70	4,41	2,31	0,57
15	Mkb x Bmbk	9,88	0,83	2,11	0,09
16	Mkb x Sbg	5,65	6,52	5,28	0,27
17	Mga1 x Az	2,10	0,16	2,76	10,93
18	Mga1 x Hd	0,14	0,01	0,90	9,97
19	Bld x Az	0,29	1,33	2,16	1,78
20	Bld x Hd	0,02	15,34	0,19	9,48
21	Mga2 x Az	25,70	1,51	5,43	0,00
22	Mga2 x Hd	4,21	5,28	3,40	9,25
23	Frh x Hd	0,02	4,61	0,10	1,91
24	Frh x Az	0,67	0,17	1,49	0,09
25	Sbg x Hd	0,42	0,03	2,09	7,92
26	Sbg x Mkb	5,02	6,99	3,79	0,24
27	Bmbk x Hd	0,74	5,97	0,89	0,00
28	Bmbk x Mkb	8,61	5,29	4,11	0,00
29	Btmk x Hd	0,06	0,01	14,93	0,06
30	Str x Hd	2,45	4,18	0,05	0,48

3.2.2.6.3 Contributions des caractères (variables) à la construction des axes ($|C_{ik}|$)

Dans ce cas, nous avons signalé les caractères qui participent le plus à la formation de l'axe c.-à-d. contributions des points (caractères) à l'inertie des axes retenues. Généralement, ce sont les points dont la contribution est supérieure à la moyenne et qui permettent de donner un sens à l'axe considéré. Pour l'interprétation des caractères, nous avons retenu les contributions dont $|C_{ik}|$ est supérieure à la contribution moyenne (Tableau 27, les valeurs en gras italique). Cette contribution est calculée sur la base de l'inéquation suivante :

$$|C_{ik}| > 1/\sqrt{p} \text{ avec}$$

P : est le nombre de paramètres (caractères). En remplaçant on obtient

$$|C_{ik}| = \pm 0,2773501$$

Tableau 27 : Contributions des caractères pour chaque composante.

Caractère / Composante n°	1 ^{ère} Composante	2 ^{ème} Composante	3 ^{ème} Composante	4 ^{ème} Composante
Ept.T	-0,30	0,13	-0,22	-0,48
Ept.St	-0,01	-0,22	0,37	-0,51
Ept.Ft	-0,29	0,22	-0,32	-0,38
Tal.P	0,35	0,20	-0,29	0,04
Tal.EP	0,34	0,10	-0,38	-0,03
Gr.E	-0,19	-0,53	-0,16	-0,11
Gr.Ept	-0,07	-0,62	-0,02	0,07
Gr.P	0,24	-0,21	-0,54	-0,09
L.E	0,31	-0,20	-0,05	-0,12
Densité	-0,35	0,23	-0,07	-0,12
H.T	0,20	-0,13	-0,09	-0,40
P.Ep	0,34	0,08	0,29	-0,26
P.Fl	0,33	0,11	0,27	-0,29

3.2.2.6.4. Caractérisation des facteurs à l'aide des caractères (variables) chez les axes 1 et 2

La fig. 6 nous donne une visualisation en deux (2) dimensions de la répartition des caractères sur deux axes orthogonaux (axes 1 et 2).

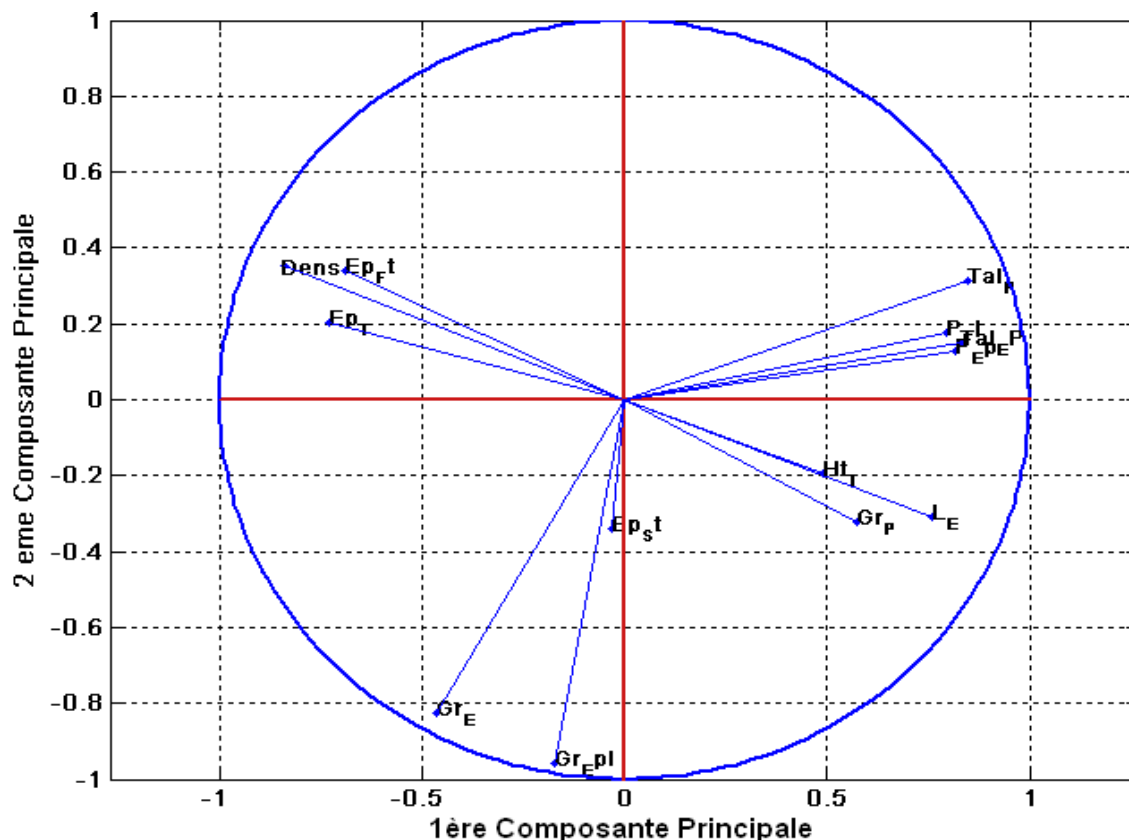


Fig. 6 : Nuage de points des caractères sur les axes orthogonaux 1 et 2.

A partir de la fig. 6, on constate que les points de caractères les plus proches (angles aiguës entres les lignes) indiquent une corrélation forte et positive entre ces caractères, c.-à-d. entre le groupe des caractères constitués de nombre de talles et de talles épis par plante, la précocité à

l'épiaison et à la floraison. Cependant, les points de caractères dont leurs lignes forment des angles obtus et proches de l'angle droit sont négativement corrélés.

Par ailleurs, nous avons remarqué sur l'axe 1 (1^{ère} composante principale : 44%) de la même fig. 6, un effet combiné et nettement bien clair, à la fois, de la précocité et de la capacité de tallage et de talles épis. Tous ces caractères sont bien projetés par rapport à cet axe et positivement bien liés, que l'on peut relier négativement avec, à la fois, le nombre d'épillets et la densité de l'épi. Cependant, sur l'axe 2 (2^{ème} composante principale avec 19 % de l'inertie) de Fig. 6, on constate que deux caractères uniquement sont très proche du cercle de la corrélation c.-à-d. bien projetés à savoir ; le nombre de grains par épi et par épillet et qui contribuent à la formation de l'axe dans le sens négative. Toutefois, ces deux caractères sont en corrélation négative avec les caractères : la capacité de tallage herbacé et de talles épis et la précocité, mais ils n'ont aucune corrélation avec la densité de l'épi et le nombre d'épillets par épi.

3.2.2.6.5. Interprétation des axes orthogonaux 1 et 2

Sur la fig. 7, on dispose une visualisation en deux (2) dimensions de la répartition des croisements, numérotés de 1 jusqu'à 30 sur deux axes orthogonaux (axes 1 et 2)

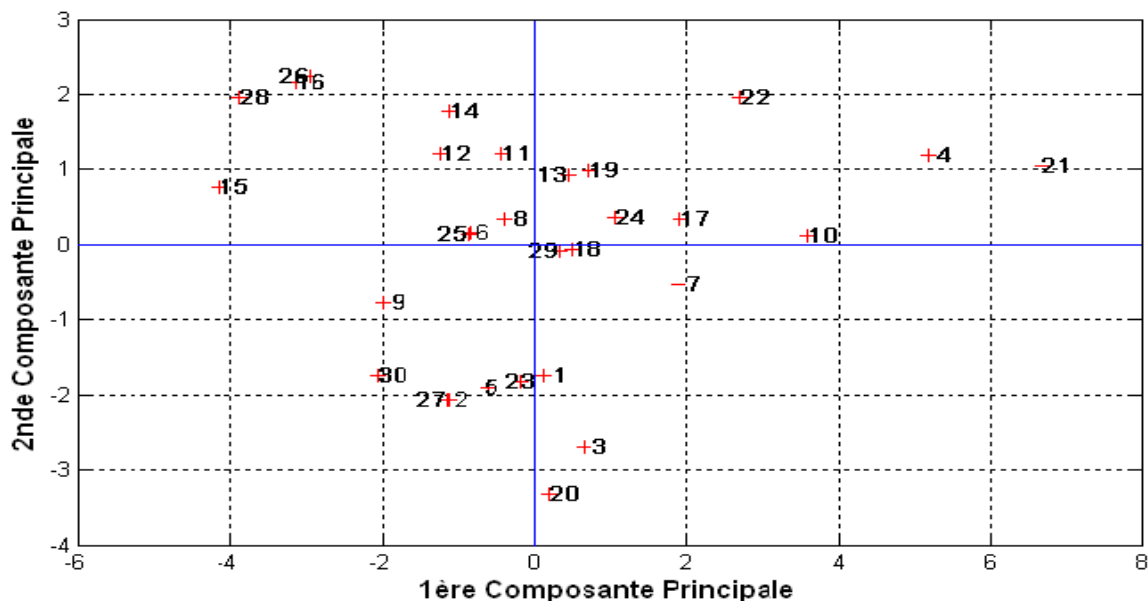


Fig. 7 : Nuage des points des croisements sur les axes orthogonaux 1 et 2.

En référence à la fig. 7 relative aux contributions des croisements, nous avons remarqué que les croisements 21 (Manga type II x Anza), 4 (Hidhab 1220 x Manga type II) et le 10 (Anza x Manga type II) respectivement, disposent des contributions les plus importantes pour le premier axe et ce dans le sens positif et détiennent aussi les valeurs les plus élevées pour les caractères considérés. Cependant, les croisements 15 (El Merakba x Bel Mabrouk), 28 (Bel Mabrouk x El

Merakba) suivi avec le 16 (El Merakba x Sabaga) et le 26 (Sabaga x El Merakba) contribuent respectivement dans le sens négatif du même axe, mais ils détiennent des valeurs faibles pour les caractères étudiés.

Par ailleurs, pour le 2^{ème} axe de la même figure, les croisements 26 (Sabaga x El Merakba), 16 (El Merakba x Sabaga), 22 (Manga type II x Hidhab 1220) et le 14 (El Merakba x Hidhab 1220) constituent le premier groupe des principaux contribuant de cet axe dans le sens positif. Cependant les croisements 20 (El Baldi x Hidhab 1220), 3 (Hidhab 1220 x El Fareh), 27 (Bel Mabrouk x Hidhab 1220) et le 5 (Hidhab 1220 x Shuiter) respectivement, constituent les contribuant essentiels du 2^{ème} groupe pour cet axe, mais dans le sens négatif. Ces deux groupes de croisements se caractérisent par des valeurs totalement contradictoires ; le premier est doté de caractères de hautes valeurs et d'autres de faibles valeurs et vice versa pour le 2^{ème} groupe pour les mêmes caractères.

3.2.2.6.6 Interprétation des axes 1 et 3

La fig. 8 nous donne une visualisation en deux (2) dimensions de la répartition des caractères sur deux axes orthogonaux (axes 1 et 3).

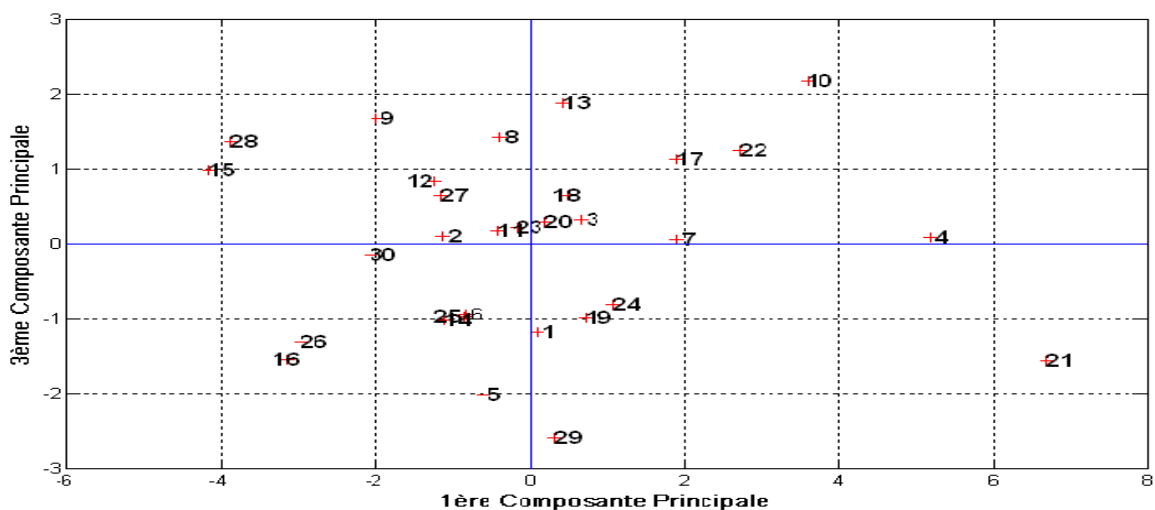


Fig. 8 : Nuage des points des croisements sur les axes 1 et 3

En ce qui concerne le 3^{ème} axe, les croisements 29 (Bent Mebarek x Hidhab 1220) et le 5 (Hidhab 1220 x Shuiter) sont les principaux contribuant de l'axe dans le sens négatif, cependant le 10 (Anza x Manga type II) et le 13 (Anza x Manga type I) contribuent dans le sens positif de cet axe, mais avec des valeurs contradictoires ; hautes pour certains caractères et basses pour les autres pour le 29 et le 5 vice versa pour les croisements 10 ainsi que pour le 13.

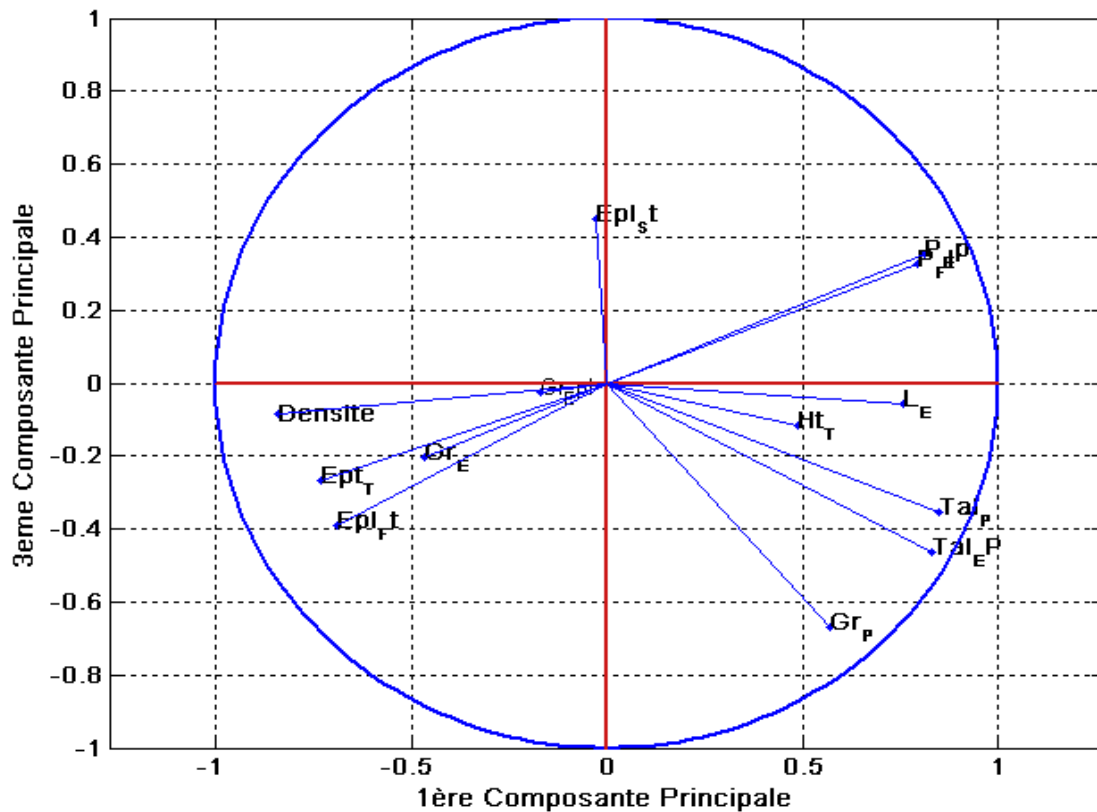


Fig. 9 : Nuage des points des variables (caractères) sur les axes 1 et 3

La fig. 9 nous dévoile sur le 1^{er} axe, une parfaite projection des caractères ; la capacité de tallage et nombre de grains par épi et par plante et la précocité, avec des corrélations positives entre ces caractères à l'exception des deux derniers caractères. Ce premier groupe est en corrélation négative avec les caractéristiques de l'épi (nombre d'épillets total et fertiles et la densité de l'épi). Pour le 3^{ème} axe, on constate que les caractères sont mal projetés (loin du cercle de la corrélation)

3.2.2.6.7 Interprétation des axes 1 et 4

On dispose sur la Fig. 10 d'une visualisation en deux dimensions de la répartition des croisements, numérotés de 1 jusqu'à 30, sur deux axes orthogonaux (axes 1 et 4)

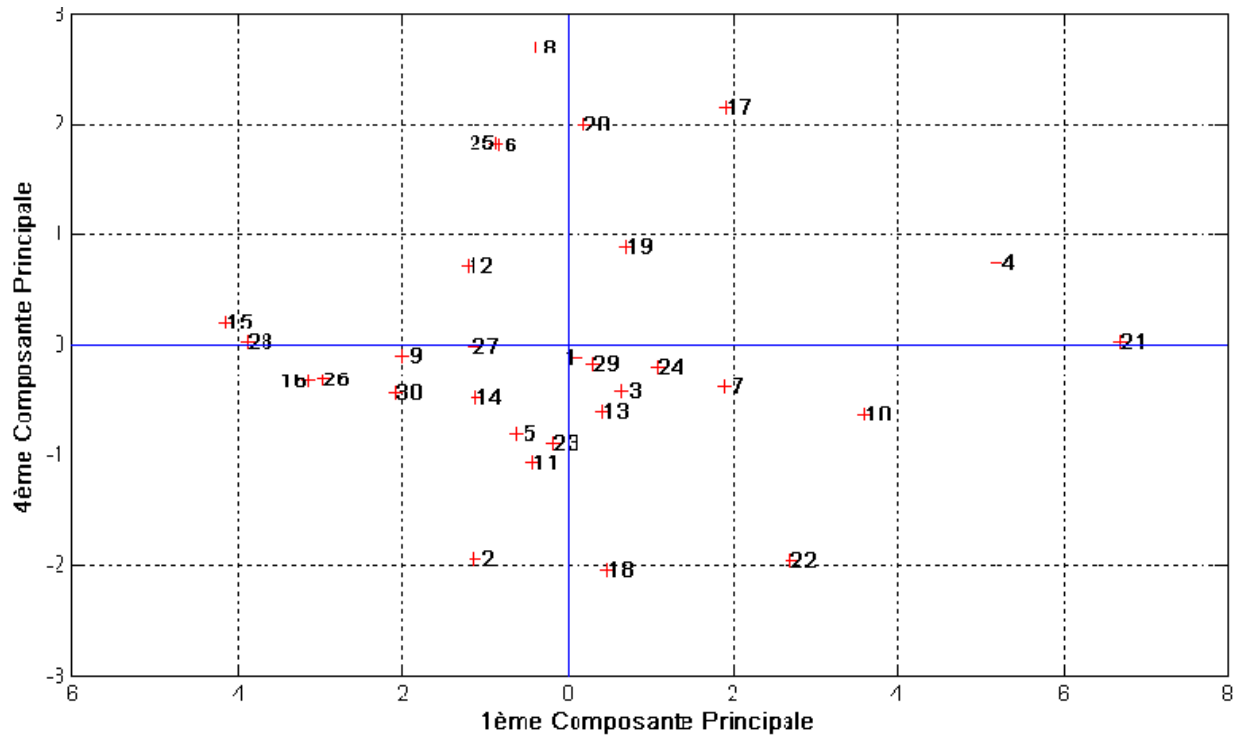


Fig. 10 : Nuage des points des croisements sur les axes 1 et 4

L'analyse de la fig. 10 dévoile que pour le 4^{ème} axe, deux groupes de croisements, le 1^{er} est constitué de la descendance F2 issue de trois croisements à savoir ; le 2 (Hidhab 1220 x El Baldi), 18 (Manga type I x Hidhab 1220) et le 22 (Manga type II x Hidhab 1220) sont les principaux contribuant de l'axe au sens négatif. Par ailleurs, un 2^{ème} groupe de F2 issue des croisements 8 (Hidhab 1220 x Merakba), 17 (Manga type I x Anza), 28 (Bel Mebrouk x Merakba), 25 (Sabag x Hidhab 1220) et le 6 (Hidhab 1220 x Sabag), respectivement sont les principaux contribuant de l'axe mais dans le sens positif. Ces deux groupes de F2 disposent des valeurs contradictoires relatives aux caractères étudiés ; hautes pour certains caractères et bas pour le reste des caractères pour les croisements 2, 18 et le 22 et vice versa pour le 2^{ème} groupe.

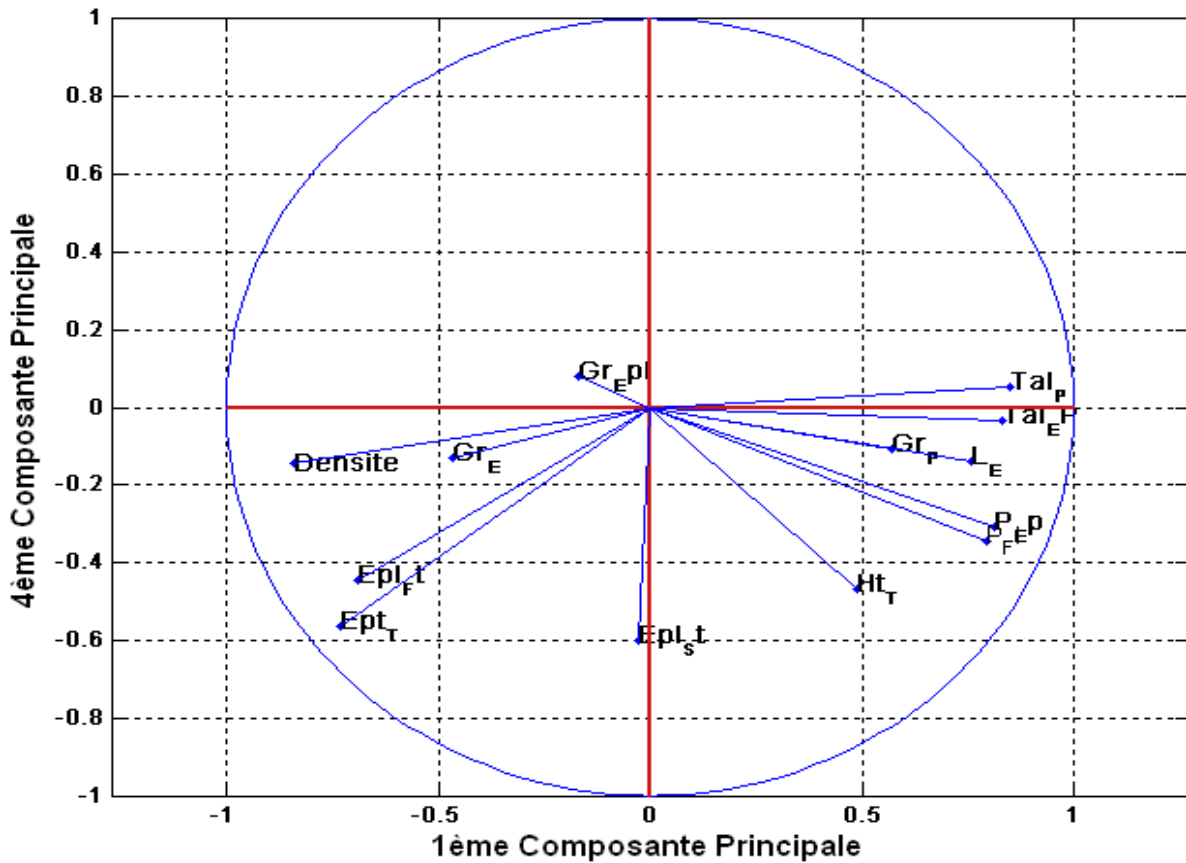


Fig. 11 : Nuage des points des variables (caractères) sur les axes 1 et 4

A partir de la fig. 11 relative au nuage des points de caractères, nous avons constaté pour l'axe n° 4 deux caractères qui contribuent relativement à la construction de cet axe dans le sens négatif et se relie positivement entre eux. Il s'agit de la hauteur de la tige et le nombre d'épillets stériles par épi.

3.2.3 Etude de F3

3.2.3.1 Analyse de la variabilité phénotypique

L'analyse de la variance (Tableau 28) révèle un effet significatif des génotypes pris en considération pour l'ensemble des caractères étudiés. En effet, cette analyse dévoile la présence de différences significatives entre les valeurs moyennes enregistrées chez les génotypes, pour les caractères mesurés chez les parents ainsi que chez la descendance F3.

Tableau 28: Carrés moyens des écarts de l'analyse de la variance des caractères étudiés chez les parents et F3.

Source de variation	ddl	L.E	Ept-T	Densité	Ept-Ft	Ept-St	H.T.	Tal-P	Tep-P	Gr.Ep	Gr. Ept	Gr.P.
Bloc	2	0.22	0.60	0.07	0.73	0.01	57.20	41.70	30.30	8.10	0.07	129764.01
Génotype	40	302,56**	3471,91**	8463,15**	3491,84**	20,01**	21268,50**	3482,13**	2490,90**	33243,12**	88,36**	14650073,24**
Parents	10	111,05**	119,95**	544,68**	106,53**	18,01**	4355,97**	877,51**	808,81**	9897,74**	14,72**	4151056,46**
F3	29	181,03**	2974,66**	7778,88**	2971,56**	1,21	7948,71**	2098,14**	1452,04**	19879,39**	45,51**	10385042,77**
F3 x parents	1	12,13**	219,51**	35,43**	247,11**	0,82**	9047,8**	514,33	307,70**	1819,4**	18,33**	391890,6**
Résiduelle	80	37,57	68,82	127,68	69,98	0,38	477,80	274,24	205,12	1217,20	3,18	1180716,71

Significations : (^{ns}): Non significative. (**): Significative au seuil de $p < 0,01$.

3.2.3.2 Caractères morphologiques de l'épi et capacité de tallage herbacé et de talles épis

Sur la base des valeurs moyennes enregistrées chez les deux groupes de génotypes à savoir ; les parents et la descendance F3 indiquées dans le tableau 29, nous pouvons ressortir les points essentiels suivant:

Tableau 29: Valeurs moyennes, minimales et maximales enregistrées pour les caractères étudiés chez F3.

Valeur / Caractère	L.E	Ept-T	Densité	Ept-Ft	Ept-St	H.T	Tal-EP	Tep-P	Gr.Ep	Gr.Ept	Gr.P
Min (F3)	7,43	17,79	16,02	17,37	0,02	53,25	8,74	6,88	47,24	1,72	525,24
Moyen (F3)	10,10	23,84	25,42	24,68	0,16	67,66	14,84	12,07	75,48	3,14	903,24
Max (F3)	13,01	26,57	71,70	26,47	0,49	102,09	30,68	20,71	105,00	4,50	1599,36
Min (Parents)	7,06	17,25	17,00	17,25	0,00	72,25	3,50	3,19	42,93	2,49	286,92
Moyen (Parents)	9,39	20,82	22,86	20,48	0,34	87,02	10,23	8,50	84,16	4,08	775,84
Max (Parents)	13,24	23,50	28,80	22,92	2,23	108,50	21,44	21,49	106,92	4,83	1445,75
Ecart (Moy.F3-Moy. Parents)	0,71	3,02	1,21	3,20	-0,18	-19,36	4,62	3,57	-8,68	-0,87	127,4
Ecart en %	7,56	14,48	5,30	15,62	-54,0	-22,25	45,12	42,00	-10,31	-21,30	16,42
CVM	6,92	3,90	5,11	3,97	33,55	3,35	13,43	14,29	5,13	6,00	14,29
ppds (p<0,05)	1,13	1,53	2,08	1,54	0,11	4,03	3,12	2,74	6,44	0,33	200,48

En ce qui concerne la capacité de tallage herbacé et du pouvoir de talles épis par plante, nous avons constaté une amélioration moyenne, chez la descendance F3, de l'ordre de 4,62 talles épis et de 3,57 talles herbacées par plante, respectivement et ce par rapport au parent moyen. Parmi les effets les plus significatifs résultant de cette amélioration est celui relatif au nombre de grains par plante, dont le gain enregistré chez les F3 est de l'ordre de 127,4 grains par plante, ce qui signifie un gain de 16,42 % par rapport à la moyenne des parents et ce malgré une légère régression du potentiel du nombre de grains par épi.

D'autres améliorations importantes ont été enregistrées chez la descendance F3 parmi lesquelles ; le nombre d'épillets fertiles par épi, dont le gain moyen est de l'ordre de 3,20 épillets fertiles (1562 % en comparaison avec la moyenne enregistrée chez les parents), suivi du nombre total d'épillets, avec un gain légèrement inférieur à celui du caractère précédent de 3,02 épillets par épi (14,48 % par rapport à la moyenne des parents). Cette différence du gain au profit du nombre d'épillets fertiles pourrait être expliquée partiellement, par la réduction du nombre d'épillets stériles (pour de plus amples détail voir annexe 5, tableau 4).

Par ailleurs, nous avons remarqué une augmentation de la moyenne générale de la longueur de l'épi, chez les F3, de l'ordre de 0,71 cm ce qui représente une augmentation de 7,56 % par rapport à la moyenne générale des parents (Fig. 12). Toutefois, cette amélioration relative à la longueur de l'épi a été accompagnée avec une légère réduction de la densité de l'épi, de l'ordre de 2,56 unités par épi.

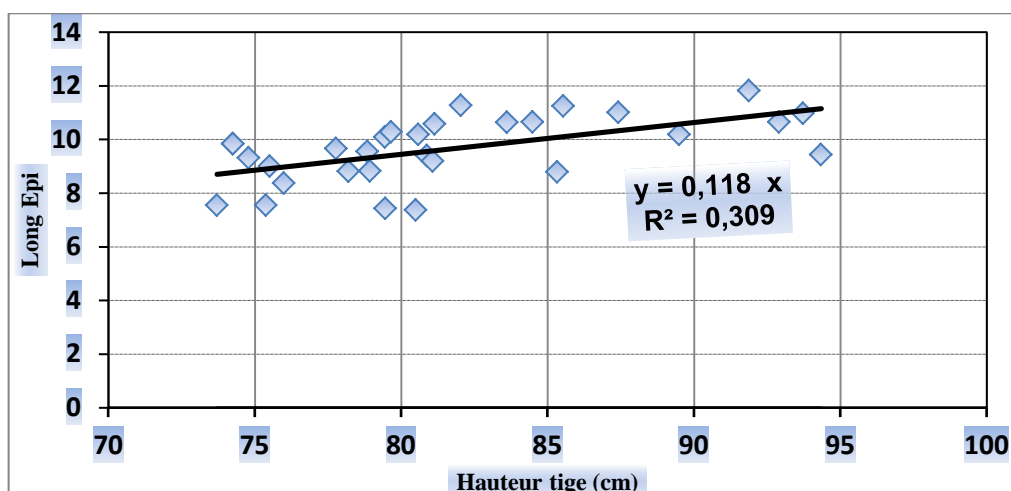


Fig. 12: Relation entre la hauteur de la tige (cm) et la longueur de l'épi (cm) avec la courbe de tendance en régression linéaire et le coefficient de détermination chez F3.

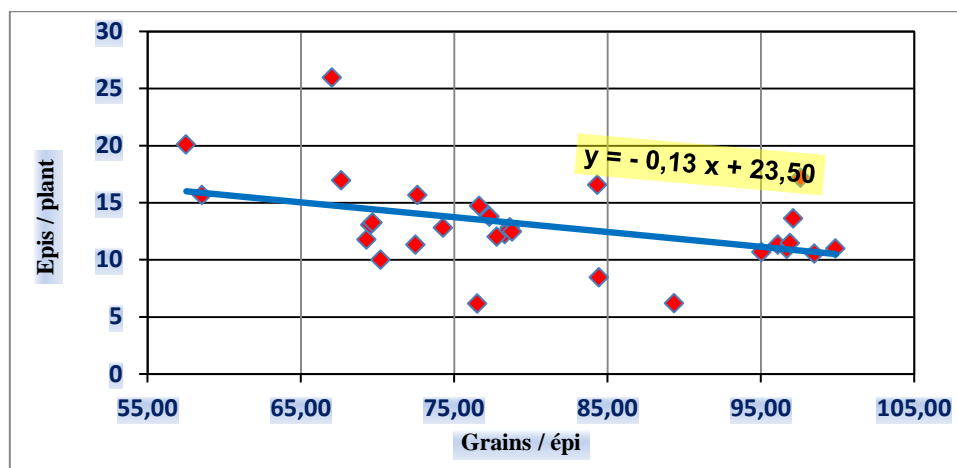


Fig. 13 : Relation entre le potentiel du nombre de grains par épi et la capacité de tallage épi par plante ainsi que la courbe de tendance en régression linéaire qui correspond chez les F3.

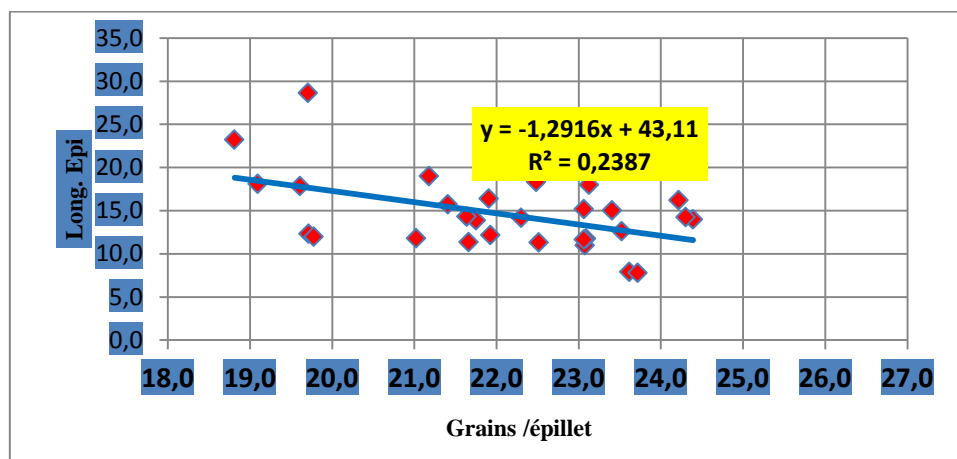


Fig. 14: Variation du potentiel en grains par épi avec la longueur de l'épi (cm) ainsi que la courbe de tendance en régression linéaire et le coefficient de détermination qui correspond chez les F3.

Le gain le plus significatif parmi les caractères étudiés est celui relatif à la hauteur de la paille au stade maturité physiologique. En effet, nous avons remarqué une réduction moyenne pour l'essai de l'ordre de 22 % par rapport à la moyenne des parents, ce qui représente une régression moyenne de la hauteur de la tige de l'ordre de 19,36 cm.

Le tableau 30 comporte la comparaison entre les performances moyennes constatées chez F3 et la moyennes des parents pour les caractères étudiés

Tableau 30 : Valeurs moyennes relatives aux caractères étudiés enregistrées chez F3 et les parents F3.

Valeur / Caractère	L.E	Ept-T	Densité	Ept-Ft	H.T.	Tal-Ep	Tal-P	Gr.Ep	Gr.EpT.	Gr.P.
Moyenne F3 (1)	10,10	24,84	25,42	24,68	67,66	12,07	14,85	75,48	3,14	903,24
Moyenne des parents (2)	9,39	20,82	22,86	20,48	87,02	8,50	10,23	84,16	4,08	775,84
= (1)-(2)	0,71	4,02	2,56	4,20	-19,36	3,57	4,62	-8,68	-0,95	127,4

Sur la base des performances moyennes des F3 ainsi que de leurs parents données au tableau 33, il y a lieu de signaler les points marquants suivants :

-Une régression moyenne importante de la hauteur de la paille chez les F3 de l'ordre de 19,36 cm avec des régressions pics, par rapport aux témoins, (variétés introduites) à savoir :

Hidhab 1220 x Shouiter/10 (-26,5cm)	Hidab 1220 x BelMabrouk/35(-22,47cm)	Hidhab1220 x El Baldi/35 (-18,85 cm)
Sabaga x Hidhab1220/4(-17,15cm)	El Fareh x Anz/35 (-13,34 cm)	El Baldi x Anza/38 (-2,44 cm)

-Une amélioration moyenne considérable en nombre de talles épis par plante de l'ordre de 3,57 talles épis par plante avec des pics, en comparaison aux témoins, enregistrée chez les cultivars;

Hidab1220 x Manga 2/27(11,4 talles épis)	Hidab1220 x Sabaga/13 (7,85 talles épis)	Hidhab1220 x Manga 1/46(6,84 talles épis)
Hidhab220 x ElMerakba/2 (6,7tallesépis)	Manga 2 x Anza/27 (6,19 tallesépis)	BentMebarek x Hidhab1220/9(6,08 tallesépis)

Les pertes les plus basses en talles herbacées ont été constatées chez les croisements dont la variété / population Manga type 2 est l'un des parents.

-En ce qui concerne la capacité de tallage herbacé, nous avons enregistré un gain moyen très significatif de l'ordre de 4,62 talles par plante avec des performances maximales, en comparaison aux témoins, signalées chez les cultivars suivants :

Hidab1220 x Manga 2 (13,11talles)	Manga 2 x Anza(12,45 talles)
Hidhab220 x El Merakba (6,14 talles)	Hidab 1220 x Sabaga (5,74 talles)

-Pour le nombre de grains par plante, le gain moyen est de 127.4 grains, tandis que des performances records ont été enregistrées chez les cultivars;

Bent Mebarekx Hidab1220/9 (347,2 grains)	El Baldi x Anza(153,6 grains)
Hidhab220 x El Merakba/2 (209,4 grains)	Hidab 1220 x Sabaga (205,7 grains)

3.2.3.3 Variations phénotypique et génotypique, héritabilité et gain génétique

3.2.3.3.1 Coefficient de variation phénotypique

A la lumière des valeurs moyennes relatives au coefficient de variation phénotypique (Tableau 31), sous l'influence en partie de la régression de l'effet de dominance avec l'augmentation du taux de l'homozygotie, nous avons constaté une certaine régression des niveaux et de l'intensité des valeurs observées pour les caractères considérés. Toutefois, la tendance générale des valeurs relatives aux caractères a été conservée et reflète fidèlement celle qui a été observé chez les F2. Par ailleurs, plusieurs caractères possèdent des coefficients supérieurs à 20 % à savoir ; le potentiel de la plante, de l'épillet et de l'épi en grains ainsi que la capacité de tallage herbacé et de talles épis. Cependant pour la hauteur de la tige, nous avons remarqué que plusieurs génotypes disposent de coefficients supérieurs à 20 %

Tableau 31: Valeurs moyennes, minimales et maximales du coefficient de variation phénotypique (%) des caractères mesurés chez les F3.

Valeur / Caractère	L.E	Ept-T	Densité	Ept-Ft	H.T.	Tal-Ep	Tal-P	Gr.Ep	Gr.EpT.	Gr.P.
Minimale	5,244	5,28	4,02	6,36	6,63	24,92	22,46	11,66	11,08	42,75
Moyenne	10,027	8,1	8,92	8,69	12,44	61,58	57,17	21,43	22,94	84,52
Maximale	17,43	12,11	15,25	12,488	27,548	135,96	107,94	31,91	40,14	177,36

La valeur moyenne la plus élevée a été observée pour le caractère nombre de grains par plante et ce avec 84,52, dont 09 génotypes ont des coefficients record supérieurs à 100 (annexe 6, tableau 5). Cependant, les valeurs les plus faibles ont été observées pour les caractéristiques de l'épi avec un minimum absolu enregistrée chez le caractère nombre total d'épillets par épi.

3.2.3.3.2 Coefficient de variation génotypique

En référence aux valeurs moyennes du tableau 32, nous avons remarqué que l'ordre de classement des caractères, est parfaitement maintenu et en pleine conformité avec celui enregistré pour le paramètre précédent.

Tableau 32 : Valeurs moyennes, minimales et maximales du coefficient de variation génotypique (%) relatives aux caractères mesurés chez les F3.

Valeur / Caractère	L.E	Ept-T	Densité	Ept-Ft	H.T.	Tal-Ep	Tal-P	Gr.Ep	Gr.Ept.	Gr.P.
Minimale	4,04	2,84	3,39	5,02	4,66	22,31	19,39	9,49	8,94	41,74
Moyenne	8,992	6,79	7,98	7,58	11,52	58,88	54,15	20,01	21,54	81,46
Maximale	16,88	11,65	14,58	11,03	27,54	134,20	106,71	30,06	39,09	175,95

Par ailleurs, nous avons constaté que la valeur la plus élevée du coefficient de variation génotypique a été enregistrée pour le caractère nombre de grains par plante, avec 81,46 % suivi respectivement, par les caractères talles épis et de capacité de tallage herbacé par plante avec 58,88 % et 54,15 %. Des valeurs record supérieures à 100 chez 08 génotypes pour le premier caractère et 02 génotypes pour les deux autres traits (Annexe 7, tableau 6).

Cependant, les caractéristiques de l'épi, le potentiel d'épillets par épi, compacité de l'épi et la longueur de l'épi respectivement, possèdent les coefficients les plus faibles (inférieurs à 10).

De même, nous avons remarqué que le niveau des valeurs du coefficient de variation génotypique est très proche de celui enregistré pour le coefficient de variation phénotypique, ce qui laisse conclure que l'effet du milieu, dans les conditions de déroulement de l'expérimentation, est faible sur l'expression de la quasi-totalité des caractères étudiés.

3.2.3.3.3 Coefficient de l'héritabilité au sens large (h²bs)

Le tableau 33 comprend des données moyennes du coefficient de l'héritabilité au sens large, relatives aux caractères de l'épi et de la capacité de tallage et de talles épis enregistrées chez la descendance F3.

Tableau 33: Valeurs moyennes, minimales et maximales relatives à l'héritabilité au sens large des caractères mesurés chez les F3.

Valeur / Caractère	L.E	Ept-T	Densité	Ept-Ft	H.T.	Tal-Ep	Tal-P	Gr.Ep	Gr.Ept.	Gr.P.
Minimale	0,538	0,279	0,391	0,526	0,496	0,597	0,568	0,575	0,616	0,820
Moyenne	0,777	0,688	0,761	0,756	0,830	0,894	0,911	0,862	0,857	0,943
Maximale	0,938	0,926	0,935	0,928	0,971	0,992	0,979	0,985	0,948	0,986

La comparaison des valeurs moyennes relatives au paramètre hérabilité au sens large des caractères pris en considération permet de constater que ;

-Ces caractères détiennent des valeurs globalement fortes à très fortes et ce selon le caractère pris en considération. En effet, les valeurs les plus élevées (supérieures à 80 %) ont été remarquées pour les caractères; le potentiel en grains par plante, la capacité de tallage et de talles épis, le nombre de grains par épi et par épillet et la hauteur de la paille au stade maturité physiologique, respectivement.

-De même, les caractères relatifs à l'épi se caractérisent globalement par des valeurs légèrement inférieures par rapport aux caractères du groupe précédent.

-Par ailleurs, nous avons remarqué plusieurs cas du coefficient de l'héritabilité avec des valeurs maximales supérieures à 0,92 voire supérieures à 0,93 relatives à ce paramètre et qui ont été observées au niveau de la descendance F3 pour tous les caractères considérés (Annexe 8, tableau 7)

3.2.3.3.4 Gain génétique attendu en sélection

Les valeurs minimales, moyennes et maximales relatives au gain génétique attendu en sélection enregistrées pour les caractères de l'épi ainsi que des composantes du rendement sont données au tableau 34.

Tableau 34: Valeurs moyennes, minimales et maximales du gain génétique attendu en sélection (GGA) des caractères étudiés chez les F3.

Valeur / Caractère	L.E	Ept-T	Densité	Ept-Ft	H.T.	Tal-Ep	Tal-P	Gr.Ep	Gr.Ept.	Gr.P.
Minimale	0,67	0,78	0,87	1,87	4,42	7,34	4,89	9,42	0,44	824,67
Moyenne	1,90	2,82	3,69	3,22	15,59	17,42	20,40	27,79	1,32	1374,55
Maximale	3,08	5,41	7,55	5,10	32,01	27,63	29,61	51,59	1,72	2407,56

A la lumière des données moyennes relatives au gain génétique moyen attendu en sélection chez la descendance F3, nous avons remarqué ce qui suit :

-Ce gain moyen varie sensiblement selon le caractère étudié ; il est de 1,32 enregistré pour le caractère nombre de grains par épillet, il passe à 27,79 remarqué pour le caractère le nombre de grains par épi et atteint un record maximal de l'ordre de 1374,55 constaté pour le nombre de grains par plante.

-Cependant, nous avons observé plusieurs cas dont les valeurs élevées dépassent 20 chez plusieurs descendance F3, pour des caractères relatifs au potentiel nombre de grains par épi, le nombre de grains par plante la capacité de tallage herbacé et de tallage épi, respectivement (Annexe 9, tableau 8)

-La tendance générale des résultats moyens relatifs à ce paramètre enregistrés chez la 3^{ème} génération sont en pleine concordance avec ceux remarqués chez la génération F2, particulièrement en ce qui concerne l'intensité et l'ordre de classement des caractères.

3.2.3.3 Liaisons inter caractères

Sur la base des valeurs relatives aux relations inter caractères (Annexe 10, tableau 9), nous pouvons dégager les remarques suivantes :

-Nous avons constaté une corrélation négative entre le nombre total d'épillets et le nombre d'épillets fertiles par épi avec, à la fois, la hauteur de la paille, la capacité de tallage herbacé et de talles épis et le nombre de grains par épi chez les F3, tandis que chez les parents, une seule corrélation est significative et positive avec le nombre de grains par épi.

-Nous avons enregistré des corrélations positives entre la hauteur de la paille avec, à la fois, le nombre de talles herbacées et de talles épis par plante, ainsi qu'avec le nombre de grains par plante chez la génération F3.

-Le nombre de talles herbacées et de talles épis par plante sont négativement corrélés, chez les parents, avec le nombre de grains par épi et par épillet, mais une corrélation est positive avec le nombre de grains par plante chez les parents ainsi que chez les F3.

-Par ailleurs, des corrélations positives ont été signalées entre le nombre de grains par épi avec, à la fois, le nombre de grains par épillet et par plante chez les F3, cependant chez les parents, la corrélation est négative seulement avec le nombre de grains par plante.

3.2.3.4 Degré de ressemblance entre apparentés

En référence au tableau 35 qui comporte des valeurs relatives aux liaisons inter caractères, entre les données moyennes de deux générations consécutives à savoir ; F2 et F3, nous avons constaté les éléments de constat suivant :

Tableau 35 : Degré de ressemblance entre apparentés.

Variété- Paramètre / Caractère		L.E	Ept-T	Densité	Ept-Ft	H.T	Tal-P	Tep-P	Gr.Ep	Gr.Ept	Gr.P.
Degré de ressemblance entre apparentés											
Hd	Coefficient de Corrélation	0,82**	0,69**	0,50 ^{ns}	0,78**	0,77**	0,61	0,66**	0,921**	0,88**	0,60
	Coefficient de régression	0,48	0,80	2,85	0,66	1,02	0,72	0,63	0,90	0,93	0,39
Az	Coefficient de Corrélation	-0,09 ^{ns}	0,42 ^{ns}	-0,85*	0,31 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,53 ^{ns}	-0,31 ^{ns}
	Coefficient de régression	-0,031	0,29	-1,33	0,26	-2,05	0,72	0,19	0,14	0,29	-0,38

Significations :

(^{ns}) : Corrélation non significative. **En gras** : Significative au seuil de $p < 0,1$.

(*) : Significative au seuil de $p < 0,05$. (**) : Significative au seuil de $p < 0,01$.

Nous avons remarqué des corrélations positives et très significatives pour la quasi totalité des caractères étudiés et ce pour toutes significations confondues. Ce lien, qui existe entre les populations de la génération F3 avec celles de la génération précédente, permet de conclure, qu'il est possible de prédire les performances moyennes de la descendance F3 à partir des données de la génération précédente (F2), du fait, qu'une partie importante de l'expression phénotypique est sous le contrôle, particulièrement des caractères héritable. Ce lien est très fort notamment, en ce qui concerne la descendance ayant la variété introduite Hidhab 1220 comme étant parent constant qui détient des performances justes moyennes. A cet effet, à travers un choix des parents, il est possible d'espérer apporter une amélioration conséquente.

3.2.3.5 Héritabilité au sens étroit (h^2)

Les valeurs moyennes relatives au paramètre héritabilité au sens étroit pour les caractères étudiés sont données au tableau 36.

Tableau 36: Coefficient d'héritabilité au sens étroit des caractères étudiés.

Caractère	H.T	Tal-Ep	Tep-P	Gr.Ep	Gr.Ept	Gr.P.
h^2	0,66	0,66	0,58	0,55	0,59	0,36

Sur la base des valeurs enregistrées pour ce paramètre relatives aux caractères considérés, nous pouvons dégager les remarques suivantes :

-Les valeurs de ce paramètre varient de 0,36 observée pour le caractère nombre de grains par plante (Gr.P.) jusqu'à 0,66 enregistrée pour les caractères ; la hauteur de la paille au stade maturité physiologique (H.T) ainsi que la capacité de talles épis par plante (Tal.Ep).

- A l'exception du nombre de grains par plante (Gr.P.), les valeurs moyennes relatives à l'héritabilité au sens étroit de l'ensemble de ces caractères sont globalement très élevées (nettement supérieure à 0,45), par voie de conséquence, ces caractères sont fortement héritable et l'expression phénotypique observée est beaucoup plus sous l'effet des gènes additifs.

3.2.4 Etude de F4

3.2.4.1 Analyse de la variabilité phénotypique

L'analyse de la variance (Tableau 37) relative aux caractères étudiés révèle un effet significatif des génotypes étudiés. Cette analyse dévoile une variabilité importante entre les génotypes utilisés résultant, des différences hautement significatives entre leurs moyennes et ce pour l'ensemble des caractères mesurés chez les parents ainsi que chez la descendance F4.

Tableau 37: Carrés moyens des écarts de l'analyse de la variance des caractères étudiés chez les parents et les F4

Source de variation	ddl	Ept. T	Epl. St.	Epl. Ft	Densité	L.E	Tal. P.	Tal. Ep.	H.T.
Bloc	2	0,81 ^{ns}	0,03 ^{ns}	1,04 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,16 ^{ns}	6,06**	1,88 ^{ns}	11,06**
Génotype	25	510,90**	9,93**	480,08**	1122,57**	218,58**	1437,78**	2070,10**	9338,72**
Parents	7	95,74**	5,56**	90,34**	485,28**	49,21**	772,60**	1625,32**	919,84**
F4	17	415,40**	4,56**	390,13**	635,88**	167,82**	660,21**	470,98**	5538,25**
F4 x parents	1	5,89**	0,01	6,36**	7,14**	2,98**	18,84**	40,74**	4052,1**
Résiduelle	50	11,74	1,08	13,05	22,79	3,55	76,53	69,89	258,49
Total	77	523,45	11,03	494,18	1145,74	222,29	1507,84	2159,15	9546,54

Significations :

(^{ns}) : Non significative. (**) : Significative au seuil de p < 0,01.

3.2.4.2 Caractères morphologiques et capacité de tallage et de talles épis.

Les valeurs minimales, moyennes et maximales relatives aux caractéristiques de l'épi, de la capacité de tallage herbacé et de talles épis ainsi que de la hauteur de la paille chez les parents et les F4 sont données au tableau 38.

Tableau 38: Valeurs moyennes, minimales et maximales des caractères de l'épi et de capacité de tallage et de talles épis enregistrées chez les parents et la génération F4.

Valeur / Caractère	Ept. T	Ept. St.	Ept. Ft	Tal. P.	Tal. Ep.	L.E	Densité	H. T.
Min F4	16,26	0,09	15,74	8,95	7,34	6,11	19,09	42,03
Moyenne F4	21,11	0,38	20,73	13,39	11,22	8,78	24,52	59,12
Max. F4	27,33	1,07	26,57	19,70	18,60	13,27	30,15	69,81
Min. parents	17,33	0,00	17,25	7,36	6,17	7,06	18,83	64,90
Moy. parents	20,51	0,40	20,11	12,33	9,79	8,36	25,17	74,74
Max. parents	23,67	1,30	23,40	25,53	21,94	11,18	33,25	84,20
CVM	2,32	38,26	2,49	9,91	10,52	3,08	2,73	3,04
ppds p < 5 %	0,8	0,24	0,84	2,18	1,88	0,44	1,11	3,27

Sur la base des valeurs moyennes, minimales et maximales enregistrées par les deux catégories de génotypes à savoir; les parents et la descendance F4 données au tableau 41, nous pouvons conclure que le matériel génétique utilisé dispose toujours d'une variabilité plus ou moins élevée résultant, les différences entre les moyennes de divers caractères étudiés sont significatives.

Le tableau 39 comporte des données relatives aux valeurs moyennes enregistrées pour les caractéristiques de l'épi, obtenues chez les génotypes sélectionnés et ce en comparaison avec le parent moyen et par rapport aux meilleurs parents utilisés (variétés introduites : Hidhab 1220 et Anza selon le cas considéré). Les tableaux 42 et 43 résument les valeurs enregistrées parmi les génotypes les plus performants.

Tableau 39 : Valeurs moyennes relatives aux caractères de l'épi chez F4 en comparaison au parent moyen et aux témoins.

Caractère	Ept. T					Epl. St.					Epl. Ft					Densité				
	Lignée	Ecart/ au parent moyen		Ecart / Au témoin		Valeur	Ecart/ au parent moyen		Ecart / Au témoin		Valeur	Ecart/ au parent. moyen		Ecart / Au témoin		Valeur	Ecart/ au parent moyen		Ecart / Au témoin	
		Valeur	%	Valeur	%		Valeur	%	Valeur	%		Valeur	%	Valeur	%		Valeur	%	Valeur	%
HdxStr/ 46	20,34	0,45	2,26	-0,71	-3,37	0,21	-0,43	-67,80	-0,90	-81,48	20,14	0,88	4,59	0,19	0,98	28,30	5,63	24,8	9,47	50,30
SbgxHd/ 13	21,68	1,19	5,80	0,63	2,99	0,13	-0,49	-79,05	-0,98	-88,47	21,55	1,62	8,11	1,61	8,08	26,03	2,49	10,6	7,19	38,20
Hd x Mkb/ 2	23,01	2,69	13,26	1,96	9,29	0,47	-0,15	-24,39	-0,64	-58,00	22,54	2,84	14,44	2,60	13,05	22,76	0,06	0,27	3,93	20,84
Mg2 X Az/ 27	16,85	-2,37	-12,33	-4,26	-20,18	0,45	-0,24	-35,26	-0,85	-65,64	16,41	-2,13	-11,48	-3,41	-17,20	20,97	-1,17	-5,27	-4,38	-17,29
Bld x Az /10	23,42	1,03	4,59	2,31	10,92	0,53	-0,25	-31,91	-0,77	-58,97	22,89	1,28	5,92	3,07	15,50	27,58	-1,71	-5,85	2,23	8,82
Btmb x Hd/ 9	23,39	1,51	6,89	2,33	11,08	0,65	0,02	2,63	-0,46	-41,44	22,74	1,49	7,02	2,79	14,00	20,15	-1,14	-5,34	1,31	6,97

L'analyse des données (Tableau 39) permet de signaler les remarques suivantes :

-En ce qui concerne le nombre total d'épillets par épi, le gain le plus élevé par rapport au parent moyen a été enregistré chez le génotype 2 issu du croisement Hidhab 1220 x El Merakba, et ce avec 2,69 épillets en valeur absolue, ce qui représente un gain de 13,26 %. Par ailleurs, par rapport au témoin Hidhab 1220, le gain le plus élevé a été enregistré chez le génotype 9, issu du croisement BentMebarek x Hidahb 1220 avec 2,31 épillets par épi en valeur absolue, ce qui représente une amélioration de 11,08 % par rapport aux performances enregistrées chez le témoin.

-Pour le caractère nombre d'épillets stériles par épi, le gain le plus élevé par rapport au parent moyen a été constaté chez le génotype 13, issu du croisement Sabaga x Hidhab 1220 avec un recul du nombre d'épillets stériles de l'ordre de - 0,49 épillets stérile par épi, ce qui représente une amélioration pour ce caractère de - 79 %. Par ailleurs, le gain le plus élevé est constaté chez le même génotype avec - 0,98 épillets en valeur absolue (- 88,41 %) par rapport à la variété introduite (Hidhab 1220).

-Eu égard au nombre d'épillets fertiles par épi, le gain le plus élevé est enregistré chez le génotype 2 issu du croisement Hidhab 1220 x El Merakba avec 2,84 épillets fertiles par épi (14,44 %). En comparaison au témoin (variété introduite), l'amélioration la plus élevée a été remarquée chez le génotype n° 2 issu du croisement El Baldi x Anza avec un gain de l'ordre de 3,07 épillets fertiles par épi par rapport au témoin Anza (l'équivalent de 15,50 %).

-Pour la densité, en comparaison au parent moyen, l'amélioration la plus élevée a été constatée chez le génotype 46 issu du croisement Hidhab 1220 x Shouiter avec 5,63 unités (24,8%), tandis qu'en comparaison au témoin Hidhab 1220, l'amélioration la plus élevée a été observée chez le même génotype avec un gain de 9,47 unités en valeur absolue ce qui représente un gain de l'ordre de 50,30 %.

Le tableau 40 résume des performances moyennes relatives aux caractères : la capacité de tallage herbacé et de tallage épi, la hauteur de la paille au stade maturité physiologique ainsi que la longueur de l'épi enregistrées chez les parents et la descendance F4.

Tableau 40 : Valeurs moyennes relatives à la capacité de tallage et de tallage épi, la hauteur de la tige et de la longueur de l'épi enregistrées chez F4 en comparaison au parent moyen et aux témoins.

Lignée / Caractère	Tal. P.					Tal. E.P.					L.E				Ht. T.					
	Valeur	Ecart// au parent moyen		Ecart / au témoin		Valeur	Ecart// au parent moyen		Ecart / au témoin		Valeur	Ecart// au parent moyen		Ecart / au témoin		Valeur	Ecart// au parent moyen		Ecart / au témoin	
		Valeur	%	Valeur	%		Valeur	%	Valeur	%		Valeur	%	Valeur	%		Valeur	%		
HdxStr/ 46	10,10	0,08	0,79	-0,68	-6,27	8,40	1,05	14,29	2,23	36,22	7,20	-1,93	-21,11	-3,98	35,63	56,39	-15,84	-21,93	-11,31	-16,70
SbgxHd/ 13	14,34	5,20	56,97	3,56	33,06	10,28	3,58	53,43	4,12	66,74	8,34	-0,78	-8,56	-2,84	25,42	55,32	-15,07	-21,41	-12,38	-18,28
Hd x Mkb /2	12,61	2,74	27,79	1,84	20,50	10,41	3,27	45,89	4,24	68,75	10,24	0,96	10,40	-0,94	-8,40	58,77	-13,08	-18,21	-8,92	-13,18
Mg2 X Az/27	18,16	-5,03	-21,70	-2,69	-12,91	17,66	1,39	8,53	5,96	50,95	8,04	-0,71	-8,07	-0,29	-3,47	62,54	-12,01	-16,10	-2,35	-3,63
Bld x Az /10	14,16	-0,45	-3,06	-6,69	-32,07	11,54	1,78	18,25	-0,16	-1,38	8,50	0,77	9,98	0,17	2,02	68,84	-2,00	-2,83	3,94	6,08
Btmb x Hd/9	12,68	3,61	39,85	1,90	17,65	10,30	3,82	58,91	4,14	67,07	11,64	1,26	12,16	0,46	4,07	63,33	-9,77	-13,36	-4,37	-6,45

A la lumière de l'analyse des valeurs moyennes relatives aux caractères : la capacité de tallage herbacé et de tallage épi, la longueur de l'épi et la hauteur de la paille au stade maturité (Tableau 44), Il y a lieu de signaler ce qui suit :

-Eu égard à la capacité de tallage herbacé, l'amélioration la plus élevée a été enregistrée chez le génotype 13, issu du croisement Sabaga x Hidhab 1220 et ce, à la fois, par rapport au parent moyen et en comparaison au témoin (Hidhab 1220) avec 5,2 et 3,56 talles par plante en valeur absolue, respectivement. Ce qui constitue un gain de l'ordre de 56,97 % et 33,06 % respectivement. De même, le génotype 9 issu du croisement BentMebarek x Hidhab 1220 détient un gain de l'ordre de 3.61 talles herbacées par plante (39,85 %).

-Pour la capacité de talles épis par plante, nous avons constaté des gains relativement supérieurs par rapport au caractère précédent et ce en comparaison aux parents moyens ainsi qu'aux témoins (variétés introduites). En effet, nous avons remarqué des gains moyen en valeur absolue de 3,82 et 3,52 talles épis par rapport aux parents moyens respectivement, chez les génotypes 9 (BentMebarek x Hidhab 1220) et le 13 (Sabaga x Hidhab 1220). Ce qui représente une amélioration pour ce caractère de l'ordre de 58,91 % et 53,43 %, respectivement.

-Par ailleurs, en comparaison aux témoins, nous avons constaté un gain de l'ordre de 5,96 talles épis par plante (50,95 %) enregistré chez le génotype 27 (Manga type II x Anza), tandis que les génotypes 2 (Hidhab 1220 x El Merakba), le 9 (BentMebarek x Hidhab 1220) et le 13 (Sabaga x Hidhab 1220) ont enregistré une augmentation moyenne du pouvoir de talles épis supérieur à 4 talles épis par plante.

-En ce qui concerne la longueur de l'épi, le gain le plus élevé par rapport, à la fois, au parent moyen et en comparaison au témoin a été enregistré chez le génotype 9 (BentMebarek x Hidhab 1220) avec 1,26 cm (12,16%) et 0,46 cm (4,07%), respectivement.

-Pour la hauteur de la paille au stade maturité physiologique, nous avons remarqué que tous les génotypes ont enregistré une régression relative à ce caractère et ce par rapport à leur parent moyen. Ce recul de la tige varie de - 2 cm, a été constaté chez le 10 issu du croisement El Baldi x Anza jusqu'à -15,84 cm (l'équivalent de 21,93 %), remarquée chez le 46 (Hidhab 1220 x Shouiter).

-De même, pour la hauteur de la tige et par rapport aux témoins et à l'exception du génotype 10 issu du croisement El Baldi x Anza, nous avons constaté une régression moyenne de la hauteur de la paille chez toutes les lignées. Cette réduction de la tige oscille entre -2,35 cm, enregistrée chez 27 issu du croisement Manga type II x Anza dont le témoin est Anza jusqu'à -12,38 cm en valeur absolue (18,28 %), observée chez le 13 (Sabaga x Hidhab 1220) dont le témoin est Hidhab 1220. Par ailleurs, le reste des génotypes ont enregistré une réduction relative à ce caractère qui varie de - 4,37 cm observée chez le 9 (BentMebarek x Hidhab 1220), à -8,92 cm constatée chez le 2 (Hidhab 1220 x El Merakba) jusqu'à -11,31 cm observée chez le 46 issu du croisement Hidhab 1220 x Shouiter.

3.2.4.3 Variations phénotypique et génotypique, héritabilité et gain génétique

3.2.4.3.1 Coefficient de variation phénotypique

Les valeurs moyennes, minimales et maximales relatives au coefficient de variation phénotypique pour les caractères étudiés sont données au tableau 41.

Tableau 41 : Valeurs moyennes, minimales et maximales du coefficient de variation phénotypique (%) des caractères mesurés chez les F4.

Valeur / Caractère	L.E	Ept-t	Densité	Ept-ftl	H.T	Tall	Tal-Ep
Minimale	5,47	3,85	7,33	5,07	5,21	30,03	29,97
Moyenne	8,13	7,73	10,04	8,36	10,23	40,35	49,44
Maximale	14,11	12,19	18,92	13,18	23,21	55,02	75,52
Ecart (Max-Min)	8,64	8,34	11,59	8,12	18,00	24,98	45,55

L'analyse des valeurs moyennes relatives à ce paramètre (Tableau 41) permet de constater, que les capacités de talles épis et de talles herbacées par plante disposent des coefficients de variation phénotypique (supérieurs à 40 %), avec des moyennes de l'ordre de 49,44 % et 40,35 %, respectivement. De même, les caractères respectifs, la hauteur de la paille au stade maturité physiologique et la densité de l'épi se caractérisent par des coefficients tous justes moyens avec 10,23 et 10,04 respectivement, toutefois, à l'exception de la densité, les caractéristiques de l'épi détiennent des coefficients relativement faibles.

Des valeurs relatives à ce coefficient supérieures à 49 ont été enregistrées pour les caractères; nombre de talles herbacées et de talles épis chez 4 et 8 génotypes respectivement, tandis que pour la densité de l'épi nous avons observé une valeur relativement élevée (≈ 19) chez un seul génotype; BentMebarek x Hidhab 1220 / génotype 38.

3.2.4.3.2 Coefficient de variation génotypique

Le tableau 42 comporte des valeurs relatives au coefficient de variation génotypique des caractères étudiés.

Tableau 42 : Valeurs moyennes, minimales et maximales du coefficient de variation génotypique (%) relatives aux caractères mesurés chez les F4.

Valeur / Caractère	L.E	Ept-t	Ept-St	Densité	Ept-ft	H.T	Tall	Tal-Ep
Minimale	3,00	2,23	-0,69	7,07	3,22	4,68	28,07	28,55
Moyenne	7,05	6,73	0,27	9,66	7,21	9,74	38,63	47,83
Maximale	13,46	11,10	0,97	18,69	12,16	22,77	53,39	73,21
Ecart (Max-Min)	10,45	8,87	1,66	13,78	8,94	18,09	25,33	44,66

Pour ce paramètre, nous avons constaté, que la tendance des valeurs enregistrées pour la quasi-totalité des caractères étudiés est la même que celle du paramètre précédent particulièrement, en ce qui concerne le classement relatif des caractères. Par ailleurs, en ce qui concerne la grandeur des valeurs moyennes enregistrées, elles sont légèrement inférieures par rapport au F3 et encore moins, en comparaison avec celles constatées chez la génération F2.

Par ailleurs, la variabilité pour le nombre de talles épis est supérieures à celle de la capacité de talles herbacées avec près de 10 % ; 47,83 pour le premier et 38,63 pour le deuxième. De même, le nombre de génotypes de F4 ayant une variation génotypique supérieure à 50 est de 07.

3.2.4.3.3 Coefficient de déterminisme génétique au sens large (h^2bs)

Les valeurs moyennes, minimales et maximales relatives au coefficient d'héritabilité au sens large des caractères étudiés sont données au tableau 43.

Tableau 43: Valeurs moyennes, minimales et maximales relatives à l'héritabilité des caractères mesurés chez F4.

Valeur / Caractère	L.E	Ept-t	Ept-St	Densité	Ept-ft	H.T	Tall	Tal-Ep
Minimale	0,30	0,31	0,08	0,87	0,40	0,75	0,87	0,91
Moyenne	0,74	0,73	0,43	0,92	0,72	0,89	0,92	0,93
Maximale	0,91	0,91	0,71	0,98	0,90	0,97	0,98	0,97
Ecart (Max-Min)	0,61	0,59	0,63	0,10	0,50	0,21	0,11	0,06

Les valeurs moyennes relatives à ce paramètre sont globalement élevées à très élevées, mais relativement inférieures par rapport à celles enregistrées chez les générations F3 et ce avec la régression de l'effet de la dominance avec les générations qui se suivent. En théorie et à partir de la F2, la réduction de l'effet de la dominance est la moitié par génération.

Les valeurs du coefficient d'héritabilité relatif aux caractères : nombre de talles épis par plante, densité, capacité de tallage herbacé par plante, hauteur de la tige sont fortement élevées et

nettement supérieures à 80 %, tandis que celles des caractéristiques de l'épi, à l'exception du nombre d'épillets stériles, sont élevées et supérieures à 72 %.

3.2.4.3.4 Gain génétique attendu en sélection

Le tableau 44 comporte des valeurs du gain génétique attendu en sélection relatives aux caractères considérés chez la descendance de F4.

Tableau 44 : Valeurs moyennes, minimales et maximales du gain génétique attendu en sélection (GGA) des caractères étudiés chez les F4.

Valeur / Caractère	L.E	Ept-t	Ept-St	Densité	Ept-ftl	H.T	Tall	Tal-Ep
Minimale	0,29	0,56	-0,69	3,53	0,87	5,62	7,75	7,54
Moyenne	1,09	2,58	0,27	4,62	2,67	11,29	10,13	10,13
Maximale	1,61	4,48	0,97	8,16	4,47	21,01	18,29	18,51
Ecart (Max-Min)	1,32	3,92	1,66	4,63	3,60	15,39	10,53	10,97

Nous avons enregistré des valeurs relatives au gain génétique attendu en sélection globalement moyennes, particulièrement celles relatives aux caractères ; la hauteur de la tige, la capacité de tallage herbacé et de talles épis par plante, bien que certaines descendance ont enregistré des valeurs élevées. Par ailleurs, le gain enregistré pour les caractères relatifs à l'épi est faible (inférieur à 10 %).

3.2.4.5 Etude de l'efficacité de la sélection

3.2.4.5.1 Réponse des divers caractères à la sélection

L'importance de la sélection précoce demeure dans la détermination pendant les premières générations les génotypes ségrégatifs, qui se caractérisent par des traits pouvant satisfaire les besoins des sélectionneurs. Parmi ces caractères on peut citer les composantes du rendement et /ou leur capacité à s'adapter parfaitement aux conditions de stress, particulièrement celles qui accompagnent les périodes critiques de la culture de blé tendre (période d'initiations des talles et talles épis, épillets fertiles, remplissage du grain...).

Les traits qui se caractérisent par une forte héritabilité accompagnée avec un gain génétique attendu appréciable, sont moins susceptibles aux fluctuations des conditions de l'environnement et se fixent facilement lors des premières générations. Ces caractères sont d'une importance capitale et considérés comme des porteurs d'espoir dans l'amélioration génétique des cultures. Lors de cette étude et dès la 2^{ème} génération (F2), un certain nombre de caractères ont été utilisés comme des marqueurs pour la sélection à savoir ; la capacité de tallage herbacé et de talles épis, la hauteur de la paille au stade maturité physiologique, la longueur de l'épi et le potentiel de l'épi en épillets fertiles.

3.2.4.5.2 Effet moyen génération, génotype et interaction Génotype x Génération

Les sommes carrées des écarts de l'analyse de la variance des valeurs moyennes relatives aux caractéristiques de l'épi, la capacité de tallage herbacé et de tallage épi ainsi que la hauteur de la paille des générations F3 et F4 sont données au tableau 45.

Tableau 45: Sommes carrées des écarts de l'analyse de la variance des caractères relatifs aux caractéristiques de l'épi, capacité de tallage herbacé et de talles épi et de la hauteur de la paille chez les F3 et les F4.

Source de variation	ddl	Ept. T	Epl. St.	Epl. Ft	Tal. P.	Fal. E.P.	L.E	Densité	Ht. T.
Bloc	4	2,38 ^{ns}	0,06 ^{ns}	3,06 ^{ns}	39,98 ^{ns}	3,14 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,60 ^{ns}	91,45 ^{ns}
Génotype	17	626,61 ^{**}	2,86 ^{**}	596,72 ^{**}	823,41 ^{**}	897,26 ^{**}	237,80 ^{**}	1174,95 ^{**}	3629,46 ^{**}
Génération	1	36,88 ^{**}	2,06 ^{**}	55,92 ^{**}	291,84 ^{**}	127,77 ^{**}	16,48 ^{**}	19,33	5059,94 ^{**}
Génotype x Génération	17	8,49	0,81	9,15	167,38 ^{**}	103,92 ^{**}	2,93	21,33	254,90
Résiduelle	68	78,68	2,19	74,35	145,28	51,07	36,81	164,41	1568,97
Total	107	753,04	7,98	739,20	1467,89	1183,17	294,63	1380,62	10604,72

Significations (^{ns}) : Non significative. (**): Significative au seuil de $p < 0,01$.

L'analyse de la variance au seuil de $p < 0,01$ montre qu'il n'y a aucun effet significatif relatif au bloc.

L'effet du génotype est très significatif pour tous les caractères étudiés. A l'exception du caractère nombre de talles herbacées par plante et la densité de l'épi, l'effet de la génération sur la réponse à la sélection n'a pas été significatif sur le reste des caractères. L'effet significatif de l'interaction entre la génération (confondu avec l'année) et le génotype a été remarqué sur deux caractères ; la capacité de tallage et de tallage épi par plante.

Par ailleurs, nos résultats dévoilent que l'effet du génotype sur la réponse à la sélection ainsi que sur les niveaux de l'expression phénotypique, pour l'ensemble des caractères pris comme critères de sélection, est hautement significatif. De même, en ce qui concerne le nombre de talles herbacées et de talles épis par plante, les variations enregistrées sont différentes selon le génotype, la génération (l'année) et leur interaction (Génotype x générations).

Le tableau 46 comporte la partition des contributions des sommes carrées des écarts par rapport au total.

Tableau 46: Partition de contributions des sommes carrées des écarts (par rapport au total) de l'analyse de la variance des caractères étudiés chez les F3 et les F4.

Source de variation	Ept. T	Ept. St.	Ept. Ft	Tal. P.	Fal. E.P.	L.E	Densité	H.T.
Bloc	0,32	0,75	0,41	2,72	0,27	0,21	0,04	0,86
Génotype	83,21	35,83	80,73	56,10	75,84	80,71	85,10	34,22
Génération	4,90	25,77	7,56	19,88	10,80	5,59	1,40	47,71
Génotype x Génération	1,13	10,19	1,24	11,40	8,78	1,00	1,54	2,40
Résiduelle	10,45	27,46	10,06	9,90	4,32	12,49	11,91	14,80
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

L'analyse de la partition des contributions des sommes carrés des écarts de diverses sources de variation (Tableau 46) permet de dégager ce qui suit :

-L'analyse dévoile que l'effet du génotype sur l'expression phénotypique est très important. Selon le caractère considéré, il détient à lui seul de 56,10 % à 85,10% de la variation phénotypique et ce pour les caractères : pouvoir de talles épis, nombre total d'épillets et d'épillets fertiles par épi, capacité de tallage herbacé, longueur et la densité de l'épi, respectivement.

Par ailleurs, le taux de partition des génotypes relatif à la hauteur de la tige, n'est que de 34 %, derrière à celui enregistré chez la génération avec 47,71 %. Cette remarque nous confirme que l'expression phénotypique de ce caractère est, globalement sous l'effet combiné du génotype et de la génération et ce avec une partition totale de 81,93 %.

-Cependant, le taux de la variation de la génération pour ces caractères (en substitution à l'année) est faible à très faible. Ce taux varie de 1,4 % pour la densité jusqu'au 19,88 % enregistré pour la capacité de tallage.

De même, la partition la plus élevée enregistrée pour l'erreur est celle relative au nombre d'épillets stériles par plante avec 27,46 %, tandis que pour le reste des caractères nous avons enregistré une partition de l'erreur inférieure à 15 %.

En ce qui concerne la partition de l'interaction génotype x génération (confondue avec l'année), nous avons remarqué que le taux de l'effet génotype x génération est très faible. Les taux maximaux enregistrés sont de l'ordre de 10,19 % et 11,40 % respectifs pour le nombre d'épillets stériles par épi et le nombre de talles herbacées par plante, tandis que le reste des caractères disposent des taux très faibles et inférieurs à 2,40 %.

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Conclusion générale et perspectives

A partir des résultats de cette étude, nous pouvons conclure, que le matériel génétique de départ et celui généré possède la variabilité adéquate pour la plupart des caractères étudiés et qui nécessite d'être considérés dans les futurs programmes de croisement et de sélection.

La présente étude montre aussi que les combinaisons d'hybrides issues, à la fois, de parents de diverses origines géographiques et qui détiennent aussi des valeurs propres moyennes, sont celles qui offrent des transgressions et des degrés d'hétérosis les plus élevés relatifs aux caractères étudiés. Il y'a une forte dépendance entre les valeurs moyennes de l'hybride et celles de ses parents relatives aux caractères considérés.

Nous avons constaté une similitude quasi totale entre les valeurs moyennes du coefficient de variation phénotypique avec celles du coefficient de variation génotypique, ainsi qu'une ressemblance entre les diverses générations apparentées, associée avec des fortes valeurs de l'héritabilité au sens large.

De même, nous avons enregistré un gain génétique attendu élevé relatif aux caractères ; nombre de grains par épi, la hauteur de la paille et la précocité ainsi que d'autres valeurs du gain modérément élevées enregistrées pour les caractères ; capacité de tallage herbacé et de talles épis et la précocité à l'épiaison et à la floraison.

Tous ces résultats montrent, d'une part, que l'effet des gènes déterminant de l'expression phénotypique de ces caractères est fondamentalement de type additif et, d'autre part, que cet effet additif pourrait être aisément fixé et transmis d'une génération à une autre. Pour ces raisons, il est non seulement possible de prédire les performances de l'hybride F1 ainsi que des générations suivantes, mais aussi une sélection efficace pour ses caractères est nécessaire, en vue de l'amélioration ultérieure de la descendance. La sélection, des lignées pures pour améliorer le rendement et ses composantes, a de fortes chances d'aboutir et le progrès de la sélection sera satisfaisante et importante.

Cependant, la forte héritabilité au sens large associée avec un faible gain génétique enregistré pour des caractères relatifs aux caractéristiques de l'épi à savoir ; la longueur de l'épi, le nombre total d'épillets et épillets fertiles par épi ainsi que la densité, nous permet de considérer que ces caractères sont contrôlés par des gènes à action plutôt non additive.

L'analyse en composantes principales nous révèle que la sélection des lignées sur la base des performances relatives aux composantes du rendement (capacité de tallage herbacé et de tallage épi par plante et nombre de grains par plante) ainsi que la précocité et la longueur de l'épi pourraient induire à la réduction des performances de certaines caractéristiques de l'épi respectivement, le

nombre d'épillets total par épi, la densité, le nombre d'épillets fertiles et le nombre de grains par épi.

Le gain moyen enregistré en comparaison aux témoins (variétés introduites) chez les F3 et les F4 est considérable pour la quasi-totalité des caractères pris comme critères de sélection. En effet, en F4 ce gain est de : 2,31 épillets par épi (13,26 %) pour le nombre total d'épillets, 79 % (par rapport au Hidhab 1220) pour le nombre d'épillets stériles par épi, 3,07 épillets fertiles (15,50 % par rapport à Anza), 33,06 % (Hidhab 1220) pour la capacité de tallage herbacé et supérieur à 50 % pour la capacité de tallage épis par plante par rapport au Hidhab 1220. Par ailleurs, les croisements dont la variété Manga type II est l'un des parents subissent des pertes très basses en talles herbacées. De même, une réduction importante de la hauteur de la paille au stade maturité varie de - 2 cm par rapport à Anza jusqu'à -15,84 cm (22 %) par rapport au Hidhab 1220. Tous ces génotypes sont à épi très poilu et disposent d'une barbe avec au moins plus de 5 cm de longueur sur les deux tiers de l'épi et de grains bien remplis.

Les transgressions enregistrées chez ces lignées relatives à la précocité à l'épiaison et à la floraison, la capacité de tallage herbacé et de talles épis et leur rapport ainsi que la hauteur de la tige nous permet de conclure, que ces variétés / populations locales utilisées disposent aussi des gènes qui codent pour l'expression des caractères relatives à la précocité, la capacité de tallage et de talles épis ainsi que des gènes de nanismes. Ces gènes diffèrent de ceux rencontrés chez les variétés introduites, ce qui permettent, ainsi, de réaliser les transgressions constatées pour ces caractères.

Les génotypes les plus prometteurs sont les suivants : Hidhab 1220 x Shuiter lignée 46, Sabaga x Hidhab1220 lignée 13, Hidhab 1220 x El Merakba lignée 2, Manga type II x Anza lignée 27, BentMebarek x Hidhab 1220, cultivars 9. Ces lignées méritent une attention particulière lors de la conception des futurs programmes de sélection, afin de développer des variétés excellentes pour des conditions stressantes pareilles.

A travers la sélection, il apparait, qu'il est raisonnablement possible de réaliser une amélioration importante des caractères considérés, dans un milieu similaire à celui dans lequel la présente étude a été conduite, de préférence, complémentariser avec des marqueurs d'ADN.

Cependant, il est clair qu'il existe encore une variation suffisante relative aux caractères étudiés chez la génération F4. De ce fait, une sélection efficiente pour ses caractères doit être continué afin d'améliorer ultérieurement la descendance de divers croisements.

Par ailleurs, des recherches additionnelles sont nécessaires afin de dégager des connaissances profondes et parfaites relatives à la performance de ces générations.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques:

- Abayomi Y., & D. Wright, 1999: Effect of water stress on growth and yield of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Trop. Agric.* 76, 120-125.
- Abbassene, F. 1997: Etude génétique de la durée des phases de développement et leur influence sur le rendement et ses symptômes chez le blé dur (*Triticum durum*, Desh). Thèse de magister. INA. Alger. pp.70.
- Abbassene F., H. Bouzerzour, & L. Hachemi, 1998 : Phénologie et production du blé dur en zone semi-aride d'altitude. *Annales INA. El Harrach.* 18, 24-36.
- Abte, P.E., F.H. Andrade, L. Lazaro, J.H. Bariffi, H.G. Berardocco, V.H. Inza, & F. Marturano, 1998: Grain Yield Increase in Recent Argentina Wheat Cultivars. *Crop Sci.* 38, 1203-1209.
- Abebe, T., A.C. Guenzi, B. Martin, & J.C. Cushman, 2003: Tolerance of Mannitol-Accumulating Transgenic Wheat to Water Stress and Salinity. *Plant Physiol.* 131, 1748-1755.
- Abdullah, G.M., A.S. Khan, & Z. Ali, 2002: Heterosis study of certain important traits in wheat. *Int. J. Agri. Biol.*, 4(3): 326-328.
- Abhari A., S. Ghaleshi, N. Latifi & M. KalateArabi, 2006: Terminal drought stress on yield, yield components and proline genotypes of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Agricultural Science and Technology.* 20: 57-67.
- Acevedo E., P.Q. Craufurd, R.B. Austin, & M. Paraze, 1991: Traits associated with high yield in barley in low rainfed environments. *J. Agri. Sci.* 116: 23-26.
- Acevedo E., & E. Fereres, 1993: Resistance to Abiotic Stress. In: Hayward M.D., N.O. Bosemark and I. Romagoza, eds, *Plant Breeding Principles and Prospects*, pp. 406-421. London, Chapman & Hall.
- Acevedo, E. P. Silva, H. Silva (1998) Wheat growth and physiology. *Experimental Agronómica*, 49 (1-2): 1-28.
- Adugna A, Nanda GS, Singh K, Bains NS. A comparison of cytoplasmic and chemically-induced male sterility systems for hybrid seed production in wheat (*Triticum aestivum* L.) *Euphytica.* 2004;135(3):297–304.
- Ahmed, N., M. Chowdhry, A. KhaliqI, & M. Maekawa, 2007: The inheritance of yield and yield components of five wheat hybrid populations under drought conditions. *Indonesian J. Agric. Sci.* 8(2): 53-59.
- Aida A., Rizkalla, A.Baseta, A. Hussien, M.F. Al-Ansary, J.E. Nasseef & Mona H.A. Hussein, 2012: Combining Ability and Heterosis Relative to RAPD Marker in Cultivated and Newly Hexaploid Wheat Varieties, *Australian Journal of Basic and Applied Sciences.* 6(5): 215-224
- Akhtar Z., A.K.M. Shamsuddin, M.M. Rohan, M. ShalimUddin, M. Mhi-uddin, & K.M.M. Alam, 2003: Studies of heterosis for yield and yield components in wheat. *J. of Bio. Sci.* 3 (10): 892-897.
- Ali, Y., B. Atta, M. Akhtar, P. Monneveux, & Z. Lateef, 2008: Genetic variability, association and diversity studies in wheat (*Triticum aestivum* L.) germplasm. *Pak. J. Bot.* 40(5): 2087-2097.
- Allard R., 1964 : Principles of plant breeding. John Wiley and Sons. Inc. New York. London.
- Alvaro, F., J. Isidro, , D. Villegas, , L.F. Garcíadel Moral, & C. Royo, 2008: Breeding effects on grain filling, biomass partitioning, and remobilization in Mediterranean durum wheat. *Agron. J.* 100 (2): 361-370.
- Amarah, B., N. IjazRasool, A. Muhammad, & S. Ali Hassan, 2013: Estimation of Heterosis, Heterobeltiosis and Potence Ratio Over Environments Among Pre and Post Green Revolution Spring wheat in Pakistan. *Journal of Basic & Applied Sciences.* 9: 36-43
- Amaya, A.A., R. H. Busch, & K. Lebsack, 1972: Estimates of genetic effects of heading date, plant height, and grain yield in durum wheat. *Crop Science.* 12: 478-481.
- Annichiarico p, and Iannuci A. 2008. Adaptation strategy, germplasm type and adaptive traits for field pea improvement in Italy based on variety responses across climatically contrasting environments. *Field Crop Research*, 108 : 133-142.

- Araus, J.L., H.R. Brown, A. Febrero, J. Bort, & M.D. Serret, 1993: Ear photosynthesis, carbon isotope discrimination and the contribution of respiratory CO² to differences in grain mass in durum wheat. *Plant Cell Environ.* 16: 383-392.
- Atkins, I.M., & K.F. Finney, 1957: Quality characteristics of two pairs of isogeruc lines of wheat. *Agron. J.* 49: 351-353.
- Austin, R.B., M.A.Ford, J.A. Edrich, & B.E. Hooper, 1976: Some Effects Leaf Posture on Photosynthesis and Yield in Wheat. *Ann. Appl. Biol.* 83, 425-446. In: Abtbe, P.E., Andrade, F.H, Lazaro, L., Bariffi, J.H., Berardocco, H. G., Inza, V.H., & Marturano F., 1998. Grain Yield Increase in Recent Argentina Wheat Cultivars, *Crop Sci.* 38: 1203-1209.
- Baeva, R. & G. GeorgievaI, 1980: Transgressions in qualitative characters of hybrids between hexap-loid triticale forms. *Genetics and Breeding.* 6: 403-412.
- Bahlouli, F., H. Bouzerzour, A. Benmahammed, & K.L. Hassous, 2005: Selection of high yielding and risk efficient durum wheat cultivars under semi-arid conditions. *Pak. J. Agron.* 4: 360-365.
- Bailey, T.B., C.O. Qualset and D.F. Cox. 1980. Predicting heterosis in wheat. *Crop Sci.*, 20: 339-342.
- Baker, J.L., 2000: Comparison of Planting Dates for Rye, Aot, and Triticale Varieties and Strains. The Samuel Reports Noble Foundation, Oklahoma, USA.
- Bares, I., & L. Dotlacil, 1990: Brief survey of wheat cultivars released in Czechoslovakia in the years 1921-1990. *Rostlinnavyroba*, 36: 1003-1006.
- Baric, M., H. Sarcevic, & S. Keresa, 2004: Analysis of yield components of F1 hybrids of crosses between spring and winter wheat types (*Triticum aestivum* L.). *Agric. Conspec. Sci.* 69: 11-15.
- Barkat, M., & N. Khalfallah, 2004: Comparaison morphophysiolgique de la descendance de six BC3, et de leurs g n teurs (six BC2 et quatre Variétés parentales) de bl  dur. *Sciences & Technologie C – 22*, 57-61.
- Batros, P., J. Ovesna, A. Hanzalova, J. Chr pova, V. Dumalasova, M. Skorpik, & V. Sip, 2004: Presence of Translocation from *Aeagilops venticosa* in Wheat Cultivars Registered in the Czech Republic. *Czech J Genet. Plant Breed.*, 40 (2): 31-35.
- Bedo, Z., Vida, G., & L. Karsai, 1998: Breeding for bread making quality using old Hungarian wheat varieties. *Euphyta.* 100, 179-182.
- Belay, G., T. Tesemma, E. Bechere, & D. Mitiku, 1995: Natural and Human Selection for purple-grain tetraploid wheats in the Ethiopian highlands. *Genetic Resources and Crop Evolution.* 42: 387-391.
- Benbelkacem A. et Kellou K., 2000. Evaluation du progress génétique chez quelques variétés de bl  dur (*Triticum durum* Desf) cultivées en Algérie . Actes du premier symposium international sur la filière blé : enjeu et stratégies. ITGC. Fevier2000 : 123-131.
- Benbelkacem, A., M.S. Mekhni, & D.C. Rasmuson, 1984: Breeding for high tiller number and yield in barley. *Crop. Sci.* 24: 968-972.
- Benmahammed, A., 2005: Hétérosis, transgression et efficacité de la sélection précoce et retardée de la biomasse, du nombre d'épis et utilisation des indices chez l'orge (*Hordeum vulgare* L.). Thèse de doctorat, Université de constantine, Constantine, 125pp.
- Benmahammed, A., H. Bouzerzour, A. Djekoune, & K.L. Hassous, 2004: Efficacité de la sélection précoce de la biomasse chez l'orge (*Hordeum vulgare* L.) en zone semi-aride. *Sciences & Technologie C – 22*: 80-85.
- Benmahammed, A., M. Kribaa, H. Bouzerzour, & A. Djekoune, 2008: Relationships between F2, F3 and F4_derived lines for biomass and harvest index in three barley crosses in a Mediterranean type environment. *Agricultural Journal.* 3: 313-318.
- Bennaceur, M., M. Chorfi, C. Rahmoune, S. ElJaafri, & R. Opaul, 1997: Potentialit s de production de quelques variétés de bl  dur (*Triticum durum* Desf.) au Magreb. *Rev. Sci. Technol.* 8: 69-74.

- Bhargava, A., S. Shukla, R.S. Katiyar, & D. Ohri, 2003: Selection parameters for genetic improvement in *Chenopodium* grain on sodic soil. *J. Appl. Hort.* 5: 45-48.
- Bhutta, W., M. Ibrahim, & M. Tahira, 2006: Comparison of water relations and drought related flag leaf traits in hexaploid spring wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Soil Environ.* 52 (5): 234-238
- Blade, S.F., S. Backer, & R.J. 1991: Kernel Weight Response to Source Sink Changes in Spring Wheat. *Crop Sci.*, 3: 1117-1120.
- Blum, A, 1985: Photosynthesis and transpiration in leaves and ears of wheat and barley varieties. *J. Exp. Bot.* 36 (164): 432-440.
- Blum, A, 1988: Plant Breeding for Stress Environments. CRS Press Boca Raton, FL.
- Blum, A. 1998: Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilization. *Euphytica.* 100: 77-83.
- Blum, A.A., J.Zhang, & H.T. Nguyen, 1999: Consistent differences among wheat cultivars in osmotic adjustment and their relationship to plant production. *Field Crops research* 64: 287-29.1
- Bodega, J.L., & F.H. Andrade, 1996: The Effect of Genetic Improvement and Hybridization on Grain and Biomass Yield of Bread Wheat. *Cereal Res. Com.* 24: 171-177.
- Boerner, A. Schumann, E. Fuerste, A. Coester, H. Leithold, B. Roeder, M.S. & W.E. Weber, 2002: Mapping of quantitative trait loci determining agronomic important characters in hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theor. Appl. Genet.* 105: 921-936.
- Boland, O.W., & J.J. Walcott, 1985: *Levels of heterosis for yield and quality in an F1 hybrid wheat.* Austr. J. of Agric. Res. 36: 545-552.
- Bordes, J., G. Branlard, F.X. Oury, G. Charmet, & F. Balfourier, 2008: Agronomic characteristics, grain quality and flour rheology of 372 bread wheats in a worldwide core collection. *Journal of Cereal Science.* 48: 569-579.
- Borisenko, N.H., & A.M. Burdun, 1985: The stability of pubescent wheat forms to the cereal leaf beetle Breeding and Seed Production, pp: 19-20. In Dobretsov, A.N., 1972. The stability of spring wheat varieties to disease and pests Breeding and Seed Production. pp, 27-28.
- Borislav, D, S. Kobiljski, S. Srbislav, & A. Denâi, 2002: Heterosis in Crosses Between Wheat Genotypes With Different Spike Architecture. *Proceedings for Natural Sciences.* 102: 71-75.
- Borner, A., 2002: Gene and Genome Mapping in Cereals. *Cellular and Molecular Biology Letters.* 7: 423-429.
- Borner, A., 2006: Preservation of plant genetic resources in the biotechnology era. *Biotechnology Journal,* 1: 1393-1404.
- Borner, A., K. Neumann, & B.Kobiljski, 2011: Wheat Genetic Resources- How to Exploit. *Czech J. Plant Breed.* 47 (Special Issue), S43-S48.
- Bort, J., A.Febrero, T. Amaro, & J.L. Araus, 1994: Role of awns in ear water use efficiency and grain weight in barley. *Agronomie.* 2: 133-139.
- Bouatoura N. 1975. Etude préliminaire de l'hérédité de quatre caractères a variation continue associés au rendement chez le blé dur (*Triticum aedurum* Desf) DEA. Amélioration des plantes. Université Paris sud. 25p.
- Botstein, D., R.L. White, M. Skolnick, & R.W. Davies, 1980: Construction of genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphism. *Am. J. Hum. Genet.* 32: 314-331.
- Bouzerzour, H. et Benmahammed, A. 2009. Variation in early growth, canopy temperature, translocation and yield of four durum wheat (*Triticum durm* Desf.) genotypes under semi arid conditions. *Jor. J. Agricultural Sci.* 5 :142-154.
- Boyeldieu, J., 1980: Les cultures céréalières, Edition Hachette, p. 253.

- Boyer, J.S., 1985: Water transport. *Ann. Rev. Plant. physiol.*, 36: 473-516.
- Bradova, J., & A. Sasek, 2005: Diversity of gliadins and HMW glutenins subunits in Czech registered wheat varieties. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*. 41: 160-163.
- Brady, N.C, 1985: The Nature and Properties of Soils, 8^{ed}. MacMillan publishing Co., Inc., New York. USA.
- Brancourt-Hulmel, M., G. Doussinault, C. Lecomte, P. Berard, V. Buanec, & M. Trotte, 2003: Genetic improvement of agronomic traits of winter wheat cultivars released in France from 1946 to 1992. *Crop Sci*. 43: 37-45.
- Braun, H.J., 2011: Wheat Science into the 21st Century –Challenges and Opportunities. *Czech J.Genet.Plant Breed*. 47 (Special Issue), S1-S2.
- Briggle, L.W, 1963: Heterosis in Wheat – A review. *Crop Sci*. 3: 407-41 2
- Briggle, L. W., H.D. Petersen, & R. M. Hayes, 1967: *Performance of a winter wheat hybrid, F2, F3, and parent varieties at five population levels*. *Crop Science*, 7: 485-490.
- Brocklehurst, P.A., J.P. Moss, & W. Williams, 1978: Effects of Irradiance and Water Supply on Grain Development in Wheat. *Ann. Appl. Biol*. 90: 265-276.
- Bruckner, P.L., & R.C. Frohberg, 1987: Rate and duration of grain filling spring wheat. *Crop Science*. 27: 451-455.
- Buchanan, G.A, 1996 Intensive Wheat Management in Georgia. The University of Georgia College of Agricultural & Environmental Sciences Cooperative Extension Service, Bulletin 1135/June, p. 44.
- Buckler, E.S., J.B. Holland, P.J. Bradbury, C.B. Acharya, P.J. Brown, C. Browne, E. Ersoz, S. Flint-Garcia, A. Garcia, & J.C. Glaubitz, 2009: The genetic architecture of maize flowering time. *Sciences* 325: 714-718
- Ceccarelli, S., S. Grando, & J. Hamblim, 1992: Relationship between barley grain yield measured in low and high yielding environment. *Euphytica*. 64: 49-58.
- Chennafi H., A. Aidaoui, H. Bouzerzour & A. Saci, 2006: Yield response of durum wheat cultivar Waha to deficit irrigation under semi-arid growth conditions. *Asian J. Plant Sci*. 5: 854-860
- Cheung, Y.N.S., M.T. Tyree, & J. Dainty, 1976: Water relation parameters in single leaves obtained in a pressure bomb and some ecological interpretations. *Can. J. Bot*. 53:1342–1346.
- Chhabra, A.K., & S.K. Sethi, 1989: Contribution and association of awns and flag-leaf with yield and its composants in durum wheat. *Cereal Res. Commun*. 17: 265-271.
- Chmielewski, F., & W. Kohn, 2000: Impact of weather on yield components of winter rye over 30 years. *Agric. Forest Meterolo*. 102: 253- 261.
- Chowdhry, M.A., M. Iqbal, G.M. Subhani, & I. Khaliq, 2001: Heterosis, inbreeding depression and line performance in crosses of *Triticum aestivum*. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 4: 56-58.
- Chowdhry, M.S., N. Parveeni, I. Khaliq, & M. Kashif, 2005: Estimation of Heterosis for Yield and Yield Components in Bread Wheat. *J. Agr. & Soc. Sci*. 4: 304-308.
- Cooper, M., S. Rajatasereekul, S. Immark, S. Fukai & J. Basnayake, 1999: Rainfed lowland rice breeding strategies for Northeast Thailand I. Genotypic variation and genotype × environment grain yield. *Field Crops Res*. 64 : 131-151.
- Couvreur, F., 1981: La culture du blé se raisonne. *Perspectives agricoles*. 91: 28-32.
- Cox T.S., & K.J. Frey, 1984: Combining ability and selection of parents for interspecific ... *Crop sci*. 24: 963-967.
- Cox TS, Murphy JP, 1990. The effect of parental divergence on F2 heterosis in winter wheat crosses. *Theor. Appl. Genet*. 79 : 241-250.
- Daaloul, A., Harrabi, M., Amara, H. and Gougjil, S. 1998. Evaluation de la collection nationale de blé dur. *Revue de l'Institut national Agronomique de Tunisie*, numéro spécial 0330-8065: 337-358.

- Dahlgren, R., H.T. Clifford, & P.F. Yeo, 1985: The families of the monocotyledons. Structure, evolution and taxonomy. *Volume 7, Issue 3, P: 254.*
- Das, N.R., & N.N. Mukherjee, 1991: Grain yield contribution by leaf and awn in dwarf wheat (*Triticum aestivum* L.) after rice (*Oryza sativa* L.). *Environment and Ecology*, 9: 33-36.
- Davidson, D.J., & P.M. Chevalier, 1990: Anthesis tiller mortality in spring wheat. *Crop Sci.*, 30: 832-836.
- Deshmukh, S.N.N., M.S. Basu, & P.S. Reddy, 1986: Genetic variability, character association and path coefficient analysis of quantitative traits in Virginia bunch varieties of groundnut. *Indian J. Agri. Sci.*, 56: 516-521.
- Devra, I., D. Javies, & T. Hodgkin, 1999: Wild relatives and crop cultivars: detecting natural introgression and farmer selection of new genetic combinations in agroecosystems. *Molecular Ecology* 8: 159–173.
- Dobrovolskaya, O.B., T.A. Pshenichnikova, V.S. Arbutova, U. Lohwasser, M.S. Roder, & A. Börner, 2007: Molecular mapping of genes determining hairy leaf character in common wheat with respect to other species of the Triticeae. *Euphytica*, 155: 285-293.
- Dvoracek, V., L. Dotlacil, J. Hermuth, A. Prohaskova, & Z. Stehno, 2011: The Utilization of Wheat Genetic Resources in Breeding for Bread- making Quality. *Czech J. Plant Breed.*, 47, *Special Issue*, S71-S76.
- Edmeades, G.O., J. Bolanos, H.R. Lafitte, S. Rajaram, W.H. Pfeiffer, & R.A. Fischer, 1989: traditional approaches to breeding for drought resistance in cereals. In Baker, FWG (ed) Drought resistance in cereals. ICSU Press C.A.B. International: pp 27-52.
- Ehdaie, B., 1995: Variation in water-use efficiency and its components in wheat. II. Pot and field experiments. *Crop Science* 35: 1617–1626.
- Eid MH, 2009. Estimation of heritability and genetic advance of yield traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) under drought condition. *International Journal of Genetics and Molecular Biology* Vol. 1 (7) pp. 115-120, O
- El-Morshidy, M.A., K.A. Kheiralla, M.A. Ali and A.A.S. Ahmed, 2010. Efficiency of pedigree selection for earliness and grain yield in two wheat populations under water stress conditions. *Assiut J. Agric. Sci.*, 37: 77-94.
- El Shazly, M.S., M.A. El Ashry, A.S. El Sebae, & M. Nachit , 2000: Performance of s elected durum wheat genotypes under different environmental conditions in eastern Egypt. In Royo C. (ed.) , Nachit, M. (ed.) , N. Di Fonzo, (ed.) , Araus, J.L. (ed.) . Durum wheat improvement in the Mediterranean region: New challenges Zaragoza : CIHEAM Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; 40: 595-600
- Emir, E. EytukTonk, F., & M. Tosun, 2010: Heterosis for Yield and its Components in Bread Wheat Crosses among Powdery Mildew Resistant and Susceptible Genotypes. *Pak. J. Bot.*, 42 (1): 513-522.
- Erkul, A. Ünay, A., & C. Konak, 2010: Inheritance of Yield and Yield Components in Bread Wheat (*Triticum aestivum*L.) Cros. *Turkish Journal of Field Crops*, 15 (2): 137-140.
- Erroux, J., 1974: Introduction au catalogue des blés durs cultivés en Algérie. *Bull. Soc. Histoire Naturelle Afrique du Nord*, 5: 5-95.
- Evans, L.T., & H.M. Rawson, 1970: Photosynthesis and respiration by the flag leaf and components of the ear during grain distribution within wheat ears. *Annals of Applied Biology*, 70: 67-76.
- Evans, L.T., J. Bingham, P. Jackson, & J. Sutherland, 1972: Effect of awns and drought on the supply of photosynthate and its distribution within wheat ears. *Ann. Appl. Biol.* 70: 67-76.
- Fahid, I., K. Ihsan, & T.S. Muhammad, 2015: Estimation of Heritability for Some Yield Contributing Traits in F2 Populations of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L). *J. Agric. Res.*, 53 (2): 85-91
- Falconer, D.S., & T.F.C. Mackay, 1996: *Introduction to Quantitative Genetics*, 4^{Ed}. Longmans Green, Harlow, Essex, UK.

- FAO, 2009: Draft second report on the state of the world's plant genetic resources for food and agriculture. Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture. CGRFA-12/09/Inf.7 Rev.1, FAO, Rome.
- Farooq, J., I. Khaliq, M. Akbar, M. Kashif, & S. Mahpara, 2013: Hybrid vigor studies for different yield contributing traits in wheat under normal and heat stress conditions. *Comunicata Scientiae* 4(2): 139-152.
- Febrero, A., J. Brot, R.H. Brown, & J.L. Araus, 1990: The role of durum wheat ear as photosynthetic organ during grain filling. *In: advanced trends in photosynthetic*, Mallorca, Spain.
- Fethi, B. A., & E.G. Mohamed, 2010: Epistasis and genotype-by environment interaction of grain yield related traits in durum wheat. *Plant Breeding and Crop Sci.* 2(2): 024-029.
- Fida, M.M., H. Daniel, K. Shahzad, & H. Khan, 2001: Heritability estimates for yield and its components in wheat. *Sarhad J. Agric.*, 17: 227-234.
- Fida, M., A. Ijaz, U. Nakib, M. Kurrum, N. Aysha, S. Salima, & A. Khalid, 2011: Comparative Study of Morphological Traits in Wheat and Triticale. *Pak. J. Bot.*, 43(1): 165-170
- Firouzian, A., A.S. Khan, & Z. Ali, 2003: Genetic variability and inheritance of grain yield and its components in wheat. *Pak. J. Agric. Sci.* 40(3-4): 176-179.
- Fischer, R.A., & R. Maurer, 1978: Drought resistance in spring resistance wheat cultivar. I. Grain yield, development in wheat. *Australian Journal of Agricultural Research*, 23: 245-254.
- Fischer, R.A., 1979: Growth and Water Limitation to Dry land Wheat Yield in Australia: a Physiological Framework. *Journal of the Australian Institute of Agricultural Science*, 45: 83-94.
- Fischer, R.A., & Y.M. Stockman, 1986: Increased Kernel Number in Norin 10 Derived Dwarf Wheat: Evaluation of the Cause. *Aust. J. Plant Physiol.*, 13: 767-784.
- Fokar, M., H.T. Nguyen, & A. Blum, 1998: Heat tolerance in spring wheat grain filling. *Eupytica*, 104: 9-15.
- Fonesco, S., & F.L. Patterson, 1968: Yield component heritabilities and interrelationships in winter wheat. *Crop. Sci.*, 8: 614-617.
- Foutz A.L., Dobrenz A.K., Massengale M.A. (1974): Effect of leaf area reduction on the water requirement of barley. *J. Ariz. Acad. Sci.*, 9: 51-54.
- Fowler, D.B., 2002: Winter Wheat, Chapter 5 Growth Stages of Wheat. *Crop Sciences*, 5: 56-89.
- Freeman, G.F., 1919: Heredity of quantitative characters in wheat. *Genetics*, 4: 1-93.
- Frey, J.E., B. Frey, C. Sauer, & M. Kellerhals, 2004: Efficient low cost DNA extraction and multiplex fluorescent PCR method for marker assisted selection in breeding. *Plant Breed.* 123: 554-557.
- Frontier S., 1976. Etude de la décroissance des valeurs propres dans une analyse en composantes principales : comparaison avec le model du baton brisé. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 25 : 67-75.
- Frova, C., P. Krajewski, N. Fonzo, & M. Villa, 1999: Genetic analysis of drought tolerance in maize by molecular markers yields components. *Theory Appl. Genet.*, 99: 280-288.
- Garcia del Morel, L.F., J.M. Ramos, M.B. Gracia del Morel, & D. Jimenez-Tejada, 1991: Ontogenic approach to gain production in spring barley based on path-coefficient analysis. *Crop Sci.* 31: 1179-1185.
- García del Moral, Y. Rharrabti, D. Villegas, C. Royo, 2003 Evaluation of grain yield and its components in durum wheat under Mediterranean conditions: an ontogenic approach. *Agron. J.*, 95 (2003), pp. 266-274
- Garcia-Martinez, S., L. Andreani, M. Garcia-Gusano, F. Geuna and J.J. Ruiz. 2005. Evolution of amplified length polymorphism and simple sequence repeats for tomato germplasm fingerprinting: utility for grouping closely related traditional cultivars. *Genome*, 49: 648-656.
- Gate, P., A. Bouthier, H. Casablanca, & E. Deleens, 1992: Caractères physiologiques décrivant la tolérance à la sécheresse des blés cultivés en France. Interprétation des corrélations entre le rendement et la composition isotopique du carbone des grains. *In* : Tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétale. Montpellier (France) INRA. *Les colloques n°64*.

- Gebbing, T., & H. Schnyder, 2001: C¹³ Labeling kinetics of sucrose in glumes indicates significant refixation of respiratory CO₂ in the wheat ear. *Aust. J. Plant Physiol.*, 28: 1047-1053.
- Gill, K.S., & G.S. Brar, 1977: Variability and correlation coefficients for grain quality and other economic traits in durum wheat. *Journal of Research. Punjab Agriculture University*, 14(4): 391-394.
- Giunta, F., R. Motzo, & Deidda, M. 1993: Effect of drought on yield and yield components of durum wheat and triticale in a Mediterranean environment. *Field Crops Res.*, 33: 399-409.
- Goncharov, N.P., 1997: Comparative genetic study of tetraploid forms of common wheat without D genome. *Russian J. Genetic.*, 33: 549-552.
- Gooding, M.J., R.H. Ellist, P.R. Shewry, & J.D. Schofield, 2003: Effects of restricted Water availability and increased temperature on the grain filling, drying and quality of Winter wheat. *Journal of Cereal Science*, 37: 295-309.
- Grandcourt, M., & S. Prats, 1971: Les céréales. Collection d'enseignement agricole. J .B. Bailliére et fils 351p.
- Grignac, P.H., 1981: Le blé dur", Monographie succincte. *Annales de l'INA*, Vol. II, pp. 83-97.
- Grundbacher, F.J., 1963: The physiological function of the cereal awn. *Botanical Review*, 29: 366-381.
- Gupta, P.K., R.K. Varshney, P.C. Sharma, & B. Ramesh, 1999: Molecular markers and their applications in wheat breeding. *Plant Breed.* 118: 369–390.
- Hachemi, L., 1979: Le blé dur en Algérie. The cereal workshop on the Gap between present farm yield and potential. pp. 19-25.
- Hadjichristodoulou, A., 1985: The stability of the number of tiller of barley varieties and its relation with consistency of performance under semi- arid conditions. *Euphytica*, 34: 641-649.
- Hamada, Y., 2002: Evaluation de la variabilité génétique et utilisation des espèces tétraploides du genre *Triticum* en amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). Thèse Magistère, I.S.N Université Mentouri .Constantine. Algérie.
- Hamadache, A., 1989: Effet de la compétition des graminées adventices durant les différentes phases de la vie du blé dur sur les composantes du rendement en zone subhumide. *Rev. Céréaliculture*, ITGC, 2: 1-7.
- Hameed M. Mansour U, Ashraf M, Rao A-U-R, 2002. Variation in leaf anatomy in wheat germplasm from varying drought-hit habitats. *Int. J. Agr. Biol* 4 : 12-16.
- Hamid, Z.A., & J.E. Grafius, 1978: Development Allometry and its implication to grain yield in barley. *Crop sci.*, 18: 83-86.
- Hanifi-Mekliche, L., D. Boukecha, & R. Mekliche, 2008: Analyses agronomique et génétique de quelques variétés de blé dur et de leurs hybrides F1 en conditions pluviales. *Sciences & Technologie C – 27*: 9-14.
- Hariram, D., & K.N. Dwivedi, 1994: Delineation of sulphur deficient soil groups in the central alluvial tract of Uttar Pradesh. *J. Indian Soc. Soil Sci.*, 42: 284-286.
- Haroun, S.A., 2002: Fenugreek grown and metabolism in response to gibberellic acid and sea water. *Assuit Univ., J. Bot.*, 31: 11-12.
- Hsiao, T.C., O'Toole, J.C. Yambao, E.B. & N.C. Turner, 1984: Influence of osmotic adjustment on leaf rolling and tissue death in rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Physiol.*, 75: 338-41.
- Hucl, P., & R.J. Baker, 1989: Tillering patterns of spring wheat genotypes in semi- arid environment. *Can J. Plant Sci.*, 69: 71-79.
- Hussain, T., M.A. Tariq, Z. Akram, J. Iqbal Attiqur- Rehman, & Ghulam, R. 2014: Estimation of Some Genetic Parameters and Inter-Relationship of Grain Yield and Yield Related Attributes in Certain Exotic Lines of Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, Vol.4, N° 2.
- Islam, T.M.T., & R.H. Sedgely, 1981: Evidence for Uricum Effect in Spring Wheat (*Triticum aestivum* L.) in a Mediterranean climate. *Euphytica*, 3: 277-282.

- Jamieson, P.D., & C.G. Cloughley, 2000: Impacts of Climate Change on Wheat Production. pp. 57-64.
- Jenkins J.N. . 1989. State of the art in host plant resistance in cotton. In Green MB, DcB. Lyon DJ(eds) Pest management in cotton . Ellis Harward Ltd. Chichester, England, pp 54-69.
- Johansson, E., & G. Svensson, 1999: Influence of yearly weather variation and fertilizer rate on bread making quality in Swedish grown wheat containing HMW glutenins subunits 2+12 or 5+10 cultivated during the period 1990-96. *Journal of Agriculture Science*, Cambridge, 132: 13-22.
- Johansson, E., R. Kuktate, A. Andersson, & M.L. Prietoland, 2005: Protection polymer build up during grain development, influences of temperature and nitrogen timing. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 85: 473-479.
- Jon, T., et al., (2006): Leaf Pubescence Affect Distribution and abundance of Generalist slug Caterpillars (Lepidoptera :Limacodida). *Environmental Entomology*, pp: 197-806.
- Kalhor, F.A., A.A. Rajpar, S.A. Kalhor, A. Mahar, A. Ali, S.A. Otho, R.N. Soomro, F. Ali, & Z.A. Baloch, 2015: Heterosis and Combing Ability in F1 Population of Hexaploid Wheat (*Triticum aestivum* L.). *American Journal of Plant Sciences*, 6: 1011-1026
- Kara, Y., & C.D. Bellkhiri, 2011: Etudes des caractères d'adaptation au déficit hydrique de quelques variétés de blé dur et d'espèces sauvages apparentées : intérêt potentiel de ces variétés pour l'amélioration de la production. *Courrier du Savoir*– 11: 119-126.
- Kashif, M., & I. Khaliq, 2004: Heritability, correlation and path coefficient analysis for some metric traits in wheat. *Int. J. Agric. Biol.*, 6: 138-142.
- Khan, H., Rahman, H. Ahmed, H. & Ali, H. 2008: Magnitude of heterosis and heritability in sunflower over environments. *Pak. J. Bot.*, 1: 301-308.
- Khan, A.S., Ashfaq, M. & M.A. Asad, 2003: A correlation and path coefficient analysis for some yield components in bread wheat. *Asian J. Plant Sci.*, 2: 582-584.
- Khan, N., & F.N. Naqvi, 2011: Heritability of Morphological Traits in Bread Wheat Advanced Lines Under Irrigated and Non-Irrigated Conditions. *Asian Journal of Agricultural Sciences* 3(3): 215-222
- Khaliq, I., I. R. Noorka and R. Kahliq.2009. Estimation of heritability and genetic advance for some quantitative characters in spring wheat. *Int. J. Agric. Sci.*, 1(2): 76-78.
- Kosner, J., & K. Pankova, 2002: Vernalization Response of Some Winter Wheat Cultivars (*Triticum aestivum* L). *Czech J. Genet. Plant Breed.*, 38(3-4): 97-103.
- Kriedemann, P., 1966: The photosynthetic activity of the wheat ear. *Ann. Bot.* 30: 349-363.
- Kumar, A., V.K. Mishra, R.P. Vyas, & V. Singh, 2011: Heterosis and combining ability analysis in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *J P Breed Crop Sci*; 3(10): 209-17.
- Laala, Z., A. Oulmi, T. Saraoui, L. Haddad, H. Nouar, A. Benmahammed, & H. Bouzerzour, 2009: Effet de la sélection de la biomasse et des épis sur le rendement du blé dur (*Triticum durum* Desf) sous conditions semi-arides. *Annales de la faculté des sciences et sciences de l'Ingénieur* Vol. 1 N° 4.
- Lafitte, R., & B. Courtois, 1999: Genetic Variation in Performance under Reproductive Stage Water Deficit in a Doubled Haploid Rice Population in Upland Fields, pp. 97-102.
- Lang, L. Z. Bedo, and K. Sato, 2004. Genetic variation in componenet traits of heading date in *Hordeum vulgare* Subsp. Spontaneum accessions characterized in controled environments. *Crop Sci.* 44 : 1622-1632
- Langridge, P., E.S. Lagudah, T.A Holton, R. Appels, P.J. Sharp, & K.J. Chalmers, 2001: Trends in genetic and genome analyses in wheat: a review. *Aust. J. Agric. Res.* 52: 1043-1077.
- Le Gouis, J., M. Brancourt-Humel, & A. Gallais, 2004: Variation génétique et possibilités de sélection pour la valorisation de l'azote chez le blé et le maïs. *Le Sélectionneur Français*, (54): 37-44
- Lee, J.A., 1985: Revision of the genetics of the hairiness smoothness system of *Gossypium*. *J. Hered.* 76: 123-126.

- Lee, R.D., B. Padgett, R. Hudson, & G. MacDonald, 1996: Intensive Wheat Management in Georgia, 1135: 77-89.
- Legendre, L. and P. Legendre. 198. Numerical ecology. Development environmental modelling, 3. Elsevier, Amsterdam, 419 p.
- Leisle, D., 1974: Genetics of leaf pubescence in durum wheat. *Crop Sci.*, 14:172-174.
- Li, S., B. Guo, L. Liu, & C. Pang, 1997: Evaluation of abiotic stress resistance in Hebei winter wheat genetic resources. *Wheat Information service*, 85: 1-6.
- Li, X.J., H.G. Wang, H.B. Li, L.Y. Zhang, N.J. Teng, Q.Q. Lin, J. Wang, T.Y. Kuang, Z.S. Li, Li B., A.M. Zhang, & J.X. Lin, 2006: Awns play a dominant role in carbohydrate production during the grain-filling stages in wheat (*Triticum aestivum*). *Physiologia Plantarum*, 127: 701-709.
- Lin, C.S., M.R. Binns, & L.P. Lefkowitz, 1986: Stability analysis : when we do stand, *Crop. Sci.*: 894-900.
- Likhenko IE (2007) On relation between leaf pubescence of spring bread wheat and economically and biologically valuable traits in western Siberia. *Rasteniievodstvo i Selektzia* 6:25–31
- Lu, G.Y., G.S. Yang, & T.D. Fu, 2004: Molecular mapping of a dominant genetic male sterility gene Ms in rape seed *Brassica napus*, *Plant Breed.* 123: 262-265.
- Mackey, S., 1976: *In* Heterotic Performance of Quality Characteristics of Bread Wheat Cultivars Morojele, M.E. & M.T. Labuschagen, 2013: *African Crop Science Journal*, Vol. 21. 4: 283-289.
- Mackey, I., 1976: Genetics and evolutionary principles of heterosis. *Proc 8th Congr. Eucarpia. Elsevier*, (Eds.): A. Janossy and F.G.H. Lupton. p. 17-33. *In* Emir E. Eytuk, Tonk F. & Tosun M., 2010: Heterosis for Yield and its Components in Bread Wheat Crosses Among Powdery Mildew Resistant and Susceptible Genotypes. *Pak. J. Bot.*, 42(1): 513-522.
- MacKey, J., 1993: Demonstration of genetic gain from Swedish cereal breeding. *Sveriges Utse desforrening Tidskrift*, 103: 33-43.
- Mahmood, Q.W.D., A.S. Lei, M.R. Qureshi, Y. Khan, G. Hayat, I.H. Jilani, M.A. Shamsi Tajammal, & M.D. Khan, 2006: Heterosis, correlation and path analysis of morphological and biochemical characters in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agricultural Sciences*. 1(3): 180-185.
- Martin, J. H., W.H. Leonard, & D.L. Stamp, 1976: Principles of Crop Production. 3rd Ed., Macmillan Publishing Co., New York, USA. *In*: Khan, I.A., Gul, H.I. & Khattak, I.A. (2007): Effect of Wild Oats (*Avenafatua*) Densities and Proportions on Yield and Yield Components of Wheat. *Journal of Agricultural and Biological Science*, 2, 1: 26-31.
- Martinez, D.E., V.M. Luquez, C.G. Bartoli, & J.J. Guiamét, 2003: Persistence of photosynthetic components and photochemical efficiency in ears of water stressed wheat (*Triticum aestivum*). *Physiol. Plant.* 119: 1-7.
- Martinez, J.P., H. Silva, J.F. Ledent, & M. Pinto, 2007: Effect of drought stress on the osmotic adjustment, cell wall elasticity and cell volume of six cultivars of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *European journal of agronomy*. Jan., Vol. 26: 30-38.
- Masood, J., G. Hassan, D. Khalil, & I. Raziuddin, 2005: Estimation of heterosis and heterobeltiosis for morphological characters in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Pakistan Journal of Biological Sciences* 8(9): 1261-1264.
- Maxwell, F.G., N.J. Johnie, & W.L. Parrott, 1972: Resistance of plant to insects. *Advances in Agronomy*, 18: 107-160.
- Maydup ML, Anotnietta M, Guiamet JJ, Graciano C, López JR, Tambussi EA. 2010. The contribution of ear photosynthesis to grain filling in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Field Crops Research* 119, 48–58.
- Mcdonald, W.T., & H.G. Gauch, 1959: The contribution of the awns to the development of the kernels of bearded wheat. *Maryland Agricultural Experiment Station Bulletin*, 103: 1-16.

- Meagher, R.L., C.W. Smith, & W.J. Smith, 1997: Preference of *Gossypium* genotypes to *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). *J. Economic Entomol.* 90(4): 1046-1052.
- Mekhlouf, A., & H. Bouzerzour, 2000: Déterminisme génétique et association entre le rendement et quelques caractères à variation continue chez le blé dur (*Triticum durum*, Desh). *Recherche Agronomique*, 7: 37-49.
- Mekhlouf, A., H. Bouzerzour, A. Benmahammed, & Hadj A. Sahraoui, 2006: Adaptation des variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) au climat semi-aride. *Sécheresse* 17: 507-513.
- Mi, G., L. Tang, F. Zhang, & J. Zhang, 2000: Is nitrogen uptake after anthesis in wheat regulated by sink size. *Field Crops Res.* 68: 183-190.
- Morgan, J.M., R.A. Hare, & R.J. Fletcher, 1986: Variation in osmoregulation in bread and durum wheats and its relationship to grain yields in a range of field environments. *Aust. J. Agric. Res.*, 37: 449-57.
- Morgan, C.L., R.B. Austin, M.A. Ford, J. Bingham, W.J. Angus, & S. Showdhary, 1989: An evaluation of F1 hybrid winter-wheat genotypes produced using a chemical hybridizing agent. *Journal of Agricultural Sciences*, 1212: 143-149.
- Morgante, M. & A.M. Olivieri, 1993: PCR-amplified microsatellites as markers in plant genetics. *Plant J.* 3(1): 175-182.
- Muhr, G.R., N.P. Datta, H. Sankarasubramoney, F. Dever, V.K. Laley, & Donahue, R.L. 1965: Critical test values for available N, P and K in different soils and Soil Testing in India. 2^{ed} n. U.S. Agency for International Development, New Delhi: 120.
- Nachit, M., 1986: Durum wheat improvement. In VARMA Ed., Cereal Improvement Program. ICARDA PUBL.112EN, Aleppo, pp, 78-101.
- Nachit, M.M., H. Ketata, H.G. Gauch, & Zobel, R.N. 1992: Use of AMMI and linear regression models to analyze genotype-environment interaction in durum wheat. *Theoretical and Applied Genetics*, 83(5): 597-601.
- Najimi, B., S. El Jaafari, M. Jlibène, & J.M. Jacquemin, 2003: Applications des marqueurs moléculaires dans l'amélioration du blé tendre pour la résistance aux maladies et aux insectes. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 7 (1) : 17-35.
- Navin, K., M. Shailesh, & K. Vijay 2014: Studies on heritability and genetic advance estimates in timely sown bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Bioscience Discovery*, 5(1): 64-69.
- Nawabi, N.N., A. Wabi, I.A. Khan, A.A. Khan, & M. Amjad, 2011: Characterization and Inheritance of Cotton Leaf Bubsence. *Pak. J. Bot.*, 43(1): 649-658.
- Negassa M. (1985): Geographic distribution and genotypic diversity of resistance to powdery mildew of barley in Ethiopia. *Hereditas*, 102: 113 ¶12
- Nemmar, M., 1980: Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.): Étude de l'accumulation de la proline sous l'effet du stress hydrique .Thèse D.A.A. ENSA. Montpellier. 65p.
- Nelson, J.E., K.D. Kephart, A. Bauer, and J.E. Connor. 1988. Growth staging of wheat, barley, and wild oat. Montana State Univ. Coop. Exten. Service, Bozeman, and Univ. Idaho Coop Exten. Service, Moscow.
- Nelson, J.E., K.D. Kephart, A. Bauer, & J.F. Connor, 2000: Growth staging of wheat, barely and wild oat, The Publications of Montana State University. Misc, Bulletin 4387, University of Idaho Misc., 118, p. 75.
- Noorka, I.R., & I. Khaliq, 2007: An efficient technique for screening wheat (*Triticum aestivum* L.) Germplasm for drought tolerance. *Pak. J. Bot.*, 39(5): 1539-1546.
- Noorka, I.R., S. Rehman, J.R. Haidry, I. Khaliq, S. Tabassam, & M. Din, 2009: Effect of water stress on physico-chemical properties of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Pak. J. Bot.*, 41(6): 2917-2924.
- Ollivier, L., 1971: L'Héritabilité et sa mesure. *Bull, et Mém. de la Soc. d'Anthrop. de Paris*, T. 7, série XII, pp. 159-167.

- Ortiz-Monasterio, J.I., S.S. Dhillon, & R.A. Fischer, 1994: Date of sowing effects on grain-yield and yield components of irrigated spring wheat cultivars and relationships with radiation and temperature in Ludhiana, India. *Field Crop. Res.* 37: 169-184.
- Oury, F.X., P. Berard, P. Brabant, G. Doussinault, P. Pluchard, & M. Rousset, 2009: Hétérosis et variétés hybrides chez les céréales autogames : l'exemple du blé tendre. *Le Sélectionneur Français*, 60: 57-72.
- Özgen, M., 1989: Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.) Hybrid Power. *Turk. J. Agric. For.*, 13(3b): 1190-1201.
- Panin, V.M., 1986: Linkage of gliadin coding loci with genes for hairness and red coloration of the glumes in winter durum wheat. *Agrotekh. ZernovskiyKul't*, 51-57.
- Pardey, P.G., 2011: A strategic Look at Global Wheat Production, Productivity and R&D. In Radchenko E.E, 2011. Resistance of *Triticum* Species to Cereal Aphids. *Czech J. Genet. Plant Breed.*, 47 (Special Issue): S67-S77.
- Picard, S., G. Branlard, F.X. Oury, P. Berard, & M. Rousset, 1992: Etude de la diversité génétique du blé tendre : ii. Application à la prédiction de l'hétérosis. *Agronomie*, 12: 683-690.
- Pramoda, H.P. and S. Gangaprasad, 2007. Biometrical basis of handling segregation population for improving productivity in onion (*Allium cepa* L.). *J. Asian Hort.*, 3: 278-280.
- Pshenichnikova, T.A., I.F. Lapochkina, & L.V. Shchukina, 2007: The inheritance of morphological and biochemical traits introgressed into common wheat (*Triticum aestivum* L.) from *Aegilops speltoides* Tausch. *Genet. Resour. Crop. Evol.*, 54: 287-293.
- Radchenko, E.E., 2011: Resistance of *Triticum* Species to Cereal Aphids. *Czech J. Genet. Plant Breed.* 47 (Special Issue): S67-S7.
- Rauf, S., M. Shahzad, J.A. Teixeira da Silva, & I.R. Noorka, 2011: Biomass partitioning in sunflower (*Helianthus annuus* L.) inbred lines and hybrids under contrasting saline regimes. *J. Crop Sci. Biotech.*, 15(3): 53-57.
- Reddy, A.R., K.V. Chaitanya, & Vivekananda, M. 2004: Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Plant Physiol. J.*, 161: 1189-1202.
- Reynolds, M.P., M. Belota, M.I.B. Delgado, I. Amani, & R.A. Fischer, 1994: Physiological and morphological traits associated with spring wheat yield under hot, irrigated conditions. *Australian Journal of Plant Physiology* 21: 717-730.
- Rharrabti, Y., L.F. Carcia Del Moral, D. Villegas, & C. Royo, 2003: Durum wheat quality in Mediterranean environments. III. Stability and comparative methods in analyzing G × E interaction. *Field Crops Res.*, 80: 141-146.
- Richards, P.K. 1996. The tropical rain forest, 2nd edn. Cambridge. UK : Cambridge University Press.
- Ringlund, K., & E.H. Everson, 1968: Leaf pubescence in common wheat and resistance to cereal beetle. *Crop Sci.*, 8: 705-710.
- Robinson, H.F., 1966: Quantitative genetics in relation to breeding of the centennial of mendalism. *Indian J. Genet.*, 26: 171-187.
- Robertson, L.D., & J.A. Labate, 2007: Genetic resources of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) and wild relatives. In: Razdan MK, Matoo AK (eds) Genetic improvement of solanaceous crops, Vol. 2: Tomato, Science Publishers, New Hampshire, USA.
- Rudnoy, S., Z. Bratek, E. Paldi, I. Racz, & D. Laszity, 2002: FLC-like Factors in Wheat (cv.Mv15) and *Conyasp*. *Acta Biologica Szegediensis*, 46, 4: 45-46.
- Sabaghnia, N. 2014: Study of grain yield and several morphological traits diversity in some durum wheat genotypes. *Annales universitatis Mariae Curie Sklodowska Lublin – Polonia*, Vol. LXIX (3): 11-19
- Salmi, M et H.L. Haddad, 2015: Variabilité phénotypique et sélection des caractères agronomiques du blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous conditions semi-arides. *European Scientific Journal*, No. 21

- Sanchita, S., M. Rezwanmolla, D. Chandra, & L. Rahman, 2008: Assessment of genetic variation and relationships with the varieties of four *Brassica* species by RADP markers. *Australian Journal of Crop Science*, 2(3): 105-114.
- Santoni, S., P. Faivre-Rampant, E. Prado, & D. Prat, 2000: Marqueurs moléculaires pour l'analyse des ressources génétiques et l'amélioration des plantes. *Cah. Agric.* 9 (4): 3311-3327.
- Sapegin, A.A., & D.I. Baransky, 1922: Hybridological analysis of correlated wheat traits. II. *Proc. Odessa Agric. Plant Breeding Station* 7: 19-26.
- Saraoui, T., 2011: Etude de la variabilité morphologique de populations de F2 de blé dur (*Triticum durum* Desf.) : utilisation d'un indice de sélection. Thèse de magistère, université de Batna. 80p.
- Sardana S, Mahajan RK, Gautam NK, Ram B. 2007. Genetic variability in pea (*Pisum sativum* L.) germplasm for utilization. *SABRAO journal of breeding and genetics*, 39(1): 31-42.
- Sarvestani, Z.T., C.F. Jenner, & G. MacDonald, 2003: Dry Matter and Nitrogen Remobilization of Two Wheat Genotypes Under Post Anthesis Water Stress Conditions. *J. Agric. Sci. Technol.*, 5: 21-29.
- Savin, R., 2007: Abiotic Stress And Quality in winter cereals. In Workshop International Plant Ecophysiology Applied to the Study of Determination of yield and quality of grain crops. Red Rice, Mar del Plata, 6 to 7 September.
- Schillinger, J.A., & R.L. Gallun, 1968: Leaf pubescence of wheat as a deterrent to the cereal leaf beetle, *Oulema melanopus* Z. *Ann. Entomol. Am. Soc.*, 61: 900-903.
- Sgro, C., & A.Hoffmann, 2004: Genetic correlations, tradeoffs and environmental variation. *Heredity*, 93: 241-248.
- Sharif, A., A. Bakhsh, M. Arshad, A.M. Haqqani, & S. Najma, 2001: Identification of genetically superior hybrids in chick pea (*Cicer arietinum*). *Pakistan J. Bot.*, 33: 403-409.
- Sharif AE, El-Kalla SE, Gado HE, Abo-Yousef HAE (2009) Heterosis in yellow maize. *Aust J Crop Sci* 3: 146- 154
- Sharma and Sharma, 2007. Estimates of Variation and Heritability of some quantitative and quality characters in durum wheat (*Triticum durum*) . *Acta Agron. Hungaria*, 55 :261-264.
- Shulydin, A.F., 1977: Intraspecific hybridization of triticale: breeding and seed production, 2: 14-15.
- Shukla, S., A. Bhargava, A. Chatterjee, & Singh, S. 2004: Estimates of genetic parameters to determine variability for foliage yield and its different quantitative and qualitative traits in vegetable amaranth (*A. tricolor*). *J. Genet. Breed.*, 58: 169-176.
- Shulembaeva, K., 2012: Spring Wheat Resistance against Cereal Leaf Beetle (*Oulema melanopus* Z.) In Relation to Leaf Pubescence. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 6(3): 515-518.
- Sial, A.M., M.A. Arain, S. Khanzada, M.H. Naqvi, M.U. Dahot, & N.A. Nizamani, 2005: Yield and quality parameters of wheat genotypes affected by sowing dates and high temperature stress. *Pakistan Journal of Botany*, 37: 575-584.
- Singh, G.P., K.R. Maurya, B. Prasad, & A.K. Singh, 1994: Genetic variability in *Capsicum annuum* L. *J. appl. Biol.*, 4: 19-22.
- Singh, H., S.N. Sharma, & R.S. Sain, 2004: Heterosis studies for yield and its components in bread wheat over environments. *Hereditas*, 141: 106-114.
- Singh, R.K., & B.D. Chaudhary, 1985: Biometrical methods in Quantitative Genetic analysis. Kalyani Publishers, New Delhi, India, pp. 253-260.
- Singh, G.P., & H. Chaudhary, 2006: Selection parameters and yield enhancement of wheat (*Triticum aestivum* L.) under different moisture stress condition. *Asian J. Plant Sci.*, 5: 894-898.
- Simane. B., P.S. Struik. M. Nachit. & J.M. Peacock. 1993: Ontogenic analysis of yield components and yield stability of durum wheat in water- limited environments. *Euphytica* 71: 211-219.

- Skovmand, B., & M.P. Reynolds, 2000: Increasing yield potential for marginal areas by exploring genetic resources collections. The Eleventh Regional Wheat Workshop for Eastern, Central and Southern Africa. Addis Ababa, *Ethiopia*, 18(22): 67-77.
- Slafer, G.A., J.L. Araus, C. Royo, & LG. Del Moral, 2005: Promising ecophysiological traits for genetic improvement of cereal yields in Mediterranean environments. *J. Applied Biology*, 146: 61-79.
- Sleper, D.A., & J.M. Poehlman, 2006: *Breeding Field Crops*. 5th ed. Iowa State University Pres. USA
- Smith, R., & B. Benson, 2003: Using Cereal Crops in Your Forage Program. *Crop and Soil Environment News*, p. 65.
- Songsri, P., S. Jogloy, T. Kesmala, N. Vorasoot, C.P.A. Akkasaeng, & C. Holbrook, 2008: Heritability of drought resistance traits and correlation of drought resistance and agronomic traits in peanut. *Crop Sci.*, 48: 2245-2253.
- Srivastava J.P, and A.B. Damania, 1989. Use of collection in cereal improvement in the semi arid areas. Pages88-104 in *The use of plant genetic resources*. Cambridge University Press, U.K.
- Stasna, M., J. Eitzinger, Z. Zalud, & M. Dubrovesky, 2002: A Comparison of Water Stress in Particular Wheat Growth Stages Under the Present (1XCO₂) and Modified (2xCO₂) Climate, Cesko-slovenska Bioclimatologika Konferenca, pp. 603-609.
- Steel, R. G. D. and Torrie, J. H. (1980), *Principles and Procedures of Statistics*, Second Edition, New York: McGraw-Hill.
- Stehno, Z., I. Dotlacil, I. Faberova, S. Martynov, & T. Dobrotvorskaya, 2003: Genealogical Analysis of the Genetic Diversity in Winter Wheat Cultivars Grown in the Former Czechoslovakia and the Present Czech Republic. *Czech J. Genet. Plant Breed.*, 39(4) : 99-108.
- Streyband, H.A., & B.C. Jenkins, 1961: The inheritance of glume pubescence in some durum varieties. *Can. J. Genet. Cytol.*, 3(1): 23-25.
- Tahir, M., H. Pashayani, E. Millet, & R.M.D. Koebner, 1988: Characteristics of cultivated landraces and improved varieties of wheat (*T. aestivum* L.) in high altitude areas. **In:** Proc. 7th Int. Wheat Genetic Symposium. July 13-19, 1988, Cambridge, 895-900.
- Taketa, S., C.L. Chang, M. Ishii, & K. Takeda, 2002: Chromosome arm location of the gene controlling leaf pubescence of a Chinese local wheat cultivar 'Hong-mang-mai'. *Euphytica*, 125:141-147.
- Tardieu, F., M. Reymond, & B.Muller, 2004: Dealing with the genotype x environment interaction via a modelling approach: a comparison of QTLs of maize leaf length or width with QTLs of model parameters. *J. Exp. Bot.*, 55: 2461-2472.
- Tambussi, E.A., S. Nogués, & J.L. Araus, 2005: Ear of durum wheat under water stress: water relations and photosynthetic metabolism. *Planta*, 221: 446-458.
- Tamoor H, Muammad A. T, Zahid A, Javed I, Attiq-u. R, and Ghulam R. 2014. Estimation of Some Genetic Parameters and Inter-Relationship of Grain Yield and Yield Related Attributes in Certain Exotic Lines of Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, Vol.4, No.2. : 48-53.
- Teich, A.H., 1982: Interaction of awns and environment on grain yield in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Cereal.Res. Commun.* 10: 11-15.
- Thuillet, A.C., D. Bru, J. David, P. Roumet, S. Santoni, P. Sourdille, & T.Bataillon, 2004: Direct estimation of mutation rate for 10 microsatellite loci in durum wheat, *Triticum turgidum* and *T.durum* desf. *Mol. Biol. & Evol.* 19: 122-125
- Tisdale, S., W. Nelson, J. Beaten, & J. Havlin, 1993: *Soil Fertility and Fertilizers*. Fifth Ed, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Trinchant JC, Boscari A, Spennato G, Van de Sype G, Le Rudulier D. 2004. Proline betaine accumulation and metabolism in alfalfa plants under sodium chloride stress. Exploring its compartmentalization in nodules. *Plant Physiology* 135: 1583–1594.

- Tsunewaki K., 1980. Genetic diversity of the cytoplasm in Triticum and Aegilops. Japan Soc. Promotion of Science, Tokyo, Japan, pp. 290.
- Tsvetkov St, M., 2008: Winter triticale AD-17-B ($2n=6x=42$) – a main donor of genes for short stem, long spikes, high protein content in grain and progressing meiosis status of PMC. *Bulg. J. Agric. Sci.*, 14: 390-396.
- Turner, N.C. and Jones, M.M. 1980. Turner maintenance by osmotic adjustment ; a review and evaluation In Turner N. and Kramer PJ (ed) Adaptation of plants to water and high temperature stress. Wiley, New-York, USA, pp 87-107.
- Ueda, A., Y. Yamamoto Yamane, & T. Takabe, 2007: Salt stress enhances proline utilization in the apical region of barley roots. *Biochem. Biophys. Res. Comm.*, 355: 61-66.
- Vaden Bosch, R., 1972: The cost of poisons. *Environment*. 14(7): 18-22.
- Vavilov, N.I., 1992: Origin and Geography of Cultivated Plants. Cambridge University Press, Cambridge.
- Vavilov, N.I., 1926: Studies on the origin of cultivated plants. *In* Dvorak J Luo M-ChAkhunov E.D, 2001: Vavilov's N.I. Theory of Centers of Diversity in the Light of Current Understanding of Wheat Diversity, Domestication and Evolution. *Czech J. Genet. Plant Breed.*, 47(Special Issue): S20-S27.
- Vos, P., R. Hogers, M. Bleeker, M. Reijans, T. Van de Lee, M. Hornes, A. Frijters, J. Pot, J. Peleman, M. Kuiper, & M. Zabeau, 1995: AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. *Nucl. Acids Res.* 23: 4407-4414.
- Wardlaw, I.F., 2002: Interaction between drought and chronic high temperature during kernel filling in wheat in a controlled environment. *Ann. Bot.*, 90: 469-476.
- Warham, E.J., 1988: Screening of kernel bunt (*Tilletia indica*) resistance in wheat, triticale, rye and barley. *Can J. Plant Path.*, 10: 57-60.
- Weatherley, P.E., 1970: Some aspects of water relations. *Adv. Bot. Res.*, 3: 171-206.
- Weigand, C.L., & J.A. Cuellar, 1981: Duration of grain filling and kernel weight of wheat as affected by temperature. *Crop Sci.*, 21: 95-101.
- Weyhrich, R.A., B.F. Carver, & E.L. Smith, 1994: Effects of awn suppression on grain yield and agronomic traits in hard red winter wheat. *Crop Sci.*, 34: 965-969.
- Weyhrich, R.A., B.F. Carver, & B.C. Martin, 1995: Photosynthesis and water-use efficiency of awned and awnleted near-isogenic lines of hard red winter wheat. *Crop Sci.*, 35: 172-176.
- Williams, J.G.K., A.R. Kubelik, K.J. Livak, J.A. Rafalski, & S.V. Tingey, 1990: DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. *Nucl. Acids Res.*, 18 (22): 6531-6533
- Williams, C.E., & D.A. St. Clair, 1993: Phenetic relationships and levels of variability detected by restriction fragment length polymorphism and random amplified polymorphic DNA analysis of cultivated and wild accessions of *Lycopersicon esculentum*. *Genome*, 36: 619-630.
- Worland AJ, Law CN, Hollins TW, Koebner RMD, Giura A, 1988. Location of a gene for resistance to eyespot (*Pseudocercospora-Herpotrichoides*) on chromosome-7d of bread wheat. *Plant Breed.* 101:43-51.
- Worland, A.J., M. Apendina, & E.J. Sayers, 1994: The distribution in European Winter Wheat of genes that influence ecoclimatic adaptability while determining photoperiod insensitivity in barley. *Crop. Sci.*, 12: 283-286.
- Yang, J., R.G. Sears, B.S. Gil & G.M. Paulsen, 2002: Genotypic differences in utilization of assimilate sources during maturation of wheat under chronic heat and heat shock stresses. *Euphytica*, 125: 179-88.
- Yildirim, M., H. Gezginc, & H. Aksoya, 2014: Hybrid performance and heterosis in F1 offspring of triticale (*Triticum secale* Wittm.). *Turk. J. Agric. For.*, 38: 877-886

Zaharieva, M., F. Gaulin, M. Havaux, E.H. Acevedo, & P. Monneveux, 2001: Drought and Heat Responses in the Wild Wheat Relative *Aegilops geniculata* Roth: Potential Interest for Wheat Improvement. *Crop Science Society of America*, 41: 1321-1329.

Zeven, A.C., 1998: Landraces: a review of definitions and classifications. *Euphytica*, 104: 127-139.

Zhao, C.X., L.Y. Guo, C.A. Jaleel, H.B. Shao, & H.B. Yang, 2008: Prospects for dissecting plant adaptive molecular mechanisms to improve wheat cultivars in drought environments. *Compt Rend. Biol. J.*, 331: 579-586.

Zobel, R. W., & H.G. Gauch, 1988: Statistical analysis of a yield trial. *Agron. J.*, 80: 388-393.

[wheatatlas.org/country/**varieties**/DZA/](http://wheatatlas.org/country/varieties/DZA/)

ANNEXES

Schéma 1 : Répartition sur terrain de la génération F1 ainsi que leurs parents

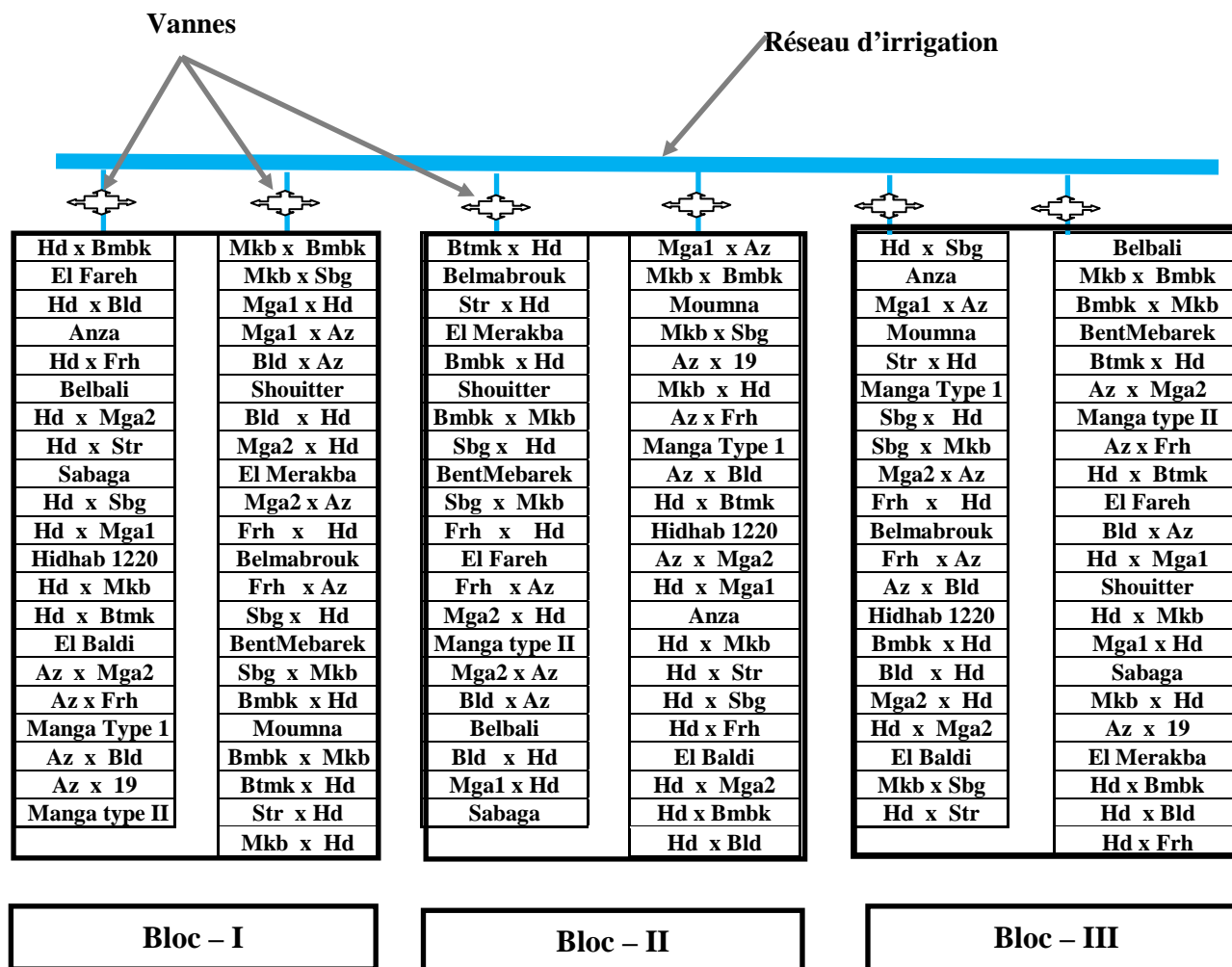


Tableau n° 1: Corrélations entre les caractères mesurés chez les parents (r parents.) et les hybrides (r hybride).

Trait	Type de corrélation (r)	T/P	T.E/P	EpT	Ep.F	L.E.	Dens	H.T.	Pr. Ep.	Pr.F.	G/Ep	G/E	PMG
T.E/P	r hybride	0,95**											
	r parents	0,99**											
EpT	r hybride	-0,61**	-0,65**										
	r parents	-0,27 ^{ns}	-0,25 ^{ns}										
Ep.F.	r hybride	-0,67**	-0,68**	0,99**									
	r parents	-0,27 ^{ns}	-0,25 ^{ns}	1,00**									
L.E.	r hybride	0,30	0,18 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,20 ^{ns}								
	r parents	0,45 ^{ns}	0,49	0,31 ^{ns}	0,31 ^{ns}								
Dens	r hybride	-0,60**	-0,51**	0,36*	0,36*	-0,83**							
	r parents	-0,57*	-0,58*	0,11	0,11	-0,89**							
H.T.	r hybride	-0,14	-0,06	0,16	0,24 ^{ns}	0,33	-0,27 ^{ns}						
	r parents	0,43 ^{ns}	0,45 ^{ns}	-0,26	-0,26	-0,06	0,02						
Pr. Ep.	r hybride	0,64**	0,48**	0,06	-0,01	0,60**	-0,52**	-0,01					
	r parents	0,68**	0,67**	-0,04	-0,04	0,38 ^{ns}	-0,52	0,17 ^{ns}					
Pr.F.	r hybride	0,62**	0,46**	0,09	0,02	0,59**	-0,49**	-0,05	1,00				
	r parents	0,65**	0,65**	0,05	0,05	0,41 ^{ns}	-0,51	0,18 ^{ns}	0,98**				
G/Ep	r hybride	-0,78**	-0,73**	0,64**	0,70**	0,08	0,27 ^{ns}	0,09	-0,31	-0,27 ^{ns}			
	r parents	0,59*	0,55*	-0,01	-0,01	0,22 ^{ns}	-0,19 ^{ns}	0,11	0,17	0,19 ^{ns}			
G./E	r hybride	-0,61**	-0,52**	0,16	0,24 ^{ns}	-0,04	0,11	-0,01	-0,47**	-0,44**	0,86**		
	r parents	0,67**	0,62*	-0,43 ^{ns}	-0,43 ^{ns}	0,09	-0,24 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,91**		
PMG	r hybride	-0,71**	-0,71**	0,39*	0,47**	0,10	0,13	0,12	-0,51**	-0,50**	0,66**	0,59**	
	r parents	-0,69**	-0,74**	0,17	0,17	-0,25 ^{ns}	0,27 ^{ns}	-0,53	-0,41 ^{ns}	-0,39 ^{ns}	-0,31 ^{ns}	-0,36 ^{ns}	
G/Pl.	r hybride	0,84**	0,92**	-0,50**	-0,49**	0,37*	-0,59**	0,06	0,46**	0,45**	-0,45**	-0,26 ^{ns}	-0,53**
	r parents	0,79**	0,78**	-0,17	-0,17	0,39 ^{ns}	-0,48	0,48	0,60*	0,59*	0,72**	0,73**	-0,53

Significations

(^{ns}): Corrélation non significative.

Chiffres en gras: Significative au seuil de $p < 0.10$.

(*): Significative au seuil de $p < 0.05$.

(**): Significative au seuil de $p < 0.01$.

Tableau 2: Corrélations entre caractères étudiés de l'hybride, de l'hétérosis H1 et du parent moyen.

		T/P		E/P		E T		E F		L E		D		G/E		G/Epl		Pr.E		Pr.F		PMG		
		F1	H1 (%)	F1	H1 (%)	F1	H1 (%)	F1	H1 (%)	F1	H1 (%)	F1	H1 (%)	F1	H1 (%)	F1	H1 (%)	F1	H1 (%)	F1	H1 (%)	F1	H1 (%)	
(E.P.)	F1	**	**																					
	PM	**	**																					
	H1 (%)	**	**																					
Ep.T	F1	-0,23	-0,14	-0,24	-0,08																			
	PM	**	*	**	**																			
	H1 (%)	**	*	**	**																			
Ep.F	F1	-0,23	-0,14	-0,24	-0,08	1,00	*0,39																	
	PM	**	**	**	**	**	**																	
	H1 (%)	**	**	**	**	**	**																	
L. E	F1	0,50	0,13	0,47	0,41	0,31	0,43	0,31	0,41															
	PM	**	*	**	*	*	*	*	*															
	H1 (%)	**	*	**	*	*	*	*	*															
Dens	F1	-0,58	-0,12	-0,55	-0,38	0,11	-0,26	0,11	-0,34	**	**													
	PM	**	*	**	*	*	*	*	*	**	**													
	H1 (%)	**	*	**	*	*	*	*	*	**	**													
Gr.E	F1	0,55	0,51	0,53	0,46	-0,01	0,50	0,01	0,52	0,22	0,24	-0,19	-0,06											
	PM	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	*	*											
	H1 (%)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	*	*											
Gr.Epl	F1	0,60	0,52	0,60	0,46	-0,43	0,29	-0,43	0,37	0,09	0,26	-0,24	-0,09	0,91	0,89									
	PM	**	**	**	*	**	*	**	*	*	*	*	*	**	**									
	H1 (%)	**	**	**	*	**	*	**	*	*	*	*	*	**	**									
Pr.E	F1	0,64	0,14	0,65	0,14	-0,04	0,41	-0,04	0,54	0,38	-0,09	-0,52	-0,27	0,17	0,40	0,19	0,30							
	PM	**	*	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*							
	H1 (%)	**	*	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*							
Pr.F	F1	0,65	0,39	0,65	0,34	0,05	0,46	0,05	0,56	0,41	0,39	-0,51	-0,25	0,19	0,37	0,17	0,25	0,98	0,68					
	PM	**	**	**	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	**	**					
	H1 (%)	**	**	**	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	**	**					
PMG	F1	-0,75	-0,47	-0,76	-0,48	0,17	-0,41	0,17	-0,46	-0,25	-0,38	0,27	0,12	-0,31	-0,45	-0,36	-0,36	-0,41	-0,41	-0,39	-0,13			
	PM	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	H1 (%)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
G/Epl	F1	0,76	0,33	0,77	0,30	-0,17	0,51	-0,17	0,63	0,39	0,42	-0,48	-0,16	0,72	0,84	0,73	0,77	0,60	0,60	0,59	0,27	-0,53	-0,19	
	PM	**	**	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	H1 (%)	**	**	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Significations :

(*) : Significative au seuil de $p < 0,05$. (**) : Significative au seuil de $p < 0,01$.

Tableau 3 : Corrélations phénotypique et génotypique entre les différentes paires de caractères mesurés chez les parents utilisés et les F 2.

Caractère	Corrél	L.E.	Ept.T	Densité	Ept-F.	H.T.	Tal.-Ep	Tal.P.	Pr.Ep.	Pr.Fl.	Gr.Ep	Gr.Ept
L.E.	r Phénoty	1										
	r Génoty	1										
Epl-T.	r Phénoty	-0,45**	1									
	r Génoty	0,10	1									
Densité	r Phénoty	-0,92**	0,74**	1								
	r Génoty	-0,78**	0,35*	1								
Epl-Ftl.	r Phénoty	-0,45**	0,94**	0,74**	1							
	r Génoty	-0,47**	0,57**	0,69**	1							
Ht-Tg.	r Phénoty	0,58**	-0,18	-0,47**	-0,15	1						
	r Génoty	0,56**	-0,1	-0,37*	-0,21	1						
Tal-Ep	r Phénoty	0,48**	-0,38*	-0,5**	-0,41**	0,24	1					
	r Génoty	0,61**	-0,01	-0,5**	-0,36*	0,23	1					
Tal.P.	r Phénoty	0,49**	-0,49**	-0,54**	-0,4**	0,32	0,9**	1				
	r Génoty	0,54**	-0,28	-0,57**	-0,42**	0,35*	0,9**	1				
Epi.ai.	r Phénoty	0,54**	-0,54**	-0,58**	-0,53**	0,39**	0,51**	0,61**	1			
	r Génoty	0,35*	-0,31	-0,48**	-0,45**	0,29	0,41**	0,5**	1			
Flor.	r Phénoty	0,5**	-0,5**	-0,53**	-0,48**	0,41**	0,52**	0,62**	0,99**	1		
	r Génoty	0,53**	-0,3	-0,63**	-0,46**	0,36*	0,47**	0,51**	0,89**	1		
Gr/épi	r Phénoty	-0,13	0,28	0,18	0,18	-0,01	-0,39**	-0,58**	-0,46**	-0,48**	1	
	r Génoty	0,12	0,43**	0,12	0,12	0,02	-0,31	-0,47**	-0,48**	-0,39**	1	
Gr/épilt	r Phénoty	0,07	-0,13	-0,14	-0,25	0,04	-0,22	-0,41**	-0,23	-0,28	0,9**	1
	r Génoty	0,28	0,33	-0,12	-0,25	0,03	-0,037	-0,19	-0,13	-0,17	0,83**	1
Gr/Pl.	r Phénoty	0,44**	-0,22	-0,41**	-0,21	0,29	0,74**	0,63**	0,23	0,23	0,17	0,24
	r Génoty	0,71**	0,21	-0,51**	-0,23	0,35*	0,74**	0,64**	0,13	0,26	0,25	0,38*

Significations :

(^{ns}) : Corrélacion non significative.

Chiffres en gras : Significative au seuil de $p < 0.1$.

(*) : Significative au seuil de $p < 0.05$.

(**) : Significative au seuil de $p < 0.01$.

Tableau n° 4: Valeurs moyennes des caractères étudiés enregistrées chez les F3.

N°	Caractères/ Valeurs	L.E.	Ept.T	Densité	Ept.Ft	H.T	Tal.Ep	Tall	Gr.Ep	Gr.Ept	Gr.P.
1	(9 x 6) II-6	9,63	25,40	26,44	25,14	63,99	9,63	13,25	73,98	2,94	715,50
2	(9 x 6) II-11	8,99	25,24	28,11	25,18	68,19	8,99	15,71	63,50	2,53	569,49
3	(9x6) II-8	8,78	26,35	30,01	26,18	64,62	9,31	11,10	65,43	2,50	607,43
4	(9x6) III-10	9,50	22,33	23,57	22,22	65,60	7,89	11,07	67,64	3,04	530,91
5	(9 x 6) I-35	11,33	26,57	23,52	26,47	57,28	11,33	13,18	67,10	2,54	759,88
6	(9 x16) II-4	11,23	23,29	20,90	23,11	60,65	11,68	14,59	42,24	1,83	490,74
7	(9x16) II-22	11,38	25,03	22,00	24,89	72,66	10,58	11,82	56,93	2,28	593,38
8	(9x16) III-3	10,30	25,58	25,10	25,47	61,18	10,57	13,00	61,18	2,40	644,82
9	(9x16) II-35	12,08	25,50	21,10	25,38	60,90	9,20	12,94	65,35	2,58	602,09
10	(9 x 16) I-36	11,33	26,57	23,52	26,45	59,79	10,15	13,18	61,15	2,31	619,18
11	(9 x 1) I-9	10,63	25,73	24,15	25,63	65,62	9,63	14,37	71,02	2,80	684,70
12	(9 X 1) III -9	11,05	24,71	22,39	24,60	61,44	9,66	11,64	72,50	2,95	693,82
13	(9 x 10) I-9	10,30	25,00	24,28	24,89	70,43	8,88	14,20	63,83	2,57	567,06
14	(9 x 10) I-28	9,16	26,49	28,95	26,34	71,54	9,06	11,59	68,14	2,59	617,34
15	(9x10) I-30	10,80	23,48	21,72	23,37	64,09	8,86	12,58	54,72	2,35	480,94
16	(9x10) II-9	10,31	23,94	23,24	23,85	65,37	9,97	13,27	71,43	3,00	711,91
17	9 x 21 (27)	10,95	24,26	22,17	24,19	79,25	15,38	16,39	96,21	3,98	1463,19
18	9 x 11 (46)	11,23	22,37	19,94	21,92	66,32	11,11	12,61	98,44	4,50	1084,92
19	9 x 11 (10)	13,01	20,12	16,02	20,02	102,09	20,71	26,20	60,81	3,04	1262,25
20	9 x 19 (46)	8,21	21,58	26,30	21,52	73,19	12,73	13,84	89,36	4,15	1136,61
21	9 x 7 (2)	7,43	21,07	71,70	20,84	53,25	6,88	9,14	91,02	4,37	626,66
22	9 x 10 (38)	9,81	17,79	18,13	17,37	76,93	16,14	17,02	55,46	3,20	895,16
23	16 x 2 (10)	11,75	23,39	19,91	23,11	74,69	16,07	19,22	82,41	3,57	1325,41
24	16 x 2 (49)	8,53	26,03	30,52	25,92	83,25	20,34	21,80	78,64	3,03	1599,36
25	21 x 2 (27)	8,43	24,10	28,61	23,61	69,81	18,92	21,31	79,20	3,35	1498,18
26	1 x 2 (38)	9,06	18,10	19,98	18,05	71,38	20,71	30,68	59,70	3,31	1238,41
27	1 x 2 (35)	12,38	24,78	20,02	24,76	70,10	9,09	8,74	97,86	3,96	889,81
28	8 x 9 (13)	8,98	24,92	27,75	24,76	58,91	12,40	10,86	105,00	4,24	1301,61
29	8x 9 (4)	8,72	22,08	25,32	22,06	60,00	17,15	18,83	77,04	3,49	1321,68
30	10 x 9 (9)	7,75	21,15	27,31	20,98	57,21	9,00	11,20	87,00	4,15	787,90
	Minimale	7,43	17,79	16,02	17,37	53,25	6,88	8,74	42,24	1,83	480,94
	Moyenne	10,10	23,77	25,42	23,61	67,66	12,07	14,84	72,81	3,12	877,34
	Maximale	13,01	26,57	71,70	26,47	102,09	20,71	30,68	105,00	4,50	1599,36

Tableau 5 : Valeurs du coefficient de variation phénotypique (%) des caractères mesurés chez les F3.

N°	Croisements/Caractères	L.E.	Ept.T	Densité	Ept.Ft	H.T	Tal.Ep	Tall	Gr.Ep	Gr.Ept	Gr.P.
1	(9 x 6) II-6	12,02	6,04	7,87	7,71	12,63	84,96	92,17	20,12	22,50	84,51
2	(9 x 6) II-11	12,24	5,38	7,79	7,54	11,36	94,18	78,59	24,21	24,89	98,22
3	(9x6) II-8	12,41	6,17	6,97	7,33	13,13	89,69	104,79	22,13	25,39	98,14
4	(9x6) III-10	12,75	7,31	9,04	8,60	12,66	101,70	107,94	20,36	20,67	113,85
5	(9 x 6) I-35	8,53	6,87	8,95	7,06	27,95	98,91	82,29	21,27	13,63	95,28
6	(9 x 16) II-4	7,27	10,47	8,73	10,62	13,88	56,67	51,89	30,53	40,14	109,35
7	(9x16) II-22	5,24	6,82	8,69	7,94	6,76	41,36	37,31	23,50	31,47	82,14
8	(9x16) III-3	9,59	6,86	7,55	8,51	21,03	55,29	48,33	22,50	31,71	71,71
9	(9x16) II-35	12,80	11,11	9,23	10,37	17,64	81,57	69,23	20,03	25,00	101,43
10	(9 x 16) I-36	6,84	5,27	7,91	6,36	12,97	60,06	49,83	21,84	38,12	177,36
11	(9 x 1) I-9	12,22	8,47	6,87	8,72	12,10	135,96	90,39	20,03	30,57	134,99
12	(9 X 1) III -9	5,51	6,87	7,34	6,68	8,04	48,80	41,15	20,52	29,91	125,09
13	(9 x 10) I-9	7,38	6,82	10,80	6,92	13,78	103,16	66,28	27,99	14,28	113,99
14	(9 x 10) I-28	17,43	9,83	9,15	10,13	7,92	49,14	36,01	24,96	29,93	79,47
15	(9x10) I-30	5,62	8,28	11,58	8,39	9,07	53,42	46,76	31,91	34,53	123,24
16	(9x10) II-9	10,95	6,82	10,74	7,09	6,62	57,55	47,95	24,22	15,87	79,36
17	9 x 21 (27)	7,42	9,07	12,09	9,33	15,68	54,09	41,38	13,08	11,38	57,36
18	9 x 11 (46)	9,94	11,31	15,25	11,40	11,51	51,97	54,71	18,08	17,68	47,21
19	9 x 11 (10)	8,03	8,10	4,02	9,48	9,23	63,56	48,27	18,70	16,44	77,78
20	9 x 19 (46)	10,07	9,86	7,77	12,49	16,72	36,19	36,91	23,35	23,82	51,66
21	9 x 7 (2)	13,16	12,11	10,58	11,39	14,38	46,67	46,61	18,76	18,06	46,07
22	9 x 10 (38)	6,90	6,26	5,43	7,67	11,69	54,87	52,08	19,14	19,60	101,22
23	16 x 2 (10)	15,24	8,37	11,26	8,62	9,54	64,39	59,60	30,28	28,23	57,79
24	16 x 2 (49)	7,23	7,04	7,79	6,96	7,08	24,92	22,46	23,46	26,29	57,93
25	21 x 2 (27)	8,39	9,43	8,59	9,54	13,60	44,22	30,67	11,66	11,08	52,20
26	1 x 2 (38)	12,88	10,51	6,62	10,78	8,09	48,96	47,78	15,83	19,56	55,14
27	1 x 2 (35)	6,75	7,80	6,16	7,92	9,86	38,17	54,17	20,09	19,12	45,54
28	8 x 9 (13)	12,94	7,39	11,15	7,66	7,22	33,46	33,79	13,57	13,62	42,75
29	8x 9 (4)	9,85	8,53	9,40	9,38	14,33	47,00	47,58	13,17	13,10	73,70
30	10 x 9 (9)	13,22	7,74	12,16	8,06	16,67	87,96	88,21	27,58	21,73	80,98

Minimale	5,24	5,27	4,02	6,36	6,62	24,92	22,46	11,66	11,08	42,75
Moyenne	10,03	8,10	8,91	8,69	12,44	63,63	57,17	21,43	22,94	84,52
Maximale	17,43	12,11	15,25	12,49	27,95	135,96	107,94	31,91	40,14	177,36

Tableau 6 : Valeurs du coefficient de variation génotypique (%) des caractères mesurés chez les F3.

N°	Croisements/Caractères	L.E.	Ept.T	Densité	Ept.Ft	H.T	Tal.Ep	Tall	Gr.Ep	Gr.Ept	Gr.P.
1	(9 x 6) II-6	11,03	3,99	6,53	5,94	11,68	83,65	91,16	18,59	21,77	82,78
2	(9 x 6) II-11	11,11	2,84	6,60	5,73	10,42	92,83	77,75	22,49	24,00	95,85
3	(9x6) II-8	11,24	4,36	5,79	5,61	12,23	88,36	103,52	20,34	24,50	96,06
4	(9x6) III-10	11,79	5,18	7,58	6,57	11,76	100,07	106,71	18,54	19,93	111,50
5	(9 x 6) I-35	7,22	5,25	7,47	6,17	27,54	94,62	79,18	19,51	10,70	91,92
6	(9 x 16) II-4	6,77	9,50	7,93	9,68	13,00	55,45	49,10	28,75	39,08	105,49
7	(9x16) II-22	4,54	5,44	7,97	6,83	5,40	39,30	31,03	22,23	30,60	78,61
8	(9x16) III-3	8,61	5,58	6,91	7,52	20,45	53,60	45,16	21,35	29,39	68,44
9	(9x16) II-35	12,39	10,69	8,49	9,77	16,96	80,35	66,98	18,90	23,25	97,89
12	(9 x 16) I-36	5,74	4,06	7,22	5,44	12,13	59,07	47,02	20,65	36,70	175,94
13	(9 x 1) I-9	11,59	7,83	6,14	8,08	11,59	134,20	88,02	18,24	29,68	131,26
14	(9 X 1) III -9	4,04	5,99	6,54	5,73	7,14	43,69	32,34	18,85	29,08	121,16
15	(9 x 10) I-9	5,54	5,01	10,23	5,02	12,83	94,91	61,80	26,20	11,80	105,37
27	(9 x 10) I-28	16,88	9,33	8,67	9,76	6,90	43,97	27,15	23,19	28,48	71,96
28	(9x10) I-30	4,25	7,51	10,91	7,82	7,95	48,48	41,37	29,77	33,01	115,39
24	(9x10) II-9	10,23	5,38	10,11	6,03	4,66	55,80	45,39	22,57	12,55	77,45
10	9 x 21 (27)	6,29	6,93	10,47	8,16	15,45	51,74	40,15	9,92	8,93	55,34
11	9 x 11 (46)	9,25	10,25	14,58	10,39	10,77	50,86	52,41	17,32	17,22	45,55
16	9 x 11 (10)	6,96	6,46	3,67	8,15	7,36	60,40	44,39	17,99	15,99	74,44
17	9 x 19 (46)	9,04	8,02	6,84	11,03	16,26	35,09	35,96	21,35	22,08	49,30
18	9 x 7 (2)	12,74	11,65	9,20	10,72	13,83	45,98	45,99	17,86	16,80	44,47
19	9 x 10 (38)	5,79	4,82	3,39	6,56	10,94	53,96	51,03	18,04	18,87	100,41
20	16 x 2 (10)	14,44	7,74	10,89	7,99	9,14	63,56	58,56	30,06	27,41	56,19
21	16 x 2 (49)	5,30	6,14	7,16	5,97	6,28	22,31	19,39	23,18	25,57	56,11
25	21 x 2 (27)	6,31	6,92	6,74	6,92	12,65	40,69	29,64	9,49	9,15	48,25
26	1 x 2 (38)	12,48	9,97	5,02	10,38	7,04	43,81	38,95	15,01	18,61	49,93
23	1 x 2 (35)	5,10	7,08	5,32	7,38	8,65	34,64	49,39	19,54	18,28	42,64
29	8 x 9 (13)	12,09	5,83	10,67	6,52	5,08	32,44	32,51	11,74	10,77	41,72
30	8x 9 (4)	8,36	7,09	8,91	8,37	13,28	44,33	45,00	11,71	11,06	72,02
22	10 x 9 (9)	12,65	6,81	11,54	7,22	16,31	87,59	87,57	26,79	20,88	80,43

Minimale	4,04	2,84	3,39	5,02	4,66	22,31	19,39	9,49	8,93	41,72
Moyenne	8,99	6,79	7,98	7,58	11,52	61,19	54,15	20,00	21,54	81,46
Maximale	16,88	11,65	14,58	11,03	27,54	134,20	106,71	30,06	39,08	175,94

Tableau 7 : Valeurs d'héritabilité au sens large des caractères mesurés chez les F3.

N°	Croisements / Caractères	L.E	Ept.T	Densité	Ept.Ft	H.T	Tal.Ep	Tall	Gr.Ep	Gr.Ept	Gr.P.
1	(9 x 6) II-6	0,84	0,44	0,69	0,59	0,85	0,97	0,98	0,85	0,94	0,96
2	(9 x 6) II-11	0,82	0,28	0,72	0,58	0,84	0,97	0,98	0,86	0,93	0,95
3	(9x6) II-8	0,82	0,50	0,69	0,59	0,87	0,97	0,98	0,85	0,93	0,96
4	(9x6) III-10	0,85	0,50	0,70	0,58	0,86	0,97	0,98	0,83	0,93	0,96
5	(9 x 6) I-35	0,72	0,58	0,75	0,76	0,97	0,92	0,97	0,84	0,62	0,96
6	(9 x16) II-4	0,87	0,82	0,91	0,83	0,88	0,96	0,97	0,89	0,95	0,96
7	(9x16) II-22	0,75	0,64	0,83	0,74	0,64	0,90	0,97	0,89	0,95	0,96
8	(9x16) III-3	0,81	0,66	0,78	0,78	0,95	0,94	0,98	0,90	0,86	0,97
9	(9x16) II-35	0,94	0,93	0,85	0,89	0,92	0,97	0,97	0,89	0,86	0,97
10	(9 x 16) I-36	0,70	0,59	0,44	0,73	0,88	0,97	0,98	0,89	0,93	0,96
11	(9 x 1) I-9	0,90	0,85	0,93	0,86	0,92	0,97	0,97	0,83	0,94	0,94
12	(9 X 1) III -9	0,54	0,76	0,84	0,74	0,79	0,80	0,97	0,84	0,95	0,94
13	(9 x 10) I-9	0,56	0,54	0,62	0,53	0,87	0,85	0,98	0,88	0,68	0,97
14	(9 x 10) I-28	0,94	0,90	0,58	0,93	0,76	0,80	0,98	0,86	0,91	0,97
15	(9x10) I-30	0,57	0,82	0,74	0,87	0,77	0,82	0,98	0,87	0,91	0,97
16	(9x10) II-9	0,87	0,62	0,92	0,72	0,50	0,94	0,98	0,87	0,63	0,97
17	9 x 21 (27)	0,72	0,58	0,75	0,76	0,97	0,92	0,93	0,58	0,62	0,93
18	9 x 11 (46)	0,87	0,82	0,91	0,83	0,88	0,96	0,90	0,92	0,95	0,93
19	9 x 11 (10)	0,75	0,64	0,83	0,74	0,64	0,90	0,69	0,93	0,95	0,92
20	9 x 19 (46)	0,81	0,66	0,78	0,78	0,95	0,94	0,87	0,84	0,86	0,91
21	9 x 7 (2)	0,94	0,93	0,76	0,89	0,92	0,97	0,94	0,91	0,86	0,93
22	9 x 10 (38)	0,70	0,59	0,39	0,73	0,88	0,97	0,89	0,89	0,93	0,98
23	16 x 2 (10)	0,90	0,85	0,93	0,86	0,92	0,97	0,95	0,99	0,94	0,95
24	16 x 2 (49)	0,54	0,76	0,84	0,74	0,79	0,80	0,62	0,98	0,95	0,94
25	21 x 2 (27)	0,56	0,54	0,62	0,53	0,87	0,85	0,87	0,66	0,68	0,85
26	1 x 2 (38)	0,94	0,90	0,58	0,93	0,76	0,80	0,57	0,90	0,91	0,82
27	1 x 2 (35)	0,57	0,82	0,74	0,87	0,77	0,82	0,78	0,95	0,91	0,88
28	8 x 9 (13)	0,87	0,62	0,92	0,72	0,50	0,94	0,90	0,75	0,63	0,95
29	8x 9 (4)	0,72	0,69	0,90	0,80	0,86	0,89	0,85	0,79	0,71	0,95
30	10 x 9 (9)	0,92	0,77	0,90	0,80	0,96	0,99	0,98	0,94	0,92	0,99
	Minimale	0,54	0,28	0,39	0,53	0,50	0,80	0,57	0,58	0,62	0,82
	Moyenne	0,78	0,69	0,76	0,756	0,83	0,91	0,91	0,86	0,86	0,94
	Maximale	0,94	0,93	0,93	0,93	0,97	0,99	0,98	0,99	0,95	0,99

Tableau 8 : Valeurs du gain génétique attendu en sélection (GGA) relatif aux caractères mesurés chez les F 3.

N°	Croisements / Caractères	L.E	Ept.T	Densité	Ept.Ft	H.T	Tal.Ep	Tall	Gr.Ep	Gr.Ept	Gr.P.
1	(9 x 6) II-6	2,01	1,38	2,95	2,37	14,23	16,34	24,62	26,17	1,27	1194,96
2	(9 x 6)II-11	1,87	0,78	3,24	2,26	13,43	16,94	24,90	27,33	1,21	1097,43
3	(9x6) II-8	1,84	1,67	2,98	2,31	15,18	16,69	23,39	25,21	1,22	1176,57
4	(9x6) III-10	2,13	1,69	3,09	2,30	14,76	16,00	24,06	23,51	1,20	1194,37
5	(9 x 6) I-35	1,90	2,20	2,99	2,94	16,37	15,81	24,82	24,72	1,08	1184,24
6	(9 x16) II-4	2,46	4,13	7,55	4,20	15,94	26,09	24,88	23,56	1,63	1446,29
7	(9x16) II-22	1,93	2,24	4,94	3,01	11,05	23,76	25,66	24,66	1,64	1539,48
8	(9x16) III-3	2,33	2,39	2,25	3,48	16,29	25,04	26,62	25,54	1,47	1610,76
9	(9x16) II-35	2,58	5,41	3,69	4,81	16,09	25,78	25,62	24,00	1,51	1623,75
10	(9 x 16) I-36	2,06	1,71	0,97	2,54	15,96	25,31	26,26	24,60	1,58	1553,82
11	(9 x 1) I-9	2,62	3,83	6,62	3,95	12,43	17,81	25,59	24,31	1,47	1055,97
12	(9 X 1) III -9	1,27	2,66	3,88	2,49	10,43	13,94	26,28	25,87	1,52	1060,38
13	(9 x 10)I-9	1,78	1,89	2,18	1,86	24,21	23,40	29,61	32,24	1,20	1691,72
14	(9 x 10)I-28	2,72	4,83	1,57	5,10	20,41	20,28	28,10	30,24	1,58	1657,38
15	(9x10)I-30	1,72	3,30	2,62	3,50	21,21	21,01	28,43	31,30	1,57	1701,73
16	(9x10)II-9	2,63	2,09	5,33	2,52	13,26	23,40	28,72	30,93	1,10	1672,81
17	9 x 21 (27)	1,43	2,20	2,99	2,94	32,01	21,12	20,68	9,42	0,44	1388,17
18	9 x 11 (46)	1,46	4,13	7,55	4,20	15,20	13,05	13,96	30,54	1,43	1028,79
19	9 x 11 (10)	0,92	2,24	4,94	3,01	6,44	8,14	6,28	32,45	1,40	919,65
20	9 x 19 (46)	1,64	2,39	2,25	3,48	25,06	11,31	11,30	22,31	1,35	867,51
21	9 x 7 (2)	2,98	5,41	3,28	4,81	20,46	15,00	17,28	28,87	1,15	1171,85
22	9 x 10 (38)	1,12	1,71	0,87	2,54	13,98	12,15	12,04	34,48	1,68	2226,16
23	16 x 2 (10)	2,40	3,83	6,62	3,95	15,01	26,28	25,38	48,33	1,66	1800,26
24	16 x 2 (49)	0,67	2,66	3,88	2,49	8,02	7,78	6,09	37,35	1,72	1677,32
25	21 x 2 (27)	0,88	1,89	2,18	1,86	17,31	15,97	16,85	9,49	0,51	1137,89
26	1 x 2 (38)	3,08	4,83	1,57	5,10	8,85	7,34	4,89	28,71	1,44	828,67
27	1 x 2 (35)	0,71	3,30	2,62	3,50	9,21	8,03	9,49	41,10	1,53	1070,35
28	8 x 9 (13)	2,03	2,09	5,33	2,52	4,42	11,11	11,75	16,10	0,61	1108,35
29	8x 9 (4)	1,13	2,57	4,75	3,23	14,51	7,75	9,36	18,64	0,80	1142,24
30	10 x 9 (9)	2,73	2,99	5,01	3,22	26,04	27,63	29,10	51,58	1,64	2407,56

Minimale	0,67	0,78	0,87	1,86	4,42	7,34	4,89	9,42	0,44	828,67
Moyenne	1,90	2,81	3,69	3,22	15,59	17,34	20,40	27,79	1,32	1374,55
Maximale	3,08	5,41	7,55	5,10	32,01	27,63	29,61	51,58	1,72	2407,56

Tableau 9: Corrélations phénotypique et génotypique entre les différents paires de caractères mesurés chez les parents utilisés et les F3.

Caractère	Type de corrélation	L.E	Ept-T	Densité	Ept-Ft	Ept-St	H.T	Tal-Ep	Tal	Gr.Ep	Gr.Ept	Gr.P
Epl-T	r F3	-0,28	1,00									
	r parents	0,38	1,00									
Dens	r F3	-0,60**	0,93**	1,00								
	r parents	-0,89**	0,07	1,00								
Ept-Ft	r F3	-0,27	1,00**	0,93**	1,00							
	r parents	0,13	0,91**	0,27	1,00							
Ept-St	r F3	-0,12	0,04	0,09	0,02	1,00						
	r parents	0,62*	0,36	-0,45	-0,05	1,00						
H.T	r F3	0,30	-0,39*	-0,38*	-0,39*	-0,01	1,00					
	r parents	0,28	-0,13	-0,41	0,04	-0,42	1,00					
Tal-Ep	r F3	0,00	-0,41**	-0,29	-0,41**	0,13	0,64**	1,00				
	r parents	0,28	-0,58*	-0,60*	-0,74**	0,27	0,26	1,00				
Tall	r F3	0,02	-0,40**	-0,29	-0,40**	0,02	0,61**	0,90**	1,00			
	r parents	0,44	-0,44	-0,71**	-0,67**	0,44	0,20	0,97**	1,00			
Gr.Ep	r F3	-0,22	0,26	0,29	0,26	0,08	-0,15	-0,11	-0,33	1,00		
	r parents	-0,07	0,70**	0,43	0,79**	-0,09	-0,23	-0,88**	-0,80**	1,00		
Gr.Ept	r F3	-0,05	-0,50**	-0,38**	-0,51*	0,12	0,18	0,26	0,07	0,67**	1,00	
	r parents	-0,16	0,51	0,45	0,58*	-0,08	-0,31	-0,83**	-0,74**	0,95**	1,00	
Gr.P	r F3	-0,12	-0,26	-0,13	-0,26	0,15	0,49**	0,85**	0,63**	0,41**	0,58**	1,00
	r parents	0,51	-0,15	-0,66**	-0,43	0,63*	0,08	0,84**	0,93**	-0,57*	-0,54	1,00

Significations :

(ns) : Corrélation non significative.

Chiffres en gras : Significative au seuil de 10 %.

(*) : Significative au seuil de $p < 0.05$.(**) : Significative au seuil de $p < 0.01$.

Résumé

Les essais conduits au cours de la période de 2009 à 2014 au niveau des stations de l'ITDAS et de l'INRAA d'Adrar, avaient pour objectifs d'étudier la relation entre les valeurs parentales et le niveau d'expression de l'hétérosis chez la descendance, d'analyser l'effet des gènes sur les caractères étudiés et de déterminer la stabilité des caractères à travers les générations de ségrégation chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Le matériel végétal utilisé est d'origine diverse (locale et introduite) et conduit en blocs aléatoires complets avec trois répétitions. Les hybrides issus des parents d'origine diverse et qui détiennent des valeurs propres moyennes offrent des transgressions et des degrés d'hétérosis les plus élevées. Il y'a une forte dépendance entre les valeurs moyennes de l'hybride et celles de leurs parents. Nous avons constaté une grande similitude entre les coefficients des variations phénotypique et génotypique, une ressemblance entre les diverses générations apparentées et des valeurs fortes d'héritabilité. Le gain génétique le plus élevé est celui relatif à la précocité, la hauteur de la tige et des composantes de rendement. Ces caractères sont sous l'effet des gènes de type additif et qui pourraient être transmis d'une génération à une autre, tandis que les caractéristiques de l'épi sont sous l'effet des gènes de type beaucoup plus dominant.

Mots clés : Blé tendre, sélection, hétérosis, héritabilité, gain génétique attendu, caractères morphologiques, précocité, composantes de rendement.

Abstract

The trials conducted during 2009-2014 years' at ITDAS and INRAA Adrar stations, have been as objectives to study the relation between parental values and expression levels of heterosis in descendants, to analyze gene effects on studied traits, and to determine the stability of characters during segregated generations in wheat (*Triticum aestivum* L.). The plant material used is of various geographic origins (local and introduced) and conducted in complete randomized blocs with three replications. Hybrids from parents of various origin and having mean values exhibit transgressions and the highest heterosis degrees. There is strong dependence between hybrid mean values and their parent's values. We have noticed strong similarity between coefficients of phenotypic and genotypic variations as well as resemblance among different generations, associated with high values of heritability. The highest genetic gain values are that related to earliness, stem height and yield components. All these traits are under the control of additive gene effects and would be transmitted from generation to another; whilst spike characteristics are under effect of dominant gene type.

Key words: Wheat, selection, heterosis, heritability, genetic advance, morphologic characters, yield components.

الملخص

تمت التجارب خلال الفترة ما بين 2009 إلى 2014 على مستوى محطات التجارب للمعهد التقني لتنمية الفلاحة الصحراوية و المعهد الوطني الجزائري للأبحاث الفلاحية بادرار و قد حددت كأهداف: دراسة العلاقة بين قيم الآباء و مستوى تعبير الهجين لدى النسل و تحليل تأثير الجينات على الصفات المدروسة و تحديد مدى ثبات هذه الصفات خلال أجيال الانعزال لدى القمح اللين (*Triticum aestivum* L.). إن المادة النباتية المستخدمة من أصول جغرافية متنوعة (محلية و مستوردة) و تمت المتابعة على شكل تصاميم القطاعات الكاملة (En blocs aléatoire complets) على ثلاث تكرارات . إن الهجن الناتجة عن آباء ذوي الأصول الجغرافية المختلفة و التي تمتلك القيم المتوسطة هي التي تقدم تجاوزات و درجات قوة الهجين الأكثر ارتفاعا. يوجد ارتباط قوي بين القيم المتوسطة للهجين و قيم آباءه. لقد لاحظنا تماثل كبير بين معاملات كل من التغيرات الوراثية و المظهرية و أيضا التشابه الكبير بين مختلف الأجيال ذات الصلة إضافة إلى القيم المرتفعة لمعامل التوريث (Héritabilité). أما في ما يتعلق بالربح الوراثي المتوقع الأكثر ارتفاعا فقد لوحظ لدى التبكير و طول الساق و مكونات المردود. كل هذه الصفات تحت تأثير الجينات ذات الفعل المضاف و التي يمكن نقلها من جيل لآخر، في حين أن خصائص السنبلة تقع تحت تأثير الجينات ذات الفعل السيادي.

الكلمات المفتاحية : القمح اللين، الانتخاب، قوة الهجين، معامل التوريث ، الربح الوراثي المتوقع، الصفات الشكلية التبكير، مكونات المردود.