

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة الحراش-الجزائر

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE ALGER

Thèse

En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en Sciences Agronomiques

Spécialité phytotechnie

Thème

Déterminisme génétique de l'indice de récolte et de certains caractères morphologiques et agronomiques chez le blé dur (*Triticum durum Desf.*) dans les conditions du haut Chéllif

Présenté par Bousalhih Brahim

Devant le Jury :

Président :	M. Aidaoui Abdellah	Professeur (ENSA, El-Harrach)
Directrice de thèse ;	Mme Mekliche Leila	Professeur (ENSA, El-Harrach)
Examineurs :	M. Boutekrabort Amar	Professeur (Université Saad Dahleb Blida)
	M. Aissat Abdelkader	Maitre de Conférence A. (Université Saad Dahleb Blida).

REMERCIEMENTS

Bien qu'une thèse soit un travail individuel, plusieurs personnes ont rendu possible la réalisation de ce modeste travail, que je tiens à remercier vivement:

- * Le Professeur Aidaoui Abdellah qui a bien voulu présider le jury,
- * Le Professeur Mekliche Leila pour avoir accepté, suite au désistement du Professeur Bencheikh Mohamed qui était auparavant directeur de thèse, de reprendre et diriger ce travail. Je n'oublie jamais les précieux conseils scientifiques qu'elle m'a prodigué, sa patience et ces encouragements m'étaient d'un apport considérable,
- * Le Professeur Boutekrabt Amar qui a accepté d'examiner ce travail,
- * Aïssat Abdelkader Maître de Conférences classe A qui a bien voulu juger ce travail,
- * Le Professeur Chaillou Sylvain, pour son aide précieuse, sa clarté dans l'approche thématique et ses discussions enrichissantes,
- * Messieurs Gallais A., Falque, Devienne, Le Gouis et Roumet qui m'ont reçu dans leur laboratoire respectif de recherche et m'ont prodigué les conseils pour l'approche thématique,
- * Mademoiselle L. Abed, qui a participé à tous les travaux de terrain et de laboratoire,
- * Monsieur Khedaoui Abdelkader M. et Merouche A. pour leur aide dans le traitement statistique,
- * Monsieur. M. Hemis, Sadek Benabbes H. qui m'ont aidé dans la traduction des articles,
- * Monsieur F. T. Ben Abbad Ex directeur du Centre Universitaire de Khemis Miliana pour m'avoir longuement soutenu et encouragé à terminer ce travail,
- * Mademoiselle Cherfi N., Messieurs Ait Amrane M., Marouf A., Laiba A., Temmar B., Benyoucef, Bouyahiaoui F., Fouad et Kamel qui m'ont aidé à mettre à jour ce document,
- * Messieurs Ailem Elhadj, Benmoukadem N., Taounza M., Bakhaira B., et Melle Bendjillali F. qui m'ont exhorté à achever cette thèse,
- * Ma profonde gratitude s'adresse à tous ceux trop nombreux pour être cités, qui ont collaborés à ce travail en réalisant des essais ou en effectuant des analyses,
- * Ma famille et plus particulièrement ma femme Fado, ma fille Wassila et mes fils Abdelhak et Khaled pour m'avoir encouragés et soutenus pendant les moments les plus difficiles,
- * Sans oublier tout le personnel et les étudiants qui m'ont aidé dans mon travail de terrain.

Liste des annexes

- Annexe 1. Analyse de la variance des différents caractères des parents en première année
- Annexe 2. Analyse de la variance des différents caractères des parents en deuxième année
- Annexe 3. Analyse de la variance des différents caractères des parents des deux années
- Annexe 4. Coefficients de variation génétique et héritabilité des différents caractères calculés sur les deux années au niveau des parents
- Annexe 5. Analyse de la variance des différents caractères des hybrides F_1
- Annexe 6. Analyse de la variance des différents caractères des hybrides F_2
- Annexe 7. Corrélations entre les composantes de la biomasse et de l'indice de récolte en F_1 et F_2
- Annexe 8. Analyse de la variance d'AGC et d'ASC au niveau F_1
- Annexe 9. Analyse de la variance d'AGC et d'ASC au niveau F_2
- Annexe 10. Estimation des rapports AGC/ASC en F_1 et F_2
- Annexe 11. Matrice des corrélations entre les différents caractères des hybrides F_1
- Annexe 12. Matrice des corrélations entre les différents caractères des hybrides F_2
- Annexe 13. Numéros des croisements

Liste des figures

- Figure 1. Relation entre les moyennes F_1 et leur parent moyen des différents caractères
- Figure 2. Relation entre les valeurs W_r et valeurs V_r en F_1
- Figure 3. Relation entre les valeurs $W_r + V_r$ sur valeurs parentales en F_1
- Figure 4. Relation entre les moyennes F_2 et leur parent moyen des différents caractères
- Figure 5. Relation entre les valeurs W_r et valeurs V_r en F_2
- Figure 6. Relation entre les valeurs $W_r + V_r$ sur valeurs parentales en F_2
- Figure 7. Corrélation entre les valeurs $AGCF_2$ et $AGCF_1$

Liste des tableaux

- Tableau 1. Caractéristiques botaniques des géotypes étudiés
- Tableau 2. Températures mensuelles (C°) de la zone d'étude
- Tableau 3. Précipitations mensuelles (mm) de la zone d'étude
- Tableau 4. Analyse granulométrique du sol
- Tableau 5. Analyse chimique du sol
- Tableau 6. Moyenne des différents caractères des géotypes parentaux en première année
- Tableau 7. Moyenne des différents caractères des géotypes parentaux en deuxième année
- Tableau 8. Classement des géotypes parentaux selon la moyenne des différents caractères des deux années
- Tableau 9. Classement des hybrides F₁ selon la moyenne des différents caractères
- Tableau 10. Classement des hybrides F₂ selon la moyenne des différents caractères
- Tableau 11. Valeurs des AGC et leur classement pour chaque caractère en première année
- Tableau 12. . Valeurs des ASC en F₁
- Tableau 13. Valeurs des AGC et leur classement pour chaque caractère en deuxième année
- Tableau 14. Valeurs des ASC en F₂
- Tableau 15. Calcul des corrélations AGC - valeur propre (li) en première année
- Tableau 16. Moyenne AGC (moyennes F₁ et réciproques) et valeur ASC des caractères
- Tableau 17. Calcul de l'hétérosis des différents caractères par rapport au parent moyen en F₁ et F₂
- Tableau 18. Calcul de l'hétérosis des hybrides pour les différents caractères en F₁
- Tableau 19. Calcul de l'hétérosis des hybrides pour les différents caractères en F₂

Liste des abréviations

AR : Ardente

EX : Excalibur

AC : Acalou

NE : Nefer

H3 : Hedba3

GE : Gem Goum Erkham

AGC : Aptitude Générale à la Combinaison

ASC : Aptitude Spécifique à la Combinaison

TH : Talles Herbacées

NE : Nombre d'épis

LP : Longueur de la Paille

LFE : Longueur de la Feuille Etendard

LCE : Longueur du Col de l'Epi

PMG : Poids de Mille Grains

PGE : Poids des Grains de l'Epi

NGE : Nombre de Grains par Epi

IR : Indice de Récolte

EX/AR : Hybride dont EX est le parent femelle et AR le parent mâle

MADR : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural

ITGC : Institut Technique des Grandes Cultures

IDGC : Institut Développement des Grandes Cultures

Introduction Générale	11
-----------------------	----

PREMIERE PARTIE : ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. Aspects économiques	17
I.2. Aspects techniques	18
I.2.1. Cycle végétatif	18
I.2.2. Rendement	19
I.3. Biomasse	20
I.3.1. Composantes de la biomasse végétale	21
I.3.1.1. Biomasse foliaire	21
I.3.1.2. Rendement en paille	22
I.3.1.3. Rendement en grain	22
I.4. Indice de récolte	23
I.5. Variabilité génétique et amélioration du blé	24
I.5.1. Origine géographique et génétique du blé dur	24
I.5.2. Déterminisme génétique	25
I.5.3. Amélioration variétale	25
I.5.4. Introduction de variétés étrangères	26
I.5.5. Sélection	26
I.5.5.1. Choix des parents	26
I.5.5.2. Méthode de sélection	27
I.6. Effets génétiques	27
I.7. Hétérosis	28
I.8. Héritabilité	29

DEUXIEME PARTIE EXPERIMENTATIONS

1. Lieu des expérimentations	31
2. Matériel Végétal	31
3. Conditions climatiques	33
3.1. Températures	33
3.2. Pluviométrie	33
4. Conditions édaphiques	33
5. Dispositif expérimental	34

6. Conduite des essais	34
6.1. Travail du sol	34
6.2. Fertilisation azotée	35
6.3. Semis	35
7. Hybridation	35
7.1. Castration	36
7.2. Pollinisation	36
8. Récolte	36
9. Mesures et comptages	36
9.1. Paramètres physiologiques	36
9.2. Paramètres morphologiques	37
10. Méthodes statistiques	38
10.1. Méthode de Hayman (1954)	38
10.2. Méthode Griffing (1956)	39
11. Calcul de l'hétérosis	40

TROISIEME PARTIE :

RESULTATS

ET DISCUSSION

I. Etude des parents	42
I.1. En première année	42
I.1.1. Analyse de la variance	42
I.1.1.1. Cycle végétatif	42
I.1.1.2. Caractères morphologiques	42
I.1.1.3. Biomasse	42
I.1.1.4. Indice de récolte	42
I.1.2. Analyse des moyennes parentales	42
I.1.2.1. Cycle végétatif	42
I.1.2.2. Caractères morphologiques	43
I.1.2.3. Rendement	44
I.1.2.4. Indice de récolte	44
I.2. En deuxième année	45
I.2.1. Analyse de la variance	45
I.2.1.1. Cycle végétatif	45

I.2.1.2. Caractères morphologiques	45
I.2.1.3. Rendement	45
I.2.1.4. Indice de récolte	45
I.2.2. Analyse des moyennes parentales	45
I.2.2.1. Cycle végétatif	45
I.2.2.2. Caractères morphologiques	46
I.2.2.3. Rendement	46
I.2.2.4. Indice de récolte	47
I.3. Etude de l'interaction génotype*année	47
I.3.1. Analyse de la variance	47
I.3.1.1. Cycle végétatif	47
I.3.1.2. Caractères morphologiques et agronomiques	48
I.3.2. Etude des moyennes	48
I.3.2.1. Cycle végétatif	48
I.3.2.2. Caractères morphologiques	48
I.3.2.3. Rendement en grains et ces composantes	49
I.3.2.4. Rendement en biomasse	49
I.3.2.5. Indice de récolte	50
II. Etudes des hybrides	50
II.1. Etude des hybrides F ₁	50
II.1.1. Analyse de la variance	50
II.1.2. Etude des moyennes	51
II.1.3. Corrélations	54
II.2. Etude des hybrides F ₂	54
II.2.1. Analyse de la variance	54
II.2.2. Etude des moyennes	54
II.2.3. Corrélations phénotypiques	57
III. Discussion	57
III.1. Stades phénologiques	57
III.2. Caractères morphologiques	58
III.3. Rendement et biomasse	60
III.4. Indice de récolte	61
IV. Analyse quantitative des caractères	61
IV.1. Analyse Hayman	61
IV.1.1. Au niveau des F ₁	61
IV.1.1.1. Comparaison des hybrides F ₁ et parent moyen	61
IV.1.1.1.2. Interprétation graphique	63

IV.1.2. Au niveau des F_2	67
IV.1.2.1. Comparaison des hybrides F_2 et parent moyen	67
IV.1.2.2. Interprétation graphique	69
IV.1.2.3. Etudes des hybrides F_1 et des F_2	73
IV.2. Analyse Griffing	75
IV.2.1. Au niveau F_1	75
IV.2.1.1. Aptitude à la combinaison	75
IV.2.1.1.1. Valeurs des AGC	75
IV.2.1.1.2. Valeurs des ASC	76
IV.2.1.1.3. Rapport AGC/ASC	77
IV.2.1.1.4. Corrélations phénotypiques entre les caractères	77
IV.2.2. Au niveau F_2	77
IV.2.2.1. Aptitude à la combinaison	77
IV.2.2.1.1. Valeurs des AGC	78
IV.2.2.1.2. Valeurs des ASC	79
IV.2.2.1.3. Rapport AGC/ASC	80
IV.2.2.2. Corrélations phénotypiques entre les caractères en F_2	80
IV.2.2.3. Corrélations entre les $AGCF_2$ et les valeurs F_1	80
IV.2.2.4. Corrélations entre AGC et les valeurs propres (li)	80
IV.2.2.5. Corrélations entre les $AGCF_2$ et les $AGCF_1$	82
IV.3. Discussion	84
IV.4. Etude de l'hétérosis	86
IV.4.1. Au niveau F_1	86
IV.4.1.1. Biomasse totale, rendement en grain et en paille	86
IV.4.1.2. Indice de récolte	86
IV.4.1.3. Talles herbacées	86
IV.4.1.4. Nombre d'épi	86
IV.4.1.5. Longueur de la paille	86
IV.4.1.6. Poids de mille grains	87
IV.4.1.7. Poids de grains de l'épi	87
IV.4.1.8. Nombre de grains par épi	88
IV.4.2. Au niveau F_2	88
IV.4.2.1. Biomasse totale, rendement en grain et en paille	88
IV.4.2.2. Indice de récolte	88
IV.4.2.3. Talles herbacées	89
IV.4.2.4. Nombre d'épi	89
IV.4.2.5. Longueur de la paille	89

IV.4.2.6. Poids de mille grains	89
IV.4.2.7. Poids des grains de l'épi	89
IV.4.2.8. Nombre de grains par épi	88
IV.4.3. Etude des hybrides hybrides F ₁ et F ₂	90
Conclusion générale et perspectives	93
Références bibliographiques	97
Annexes	116
Résumé en arabe	122
Résumés en anglais	123
Résumés en français	124

INTRODUCTION

Introduction

Les céréales constituent la culture dominante du système agricole algérien. Les terres réservées à ces cultures, jachère comprise, représentent 80% de la surface utile du pays. La superficie moyenne emblavée en céréales annuellement oscille entre 2,5 à 3,5 millions d'hectares, ce qui représente à peu près 50 % des terres labourables. La culture du blé dur couvre en moyenne annuellement 1,3 millions d'hectares ce qui représente environ 47 % de la surface totale de la sole céréalière (Ladraa et Ounane 2013). La production nationale moyenne varie entre 20 et 40 millions de quintaux par an soit 30 à 50 % des besoins nationaux (ITGC, 2013). Selon cette source, ces derniers s'élèvent à 70 millions de quintaux. Le déficit est énorme et ne cesse de s'amplifier avec une croissance démographique galopante. La production nationale en blé a atteint 34 millions de quintaux en 2014 (OAIC, 2015).

Généralement, la culture du blé est localisée dans des zones caractérisées par des hivers froids, des précipitations faibles et très irrégulières et des gels printaniers. Les vents chauds et secs combinés aux fortes températures au moment du remplissage du grain affectent énormément les rendements (Chaker et Brinis, 2004).

L'irrégularité dans l'espace et dans le temps des précipitations cause des dégâts qui varient entre 26 et 57 % de la production de blé dur, c'est le cas de la campagne 1996/1997 (Feliachi *et al.* 2001). Il faut noter que ce n'est pas le cumul des précipitations enregistré durant le cycle de développement de la culture mais sa bonne répartition qui détermine le rendement.

L'importance de cette espèce ne réside pas uniquement dans les superficies qu'elle occupe, elle est aussi importante dans la ration alimentaire de l'algérien (Chaulet *et al.* 1993). Sur le plan économique, les revenus de 60 % des exploitations agricoles proviennent de la céréaliculture (Chehat, 2007). L'incidence de cette production n'aura pas seulement des répercussions négatives sur l'économie du secteur agricole mais elle peut même perturber l'économie nationale. Durant

Pour faire face aux besoins croissants de la population, l'Algérie au début des années soixante dix a effectué les premières importations de blé dur. Il faut rappeler que le pays était exportateur de blé dur durant l'ère romaine et française il est devenu l'un des plus gros importateurs de blé au monde (Jezequel, 2010). Les importations de blé dur par l'Algérie ont augmenté de 133 % en valeurs en 2011, comparativement aux achats de 2010 (Rapport MADR, 2012).

Durant les années soixante et soixante-dix, les emblavures étaient constituées en grande partie de variétés locales, qui sont adaptées aux conditions du pays. Les vingt-deux variétés locales des années trente (1930), constituent un potentiel élevé d'adaptation aux conditions locales (Ducellier, 1930). Ces génotypes locaux qui forment le patrimoine génétique national n'ont pas suscité l'intérêt nécessaire. Spagnoletti *et al.* (1985) ont mis en évidence l'importance de l'adaptation aux conditions locales et de la diversité des variétés locales de blé dur par rapport aux variétés introduites. L'étude menée par Lints en 1987 a montré que l'introduction de variétés toutes faites n'a pas donné les résultats attendus tant qu'elles ne sont pas conduites de la manière appropriée. L'handicap des variétés locales avec une paille très haute est la verse qui fait chuter les rendements contrairement aux variétés introduites qui sont résistantes à ce phénomène. Les variétés locales produisent plus de paille que de grains le ratio paille sur grain est très faible comparé aux variétés introduites.

Durant les années soixante-dix, la politique suivie par le pays était orientée vers l'introduction de variétés dites « variétés à haut rendement » dans une perspective d'augmenter la production. Cette tentative entreprise n'a pas atteint les résultats escomptés parceque ces introductions n'ont pas été conduites selon l'itinéraire technique voulu pour qu'elles donnent le maximum de son potentiel.

D'ailleurs, le rendement moyen du blé obtenu ces dernières années avoisine les 10 q/ha (Chehat, 2007), ces rendements sont presque analogues à ceux enregistrés durant la période de 1871 et 1975 (Anonyme, 2005). Les génotypes introduits placés dans des conditions différentes de celles où ils ont été sélectionnés ne produisent pas le rendement recherché. Le nombre élevé de variétés introduites a engendré des effets négatifs sur la production céréalière (Boufenar et Zaghouane. 2004).

L'introduction de variétés étrangères a engendré une marginalisation des variétés locales. Cependant, certains agriculteurs continuent de cultiver les variétés locales, en raison du rendement d'autosuffisance qu'elles leur procurent en conditions climatiques difficiles contrairement aux variétés introduites (Rachidi, 2003), ainsi qu'une biomasse importante découlant de leur paille très haute, destinée à l'alimentation de leur cheptel.

L'étude menée par Bouzerzour en 1992 a montré que les variétés traditionnelles produisent un rendement en grain comparable à celui des variétés introduites en conditions de sécheresse. Le grain se caractérise par une très bonne qualité rhéologique destinée à la fabrication d'aliments du terroir. Même sur le plan agronomique, elles sont peu exigeantes comparées aux génotypes introduits.

Le meilleur moyen pour faire face aux importations et aux difficultés d'approvisionnement en blé sur le marché mondial et d'assurer une sécurité alimentaire du pays, il est impératif d'élaborer un programme de réhabilitation des génotypes traditionnels qui recèlent des caractéristiques intéressantes (adaptation aux conditions du milieu, qualités technologiques pour la fabrication de produits de terroir et production d'une biomasse importante), auxquelles il faut leur associer d'autres caractéristiques leur faisant défaut, issues de variétés introduites.

Un programme d'amélioration de ces génotypes locaux est à notre avis la meilleure solution en vue d'augmenter la production nationale du blé. Penser qu'une politique orientée vers l'introduction de variétés obtenues dans des conditions complètement différentes des nôtres est la solution idéale, n'est qu'une lueur d'espoir.

Beaucoup de pays et plus particulièrement ceux d'Europe sont passés par l'amélioration de leur patrimoine génétique qui s'est soldé par des résultats spectaculaires. Le programme d'amélioration de la production du blé, entamé par ces pays durant le siècle passé, a entraîné l'augmentation des rendements du blé de 80 kg par ha et par an durant la période de 1950 à 2000 (Fossati et Brabant, 2003). Le gain génétique réalisé par ces pays concernant le rendement du blé est évalué entre 33 à 66 % (Donmez *et al.* 2001; Brancourt *et al.* 2003).

Les efforts entrepris par certains pays pour l'accroissement de la production de blé étaient orientés vers l'amélioration de leur patrimoine génétique. A titre d'exemple, on cite :

*La Roumanie a réussi à améliorer ses variétés en leur intégrant des caractères phénologiques provenant du blé de Syrie (Dracea *et al.* 1966).

*Le blé tendre italien (variété Stampelli) avait une paille très haute, il a fallu lui associer le gène de nanisme issu d'un germoplasme japonais afin d'améliorer ses capacités productives (Porceddu et Pérrino, 1983).

*Tout en associant à leur patrimoine génétique certaines caractéristiques leur faisant défaut, provenant de génotypes exotiques, la Syrie a atteint des productions élevées par l'amélioration de ses variétés locales issues de la population de blé Haurani (Kayyal, 1973).

Selon Crepieux (2005), de nombreux auteurs s'accordent à dire que les progrès en rendement observé chez le blé dur sont d'origine agronomique (amélioration des techniques culturales, traitements contre les maladies et ravageurs, maîtrise de la fertilisation azotée, désherbage).

Tandis que pour Lints (1987) et Brancourt *et al*, (2003), l'amélioration génétique était et restera le moteur de l'accroissement des rendements de par le monde. Elle est la seule alternative capable d'améliorer la production nationale et limiter les importations et concilier l'intérêt de l'agriculteur et son environnement.

L'objectif recherché, c'est une agriculture durable qui n'induit pas de préjudices aux ressources naturelles existantes, sans pour autant renoncer à l'amélioration du niveau de la production agricole (Atare, 2006).

Objectifs

Notre étude a porté sur la culture du blé dur (*Triticum durum Desf.*) pour l'enjeu stratégique qu'elle représente pour le pays. En effet, l'Algérie, à l'instar des autres pays en voie de développement, se propose d'assurer sa sécurité alimentaire notamment en céréales où la facture d'importation n'a cessé d'augmenter. La production de céréales malgré une certaine amélioration, connaît toujours des rendements faibles.

Pour assurer la sécurité alimentaire du pays, une augmentation des rendements est impérative mais elle reste liée aux contraintes climatiques où le facteur eau est très contraignant en fin de cycle.

A cet effet, l'amélioration des variétés locales, dotées de plusieurs caractères adaptatifs, d'ordre phénologiques, morphologiques et physiologiques, participent à l'amélioration de la tolérance aux stress abiotiques.

Sur le plan génétique, le matériel végétal composé généralement de variétés introduites reste inadapté aux conditions climatiques aléatoires du pays.

Les variétés locales à paille haute et à indice de récolte faible, qui, malgré leur adaptation, peinent à occuper une place parmi les variétés introduites du fait de leur faible rendement en grain d'où l'intérêt de l'amélioration génétique de ces variétés locales. L'analyse génétique des caractères morphologiques (talles herbacées, talles épis, longueur de la paille) poids de mille grains, nombre de grains par épi, poids des grains de l'épi) et indice de récolte sera effectuée à partir d'un croisement diallèle entre génotypes introduits et génotypes locaux.

L'hybridation est envisagée entre six variétés : deux locales (GuemGoum Erkham et Hedba 3) et quatre introduites (Acalou, Nefer et Excalibur), cette opération a pour but d'introduire quelques caractères nouveaux chez les deux variétés locales et plus particulièrement les caractères paille courte et indice de récolte en vue d'améliorer ce patrimoine national.

L'emploi de variétés courtes a pour objectif de diminuer la hauteur de la paille pour lutter contre la verse et augmenter l'indice de récolte pour améliorer la production de grains des variétés locales.

Les objectifs recherchés :

* la mise en évidence des effets génétiques impliqués dans l'expression de certains caractères morphologiques ainsi que l'indice de récolte,

* la recherche de formes transgressives pouvant être introduites dans un schéma de sélection pour l'obtention de lignées à paille courte et à indice de récolte élevé,

* l'obtention de lignées renfermant les caractères intéressants (paille courte, nombre de grains élevé et indice de récolte appréciable) reste un autre objectif à atteindre à long terme, après analyse de plusieurs générations.

PREMIERE PARTIE

ANALYSE

BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. Aspects économiques

Le blé dur (*Triticum durum Desf.*) est pratiqué dans la plus part des pays du monde. Son mode d'utilisation alimentaire est une caractéristique culturelle inhérente à chaque civilisation. Les céréales

et leurs dérivées constituent l'alimentation de base dans beaucoup de pays dont l'Algérie. La production des céréales à l'échelle mondiale en 2009 s'élève à 1793 millions de tonnes (Rapport MADR, 2009), alors que celle des blés durant la même année avoisine les 686 millions de tonnes.

La production nationale varie d'une année à l'autre de 20 à 40 millions de quintaux, exception faite pour l'année 2010 où elle a atteint les 62 millions de quintaux (Rapport MADR, 2012). La production céréalière de la campagne 2012/2013 était de 49 millions de quintaux. Une augmentation de la production de 21 % par rapport à 2011/2012 a été constatée, alors que l'objectif de production fixé pour la campagne 2012/2013 était de 52 millions de quintaux (Bulletin ITGC, 2013).

La surface céréalière en Algérie, jachère comprise, occupe 80 % de la surface agricole utile du pays. La superficie moyenne emblavée annuellement se situe entre 2,5 à 3,5 millions d'hectares. Le blé dur représente 37 % de la surface nationale emblavée (Rachidi, 2003). Parmi cette surface, on ne récolte que 63 % des emblavures (Selimi, 2005).

L'accroissement de la production en Algérie au cours de ces dernières années est lié étroitement aux conditions climatiques favorables (pluviosité) et à la politique de soutien des prix à la production du blé dur. La hausse du prix du quintal de blé a encouragé les agriculteurs à augmenter les emblavures de cette culture. Malgré le soutien des prix à la production ainsi que les moyens mis en œuvre pour couvrir les besoins nationaux, la production nationale reste en dessous des besoins en blé estimée à près de sept millions de tonnes par an ce qui a engendré des importations massives pour faire face à la demande.

L'Algérie a importé en 2007, sept cents mille tonnes de blé dur, ceci a placé le pays comme premier importateur de blé dur de France et l'un des premiers pays importateurs de blé à l'échelle mondiale (Jezequel, 2010). La dépendance de l'Algérie vis-à-vis des marchés mondiaux s'affirme de plus en plus par la facture d'importation en biens alimentaires qui est passée d'un milliard de dollars en 1990 à cinq milliards dollars en 2010.

La faible production ne permet pas d'assurer la sécurité alimentaire du pays ni la survie du système de production céréalière, ni un revenu décent aux agriculteurs, ni créer des emplois et encore moins d'assurer la préservation des ressources naturelles. La sécurité alimentaire du pays reste tributaire du développement agricole durable et plus particulièrement de celui des céréales. La consommation humaine en céréale en moyenne par personne et par an était estimée à 213 kg (Hervieu *et al.* 2006), tandis que celle de l'algérien est située entre 200 à 220 kg par habitant et par an (Bulletin ITGC, 2013).

Les superficies restreintes des exploitations agricoles de moins de dix hectares constituent un autre handicap pour l'intensification de cette production stratégique. Les conditions climatiques défavorables, la pratique d'itinéraires techniques inadéquats, les pertes dues aux maladies et ravageurs entraînent de faibles rendements. L'utilisation de géotypes non adaptés aux conditions du milieu est une contrainte supplémentaire aux faibles performances de notre céréaliculture. Le risque dans un avenir proche pour le pays c'est de ne pas trouver du blé sur le marché mondial, car les besoins mondiaux en blé sont et resteront globalement supérieurs à l'offre mondiale (Ansart, 2007).

I.2. Aspects techniques

La culture du blé dur est essentiellement pluviale, particulièrement sur les rives sud de la méditerranée, elle est soumise à des régimes pluviométriques variables est bien souvent faibles se traduisant par des contraintes hydriques fortes et erratiques (Blum et Prunel. 1990 ; Benchohra et Khaloufi. 2000). Le blé dur représente 8 % des superficies cultivées en blé dans le monde dont 70 % sont localisées en conditions méditerranéennes (Monneveux, 2002). Elle est pratiquée surtout dans les zones chaudes et sèches, où l'évapotranspiration est intense en période de maturation du grain (Grignac, 1978 ; Baldy, 1984).

En Algérie, l'aire de culture du blé dur s'étend des zones sublittorales aux zones des hautes plaines et hauts plateaux y compris les zones sahariennes (Belaid, 1986, Felliachi *et al.* 2001). Cette répartition de la culture sur les différentes zones bioclimatiques génère des contraintes diverses :

- * les stress hydriques en début et en fin de cycle végétatif (Benlaribi et Monneveux, 1988 ; Perkins et Jinks, 1968),

- * les hautes températures (sirocco) et gelées printanières,

- * le mitadinage : en zone sublittoral, cette contrainte est considérée comme un accident limité au blé dur et à la céréaliculture nord-africaine (Valdeyron *et al.* 1961). Le mitadinage a atteint plus de 30 % dans les zones du littoral à l'exception des variétés locales qui montrent une certaine résistance (Benbelkacem, 1993). La résistance au mitadinage est un caractère qui dépend des facteurs génétiques (Grignac, 1978). Un blé présentant un taux de mitadinage supérieur à 20 % est déclassé par les utilisateurs (Chevalier, 1957).

I.2.1. Cycle végétatif

Le cycle végétatif du blé dur comprend deux phases majeures pendant lesquelles toutes les composantes du rendement seront élaborées. Des contraintes diverses peuvent se manifester durant les différentes phases d'élaboration des composantes de rendement (Boyeldieu, 1980). Le rythme, le taux et la durée de production de talles ainsi que le nombre de celles qui aboutissent à des épis fertiles sont fonction de la température, du rayonnement, de la densité de semis et de la nutrition azotée (Anadif *et al.* 2000). La formation des composantes de rendement est étalée dans le temps, elle est soumise aux différentes conditions de croissance, comme elle subit aussi des effets de compensation entre ces composantes (Gallagher *et al.* 1976 ; Masle, 1982 ; Nachit et Jarrah (1986). Des études récentes suggèrent l'importance de la sélection des caractères physiologiques sur le rendement en grain en conditions de sécheresse (Benabdellah et Bensalem, 1993).

La période allant du semis au stade épi à un cm est réservé à la mise en place des talles et des premières feuilles. Couvreur et Masse, (1983) ont montré que plus la durée du tallage est longue plus l'épi aura un nombre d'épillets élevé. La formation des ébauches d'épillets au niveau de l'apex se fait aussi durant cette phase. A ce stade, la production de biomasse reste faible. D'après Gate *et al.*, (1993), la quantité de biomasse se situe entre 10 et 15 % par rapport à ce qu'elle peut accumuler au stade floraison. L'essentiel de la biomasse se constitue entre le stade épi à un centimètre et le stade floraison (Gate, 2007). Une biomasse élevée est une caractéristique désirable en milieu semi-aride (Richard *et al.* 1997).

L'autre phase débute par la formation des ébauches florales, d'abord les glumelles, puis les épillets. Juste après, commence la maturation des organes floraux, la croissance de l'épi et l'élongation de la tige. Dix jours avant l'épiaison, aura lieu la méiose pollinique, sur le plan morphologique c'est l'émergence de la dernière feuille. Le nombre de fleurs viables par épillets décroît entre le stade dernière

feuille et le stade floraison (Gate, 1995). L'étude menée par Bouzerzour *et al.* (1998) montre que les génotypes tardifs présentent une fertilité des épis plus élevée que chez les génotypes précoces. Les basses températures au cours du stade épiaison réduisent fortement la fertilité des épis (Abbassene *et al.* 1998 ; Naresh *et al.*, 2014). La régression du nombre de fleurs viables est imputable à la compétition entre l'épi et le développement de la tige (Ledent, 1978).

La biomasse aérienne accumulée au stade épiaison est la résultante de la contribution de plusieurs caractères comme la hauteur de la tige, la durée de la phase végétative et le nombre de grains produit par unité de surface (Benabdellah et Bensalem, 1993). L'accroissement du nombre d'épis n'entraîne pas toujours une augmentation du rendement à cause de la compétition induite par le nombre de grains par épi (Combe, 1982).

Juste après la fécondation débute le remplissage des cellules des grains par l'amidon ainsi que par des protéines provenant de la dégradation des tissus foliaires en sénescence. La sénescence des feuilles et des tiges va précipiter la migration de l'azote et du carbone vers le grain (Juste *et al.* 1997). Le col de l'épi joue un rôle de transfert d'hydrates de carbone vers le grain pour son remplissage (Wardlaw et Willenbrik, 2000). La phase post floraison correspond à l'élaboration du poids de mille grains (Gate, 2007). Les fortes températures au cours de la période du pallier hydrique provoquent l'arrêt de la migration des réserves des feuilles et des tiges vers le grain ce qui entraîne l'échaudage du grain (Fisher, 1985). Généralement le blé dur est réputé résistant à la sécheresse (Lebonvollet, 2002).

En moyenne, l'azote des feuilles et des tiges à l'anthèse représente 30 à 42 % de l'azote totale contenue dans la plante (Moussadegh et Mougli, 1999). Selon Barbotin *et al.* (2005), 60 % de l'azote du grain à maturité provient de la remobilisation. La durée de la phase remplissage a le plus grand effet sur le poids moyen du grain (Wardlaw et Willenbrik, 2000).

La phase maturité physiologique marque la dessiccation du grain. La teneur en eau baisse de 85 à 55 % et l'accumulation de la matière sèche ralentit jusqu'à son arrêt total à la maturité physiologique (Bensalem *et al.* 1993). La phase de dessiccation : correspond à la perte progressive de l'humidité du grain qui peut atteindre entre 20 à 15 %.

I.2.2. Rendement

Le rendement moyen du blé dur en Algérie de la période 1991 à 1995 est le même que celui de la période 1871 à 1975, qui est de 6 et 8 q/ha (Anonyme, 2005). En Europe, il avoisine les 60 q/ha durant la même période (Badoux, 1979). La stagnation des rendements montre les limites de la politique nationale optée par le pays notamment l'introduction de variétés à haut rendement.

Le rendement national en grain du blé dur est le plus faible du bassin méditerranéen, il avoisine les 8 q/ha contre 70 q/ha chez les pays de l'union européenne (Belaid, 2000; Meziane, 2002). En plus des facilités financières, de la mécanisation des travaux, de l'utilisation appropriée de la fertilisation azotée et de la lutte contre les ennemis et maladies des céréales, les pays européens ont investi dans la recherche de nouvelles variétés par l'amélioration de leur propre patrimoine génétique (Evans, 1998 ; Kleder, 2002). L'amélioration génétique a apporté un plus estimé entre 33 et 60 % au rendement des pays européens (Brancourt *et al.* 2003).

Les efforts entrepris par nos pouvoirs publics de 1990 à 2012 ont permis aux rendements du blé dur de passer de 8 q/ha à 18 q/ha, alors que l'objectif fixé était de 40 q/ha (Bulletin ITGC, 2013). Cette évolution dérisoire des rendements est le fruit des investissements énormes engagés par l'état dans l'amélioration des semences (traitées) et les prix attractifs aux producteurs décidé par l'état

(Chehat, 2007). N'oublions pas la pluviosité de ces dernières années qui a favorisé énormément la hausse des rendements (Rapport MADR, 2012). Le rendement en grain dépend étroitement de la quantité d'eau disponible pendant la période allant de l'anthèse à la maturité (El Fakhri *et al.* 2010).

Tous les écrits consultés, relatifs à la production des céréales ne font pas allusion à l'amélioration génétique qui était le moteur de la croissance des rendements en Europe. Les rendements en Algérie sont étroitement liés au total des précipitations à savoir que seulement 4 % des terres emblavées en blé reçoivent une pluviométrie supérieure à 600 mm, alors que 81% des terres ne reçoivent que 350 mm par an (Houassine, 2004).

Une étude menée sur la stabilité des rendements par Meziane en 2002 et Hamadou et al en 2012 ont montré que les variétés locales ont obtenu des rendements plus proches de la moyenne que les variétés introduites en conditions difficiles. Les variétés à paille haute sont plus productives dans les zones affectées par la sécheresse que les variétés naines (Bouzerzour *et al.* 1998). Les génotypes à paille haute sont aptes à stocker plus de réserves glucidiques qui migreront en fin de cycle vers le grain (Kerby et Kuspira. 1987).

Le rendement est gouverné par un ensemble de gènes (caractère polygénique) et par les conditions environnantes (Picard, 1991 ; Pasqualone *et al.* 2000). Les études menées par Bouzerzour et Dekhili en 1995 ont montré que le rendement en grain est un caractère complexe polygénique et très variable. Le rendement est la composante qui se forme tout au long du cycle, son expression est tributaire de l'interaction génotype \times milieu (Lebail, 1997). L'expression de ce caractère résulte du fonctionnement d'un peuplement qui est en concurrence pour l'utilisation des ressources du milieu pendant la durée du cycle végétatif (Leterme *et al.* 1994). Le processus d'élaboration du rendement est établi de telle façon que chaque composante ne soit pas un facteur limitant de la composante suivante (Nolo, 1993).

Pour accroître le rendement du blé en Algérie et garantir la sécurité alimentaire du pays, il est impératif d'engager un programme d'amélioration des variétés locales auxquelles on leur associerait les caractéristiques leur faisant défaut provenant de variétés étrangères.

I.3. Biomasse

La quantité de biomasse synthétisée par an à l'échelle mondiale est évaluée à 200 milliards de tonnes (Anonyme, 2007). Cette biomasse est renouvelable et ne doit pas produire plus de CO₂ quand elle brûle qu'elle n'absorbe lors de la photosynthèse. Elle désigne l'ensemble des matières organiques d'origine végétale. La biomasse d'un peuplement se compose de tous les organes végétaux qui sont en concurrence ou en compensation pour leur croissance ou leur développement.

La formation de biomasse d'un peuplement végétal est due à un ensemble de pratiques culturales qui consiste à optimiser chaque facteur et chaque condition de manière raisonnable sans créer de concurrences excessives entre les individus d'un peuplement (Charcosset, 1990).

Une croissance rapide d'un champ de blé en zones semi-aride, au début du cycle, améliore l'utilisation des pluies hivernales et entraîne l'obtention d'une biomasse élevée à maturité (Cantero *et al.* 1995). La biomasse d'un champ de blé se résume à la quantité de feuilles, tiges, racines et grains produite durant le cycle végétatif.

I.3.1. Composantes de la biomasse végétale

Selon Couvreur et Masse (1983) et Garcia Del Moral *et al.* (1989), le rendement s'élabore tout au long du cycle de développement de la plante. Les composantes de rendement agissent en interaction entre elles ce qui induit un certain nombre de facteurs et d'effets physiologiques qui se forment successivement ou simultanément durant le cycle végétatif, entre lesquels des phénomènes de compensation interviennent (Ingoat et Couvreur 1979 ; Kerby et Kuspira, 1987).

Dans certaines limites, les composantes entrent en concurrence entre elles, ce qui peut affecter positivement ou négativement le rendement final (Grignac, 1970 ; Vilain, 1989 et Nolo, 1993).

I.3.1.1. Biomasse foliaire

La feuille constitue le lieu idéal pour la synthèse des assimilats destinés à la croissance et au développement des autres organes de la plante. La surface foliaire est le principal facteur de la formation de la biomasse. Les feuilles et les glumes sont les sources puits chez le blé au début et à la fin de la croissance du grain. La croissance et le développement de la surface foliaire fait appel à des structures à trois dimensions qui reposent sur les tissus de soutien, de protection et de synthèse (Greenwood *et al.* 1990).

Pour Lawlor (1995), la réduction de la surface foliaire sous contrainte azotée a un effet négatif sur la production totale de la biomasse. La nutrition azotée a un effet sur la croissance des feuilles et la division cellulaire (Nelson, 1994) (croissance) et leur capacité photosynthétique (Feild et Ney, 1986). Un déficit d'absorption en azote réduit l'indice foliaire de la culture de façon variable selon la durée et le stade d'occurrence du déficit (Maillard et Bonhomme, 1998). Une intense activité de la fluorescence chlorophyllienne est observée chez la dernière et l'avant dernière feuille du blé après un apport azoté (Boissard *et al.* 2000)

Les meilleurs rendements en grain sont obtenus avec des indices foliaires de 8 à 10, à condition que le couvert végétal ne verse pas (Boyeldieu, 1980), l'auteur évoque aussi l'importance des feuilles dressées. Le manque d'eau en conditions de stress salin, l'indice foliaire du blé joue le rôle de régulateur (Alem *et al.* 2002).

La mise en place d'un appareil foliaire et d'une structure de l'épi augmente le rendement chez le blé d'hiver (Triboi et Ntonga, 1997). La dernière feuille et le col de l'épi fournissent la majorité des hydrates de carbone des grains (Auriau *et al.* 1975 et Auriau, 1978). La baisse de l'indice foliaire est corrélée positivement avec la baisse du rendement en grain (Chakib *et al.* 2002). L'indice foliaire correspond à la surface des feuilles exprimée en mètre carré de sol, une seule face est prise en compte. Hirel *et al.* en 2003 notent entre 60 % à 70 % des protéines des organes aériens sont dégradés au cours de la sénescence, tandis que l'azote issu de la dégradation est exporté vers les organes de réserve en formation qui est le grain. La chute du rendement en grain est induite par la réduction du nombre de grains par épi et de l'indice de récolte chez l'orge (Sehabi *et al.* 2001).

Le blé lutte contre la sécheresse qui entrave l'augmentation de sa biomasse par les mécanismes morphologiques ou physiologiques suivants :

L'enroulement des feuilles entraîne une baisse de 40 à 60 % de la transpiration (O'toole et Gruz 1980 ; Hakimi et Monneveux, 1993). Pour Blum et Prunel en 1990, les feuilles étroites favorisent la réduction des pertes d'eau.

La glaucescence, la pilosité des feuilles, des tiges et même la couleur claire des feuilles de certaines variétés de blé induisent une baisse de la transpiration par une

augmentation de la réémission de la lumière reçue ce qui conduit à une réduction de la perte en eau (Clarke *et al.*, 1989).

I.3.1.2. Rendement en paille

Plusieurs facteurs où groupe de facteurs agissent pendant des phases précises pour assurer la croissance de la tige, constituant important de la biomasse chez le blé, certains de ces facteurs agissent sur la croissance des nœuds, les autres sur l'élongation des entre-nœuds. Le nombre élevé de facteurs mis en jeu dans le déterminisme de la taille de la plante rend la fixation des lignées beaucoup plus longue (Paquet, 1968).

Une bonne nutrition azotée provoque l'allongement des tiges et les rend rigides au début de la montaison surtout en conditions défavorables ce qui peut engendrer une baisse du rendement (Cliquet *et al.* 2001). Tandis qu'un déficit en azote peut entraîner une dépréciation qualitative de la plante entière ce qui va avoir des effets négatifs sur le rendement (Bacci *et al.* 1991). La production des parties aériennes est étroitement liée à la teneur en nitrates du milieu, tandis que le développement racinaire est peu sensible (Ghouar, 2006).

Les pailles hautes ont la capacité de stocker et de transférer des substrats glucidiques pour la finition du grain (Annicchiarico *et al.* 2005). Une paille haute est capable d'emmagasiner plus de matières glucidiques qui seront transférées vers le grain pendant le remplissage de ce dernier (Alexandra, 1999 ; Selles et James, 2000). Mekhlouf *et al.* (2006) et Houassine, (2004) notent que les variétés à paille haute s'adaptent mieux au déficit hydrique que les variétés introduites, alors que Simpson (1968) montre que les variétés courtes sont plus productives que les variétés à paille haute. Les fortes températures au moment de la montaison ont tendance à réduire la longueur des entre-nœuds même en conditions normales de culture (Gate, 2007).

L'élongation du col de l'épi et de l'épi peut être plus au moins rapide ce qui permet à l'épi de dépasser plus au moins tôt la dernière feuille (Gillet, 1980). Ce dépassement de l'épi lui assure la lumière et lui évite l'infestation de maladies. Le nombre d'épis par mètre carré se forme tôt dès que le maître-brin entame sa montée, juste après la réalisation du stade épi à un centimètre (Hoshino et Tahir 1987).

I.3.1.3. Rendement en grain

Le grain constitue l'élément fondamental de la biomasse chez le blé. Le nombre de grains produit par plant est étroitement lié à la croissance de la matière sèche pendant toute ou une partie de la phase de formation des grains. Le grossissement du grain est assuré par l'activité photosynthétique et la migration des réserves accumulées par les tiges et les feuilles en fin de cycle (Fahkfar et al, 1998).

Les réserves azotées de l'appareil végétatif et particulièrement celles de la tige et des feuilles seront remobilisées pour la formation des grains (Triboi et Ntonga, 1997 ; Gate, 2007). Un déficit d'absorption d'eau pendant la remobilisation réduit le nombre de grains formés de manière variable selon la date et l'intensité du déficit (Blanco *et al.* 1996). Les variations de rendement en grain induites chez les céréales par le niveau d'azote sont essentiellement liées aux variations du nombre de grains par mètre carré, composante très sensible à la fertilisation azotée (Sinclair, 1998 ; Benedict, 2001). La variation du nombre de grains est fonction de la variété et de la date de semis (Addiscott *et al.* 1991).

Un peuplement trop dense génère une compétition importante pour l'azote, ce qui se traduit par une fertilité moindre des épis (Masle et Doussinault, 1989). Un apport d'azote pendant la formation de la biomasse est le meilleur compromis pour optimiser l'efficacité de conversion de l'azote absorbé en biomasse des grains et en protéines (Gate et Giban 2003). La capacité photosynthétique est fortement liée à la nutrition azotée, qui régule la distribution des assimilats au niveau des organes aériens ainsi qu'au sein du système racinaire (Feild et Ney, 1986). La remobilisation de l'azote se poursuit même si la production d'assimilats carbonés cesse au niveau des feuilles (Dalling et Peoples, 1988 ; Cliquet *et al.* 2001).

Selles et James (2000) estiment que la teneur en protéines du grain de blé varie entre 8 et 20 %, la majeure partie de cette variabilité est causée par des facteurs environnementaux comme la disposition de l'azote, l'eau, la température et l'intensité lumineuse. La teneur en protéines des grains liée aux facteurs génétiques est de 2 % comparativement à 12 % rendu aux facteurs environnementaux (Legouis, 2002).

De par sa position et son âge, la dernière feuille joue un rôle primordial dans le remplissage du grain. Elle peut assurer jusqu'à 85 % de la quantité remobilisable (Ledent, 1978). Le remplissage du grain présente une meilleure corrélation avec la capacité de remobilisation de l'azote des parties végétatives (Reed *et al.* 1980). Selon Sabaghnia *et al.* (2006), le génotype idéal est celui dont le rendement grain est le plus élevé.

I.4. Indice de récolte

Avant les années 1925, l'amélioration de l'indice de récolte était considérée comme le résultat de l'augmentation du rendement en grain. Le rôle de l'indice de récolte dans l'amélioration des rendements ou d'une manière générale la production de biomasse reste sujette à discussion (Deghais, 1993).

L'indice de récolte est déterminé par le rapport du rendement final en grain à la biomasse aérienne produite à maturité (Bensalem *et al.* 1991 ; Guerif et Seguin, 2001, Desimir *et al.* 2009). Ce paramètre peut mesurer aussi le rapport entre le rendement en grain produit et le rendement en paille récolté : $IR = RG \text{ (gm}^2\text{)}/RP \text{ (gm}^2\text{)}$ (Zarkouna, 1985 ; Huang et Gao 2000). Cet indice indique le degré de reconversion d'une partie de la biomasse aérienne en grain (Bouzerzour *et al.* 1998).

La récolte des tiges et des grains ne constitue pas toute la biomasse produite, car les racines et certains organes aériens (feuilles, talles) qui ont péri durant le cycle n'ont pas été pris en considération du fait de leur destruction. Le tallage a un rôle primordial dans la formation de la biomasse totale et de la biomasse à maturité.

Selon Hurd (1975), Les gènes de nanisme agissent sur la biomasse aérienne et souterraine. Alors que Lupton (1987) ainsi que Pepe et Welsh (1979) révèlent l'absence de relation entre les gènes de nanisme et l'importance du système racinaire. Par contre, Jaradat et Duwayri (1981) suggèrent que les gènes de nanisme sont associés à une réduction du système racinaire. Joshi *et al.* (2004) ont signalé le type d'interactions des gènes de nanisme dans leurs études sur l'indice de récolte.

Une étude menée par Gebhardt (1990) démontre que l'indice de récolte est sous l'effet des gènes dominants. Plus la quantité de grains est faible plus l'indice de récolte montre une expression moyenne du caractère.

Un indice de récolte élevé et une réduction de la surface transpirante sont associés très souvent à un évitement de la contrainte hydrique (Keim et Kroustad 1981 ; Fussel *et al.* 1991).

Les travaux de Jordacijevic en 2009 ont montré que l'utilisation de l'indice de récolte pour la sélection de variétés productives ne fait pas l'unanimité chez les chercheurs. Tandis que Barrière *et al.* (1987) et Gonzalez et Cabrera (1999) affirment que l'évolution du rendement en grain est due essentiellement à l'amélioration de l'indice de récolte.

Il est très intéressant d'avoir des génotypes qui produisent une biomasse aérienne conséquente (nombre de talles, paille courte et nombre de grains au mètre carré). Dans des conditions de croissance favorables l'indice de récolte avoisine les 50 %, et il baisse aux environs de 35% en conditions arides (Richard *et al.* 1997). Ce rapport s'intensifie avec la quantité d'eau utilisée par le blé après l'anthèse et plafonne au-delà de 30 % (Debacke *et al.* 1996). La réduction de la taille des tiges du blé contribue à une réduction de la sensibilité à la verse et conduit aussi à l'augmentation de l'indice de récolte (Bamoun, 1997).

I.5. Variabilité génétique et amélioration du blé

I.5.1. Origine géographique et génétique du blé dur

Le blé dur est probablement apparu dès le néolithique à partir des sous-espèces *dicoccum*. On le trouve dès le septième millénaire avant J.C. à Can Hassian III, Turquie et tell Aswad (Syrie) et dans l'Ouest de la Méditerranée. La culture du blé paraît avoir débuté dans le croissant fertile, une zone du proche Orient allant de la Syrie au nord de l'Irak (Baldy, 1974). Il n'est apparu en Egypte que vers 300 ans avant J.C (Morris et Sears, 1967). Le blé dur est une espèce autogame cultivée il y a plus de 8000 ans dans la région du croissant fertile dont l'origine reste très controversée (Bonjean et Picard, 1990).

D'autres auteurs faisant référence aux travaux d'Orlov en 1923 suggèrent que le blé est apparu en Afrique du nord avec l'arrivée des arabes, tandis que l'origine de l'espèce *Triticum durum* Desf. reste l'Ethiopie (Nastasi, 1964 ; Negassa, 1986 et Okamoto, 1957). Pour d'autres, le blé dur serait apparu dans le sud de l'Abyssinie (Afrique), il y a environ 7000 ans par une hybridation entre deux herbes sauvages proches du blé : *Aegilops speltaoides* et *Triticum beoticum* (Ecochard, 1961). Mckey en 1968 avance l'idée que le blé dur est issu du croisement entre deux espèces ancestrales *Triticum monococcum* et *Aegilops speltaoides*. Grignac (1978) affirme que l'origine de *Triticum durum* Desf. (blé dur) est le Moyen Orient où coexistent les deux espèces parentales *Triticum monococcum* (espèce cultivée) et *Triticum beoticum* (espèce sauvage).

Selon D'Amato (1989) et Bonjean (2000), le blé dur est le résultat de la coexistence de deux génomes *Triticum monococcum* avec le génome AA et *Aegilops speltaoides* avec son génome BB ou un autre génome de la section des sitopsis qui ont donné $2n = 4x = 28$ chromosomes symbolisé par AABB. D'après Lelley (1976) rapporté par Messiam (1981), le génome B provient de l'*Aegilops speltaoides* dont le génome en général est désigné par la lettre S.

Les travaux relatifs à la structure chromosomique des blés de Sears et Kihara, rapportés par Cauderon (1958) et Cauderon (1978), ont montré que les différentes étapes de l'évolution des blés s'étaient produites par une succession de croisements et de dédoublements chromosomiques il y a environ cinq cents milles ans. Les arguments phylogénétiques affirment que ces espèces sont apparues depuis longtemps dans le nord de l'Afrique.

Pour Scofield (1902) ; Bœuf, (1948) et Vadeyron (1961), l'Algérie doit être considérée comme un centre de diversité du blé dur. Une étude récente, menée par Sourour et Samim Amara (2008), affirme que la Tunisie est un centre secondaire de diversification de blé dur.

Le passage des formes sauvages aux formes cultivées a consisté en une diminution considérable de l'égrenage spontané à maturité (Messiaen, 1981), ainsi qu'à la baisse de la germination sur pied du blé dur, ce phénomène est sous l'effet de gènes récessifs (Upadhyay et Paulsen, 1988).

I.5.2. Déterminisme génétique

Le déterminisme génétique de certains caractères est complexe, et implique de nombreux gènes à effet individuel dont l'expression peut varier fortement en fonction de l'environnement. La variation de l'expression d'un génotype selon l'environnement s'appelle la plasticité phénotypique (Lints, 1987). Les caractères qui sont influencés dans leur expression par l'environnement sont appelés caractères mesurables, on cite à titre d'exemple (le rendement, la précocité, la taille de la plante, le poids de mille grains, la teneur en protéines...). Le déterminisme génétique de ces caractères n'est que l'expression d'effets conjugués du génotype et de son environnement (East, 1916, Falconer, 1972).

Depuis longtemps, l'intérêt des sélectionneurs se porte vers une meilleure connaissance des gènes impliqués dans le déterminisme des caractères à sélectionner. Cette connaissance pourrait permettre de prédire la valeur génétique des individus selon leur génotype.

On admet que plusieurs secteurs chromosomiques portant un ou plusieurs gènes sont impliqués dans le contrôle de ces caractères quantitatifs. Si on connaissait l'agencement de ces gènes sur les chromosomes, et que l'on connaissait leurs effets au sein de chaque génotype, on pourrait déterminer les meilleures combinaisons possibles à réaliser pour obtenir l'idiotype recherché ayant des caractéristiques intéressantes et complémentaires (Devienne, 1998)

I.5.3. Amélioration variétale

Depuis les premières domestications, l'homme exerce une sélection sur les espèces d'intérêts agronomiques en choisissant les plantes qui répondent à ces besoins. Cette entreprise basée uniquement sur l'aspect visuel pendant des milliers d'années a pris de l'ampleur au cours des deux derniers siècles, surtout avec la découverte des lois de Mendel, devenues par la suite la base génétique de l'amélioration des plantes (Auriau, 1978).

Un programme d'amélioration du blé est toujours orienté vers la diminution des coûts de production, une meilleure régularité des rendements, la qualité des grains recherchée par les utilisateurs industriels (Gallais et Bannerot 1992 ; Bouchard, 1997). L'amélioration des variétés de blé dur est beaucoup plus récente que celle du blé tendre et n'intéresse que certains pays développés principalement les USA, le Canada et les pays d'Europe qui visent le monopole du marché mondial (Feyerhem *et al.* 1989).

Les premiers travaux sur la recherche variétale en Algérie ont été le résultat d'exploitation de botanistes (Benbelkacem et Kellou 2000). Orlov, cité par Erroux, (1958), signale la présence en Algérie en 1922 de 22 variétés botaniques de blé dur, sur les 34 qu'il reconnaissait au total et parmi lesquelles se trouvent plusieurs génotypes formant des mélanges (populations).

L'agriculture empirique ancienne constitue un moyen de transfert d'un précieux patrimoine à nos agriculteurs (variétés du pays) bien adaptées aux conditions locales.

Les informations scientifiques révèlent que chez les parents sauvages du blé cultivé existe des ressources importantes en variabilité génétique porteuses de nombreux gènes à fort potentiel économique (Demarly, 1963 ; Gay, 1984).

I.5.4. Introduction de variétés étrangères

La politique menée par les pouvoirs publics, consistait à importer des variétés toutes faites au lieu d'engager un processus d'amélioration du patrimoine génétique existant qui recèle de pas mal de caractéristiques intéressantes. A partir des années 1970, l'Algérie a entamé l'introduction de variétés dites à haut rendement, par l'importation de quatre variétés de blé dur (Hachemi et De Beranger 1977). Cette politique menée par les autorités du pays a entraîné le remplacement du matériel génétique ancestral par un matériel nouveau plus exigeant et non adapté (Abdelguerfi, 1988). L'introduction de nouvelles variétés d'orge était la cause de la disparition des variétés locales (Megersa, 2014).

Ces variétés nouvellement introduites se caractérisent par une plus grande sensibilité aux grandes variations des conditions climatiques qui caractérisent notre pays (Bouzerzour, 1992). D'après Mihamou (1992), au bout d'une certaine période les performances d'une variété introduite peuvent diminuer, c'est le cas de la variété Siete Cerros mexicaine, qui était considérée, lors de son introduction, résistante à la rouille jaune s'est avérée avec le temps sensible à cette maladie.

La variabilité intra spécifique du patrimoine local, pour la tolérance aux différents stress, est un atout des géotypes locaux pour leur prise en charge dans un programme d'amélioration (Chaker et Brinis, 2005).

La création de variétés nouvelles n'est pas toujours génératrice de profit. Sur le nombre de variétés créées et inscrites par un sélectionneur, seul, un très faible nombre aura une carrière commerciale permettant un retour sur l'investissement en recherche suffisant.

La création variétale nécessite une innovation constante même si en 2014 un sélectionneur possède les meilleures variétés du marché, il doit sans cesse continuer à créer et développer de nouvelles variétés qui n'arriveront sur le marché qu'en 2023, et, qui devront être plus performantes que celles de ses concurrentes (Bartos *et al.* 2000).

Selon ces auteurs, toute nouvelle avancée scientifique dans le domaine de la méthodologie ou des techniques a été rapidement utilisée dans les entreprises de sélection, que ce soit pour permettre un gain en temps, en précision ou en moyens afin de réduire les coûts d'obtention .

L'utilisation des marqueurs moléculaires dans les années quatre-vingt a été d'un apport sans précédent dans la sélection. Il devient possible de repenser la sélection phénotypique (classique) sous l'angle des marqueurs, qui permet de lire directement l'information des gènes sur les chromosomes pour faciliter et activer leur sélection (Najimi *et al.* 2003).

I.5.5. Sélection

I.5.5.1. Choix des parents

Le choix des parents est une phase décisive dans la méthode de sélection, dans la mesure où on pourrait prédire de façon précise, la valeur des parents et celle de leur descendance. L'homme

puise dans la diversité du vivant et crée des variétés adaptées à ses besoins. La maîtrise de la transmission génétique des caractères est essentielle, avant d'entamer un travail de sélection.

Plusieurs auteurs ont mentionné l'existence d'une grande diversité génétique dans les variétés locales de blé (Baillaud, 1911).

D'après Harlan (1976) et Hazmoune, (1991), les efforts de sélection ont été dirigés vers les zones favorables à la culture du blé dur jusqu'à présent. Les nouvelles orientations des pouvoirs publics en matière de sélection variétale sont orientés vers les zones marginales, d'ailleurs la convention entre l'ICARDA et l'ITGC s'inscrit dans cette perspective (Zaghouane, 2012). La sélection des variétés locales dans les zones marginales est la meilleure solution pour répondre aux attentes des agriculteurs locaux.

Les futurs progrès de sélection viseraient l'accroissement du rendement dans les zones à environnement défavorable par le biais de sélection de cultivars à adaptation spécifique aux stress de chaque environnement (Acevedo, 1992). En Algérie, 40 à 50 % des superficies emblavées en blé sont situées sur des terres peu productives (Rachidi, 2003), ce qui nécessite des génotypes spécifique.

Pour Sasukuma *et al.* (1978), l'objectif principal est de sélectionner des plantes répondant aux critères recherchés (paille courte, résistantes aux maladies de fin de cycle et production de biomasse). La sélection des variétés de blé au cours des dernières décennies a privilégié la baisse de la taille, l'augmentation du nombre de grains par épi et le poids du grain par plante (Dennis et al, 2012). L'utilisation de modèles mixtes (sélection massale, sélection individuelle) de sélection pour prédire les valeurs génétiques des hybrides peut être remise en cause selon les difficultés rencontrées par le processus de sélection (Barnard et al, 2002).

I.5.5.2. Méthode de sélection

Le choix d'une méthode de sélection et son efficacité sont fondamentales dans la réussite d'une telle entreprise. L'efficacité d'une méthode de sélection est définie en termes de gain génétique par unité de temps (Lefort, 1985). La première génération F_1 est le résultat entre le parent castré (plante choisie comme femelle) et le parent donneur de pollen (plante choisie comme mâle). Les plants obtenus sont tous semblables. A partir de la F_2 , les plants ne se ressemblent pas. A ce stade la variabilité génétique s'exprime pleinement, chaque plante de la population est différente de sa voisine et elle est fortement hétérozygote (Coumans *et al.* 1993).

Les plants comportant certains caractères recherchés seront choisis. La sélection pendant la phase d'autofécondation peut aboutir à de nouvelles lignées apportant un progrès génétique (Gallais, 1977). Les plantes qui montrent des caractères individuels analogues à l'idiotype visé seront sélectionnées.

Parmi les plants de la deuxième génération, 50 % de leur génome est fixé, le reste du matériel est en ségrégation et rend la sélection difficile. A partir de la troisième génération la sélection individuelle sera appliquée et ainsi de suite jusqu'à la n ème génération.

I.6. Effets génétiques

L'expression d'une grande proportion d'effets génétiques du blé dépend des conditions environnementales et physiologiques (Seki *et al.* 2002). Les effets génétiques comprennent les effets d'additivité, de dominance et d'épistasie. La dominance apparaît comme la somme d'interaction entre des segments homologues (Demarly, 1977). Cet effet se produit quand deux allèles homologues sont

différents et que l'un impose son fonctionnement à l'autre (Vilain, 1989). Un allèle dominant n'est naturellement favorisé que s'il constitue un avantage sélectif pour le sélectionneur (Gallais, 1978).

Cette dominance peut évoluer selon le milieu d'une situation de dominance à une situation de superdominance (Falconer, 1972). Cette superdominance pourrait être remise en cause dans des interactions génotype \times milieu. Selon Demarly (1977), la superdominance joue seulement un rôle en conditions défavorables, ce qui explique que la vigueur hybride soit plus importante en conditions défavorables qu'en conditions favorables.

Les effets d'épistasie qui se produisent entre des loci plus éloignés ou interviennent en position « trans », sont susceptibles à des modifications à chaque génération selon les rencontres gamétiques (Boyeldieu, 1980). Des effets d'épistasie sont trouvés chez la hauteur de la plante et la densité des épis (Wladyslaw, 1988).

L'additivité constitue la valeur générale d'un géniteur ou de son aptitude à transmettre ses caractères à sa descendance (Falconer, 1972). L'additivité est un effet génétique qui est héritable. L'action additive, associée à une forte corrélation entre les hybrides F_1 et F_2 , est assimilée à de l'héritabilité (Falconer, 1981). L'effet d'additivité d'une structure représente la part constante que sa présence apporte dans la réalisation d'un phénotype (Demarly, 1977).

Le sélectionneur sera intéressé par le pourcentage de la variance phénotypique dû aux effets génétiques généraux ou bien à la variance additive. Une forte additivité mise en évidence au niveau des croisements peut coexister avec une superdominance (Gallais, 1974).

I.7. Hétérosis

L'effet hétérosis a été montré en 1914 par le scientifique Shull qui a suggéré qu'il n'était que le fruit de l'état hétérozygote de l'hybride. Ce phénomène «vigueur hybride ou hétérosis» a été observé par de nombreux sélectionneurs chez le blé en première génération chez des croisements qu'ils réalisent (Auriau *et al.* 1975), cet auteur a observé une vigueur hybride chez le blé qui s'est manifestée par un développement végétatif accru, leur tallage est plus fort et la taille des feuilles et des tiges plus grande.

Un hétérosis important s'est manifesté en F_1 suite à un croisement avec plusieurs variétés de blé d'origine différentes (Kayyal, 1973). L'effet hétérosis ou vigueur hybride constitue l'augmentation de nombreux caractères (vigueur de la plante, augmentation du rendement, résistance aux maladies...) d'un individu hybride par rapport à ces parents. L'hétérosis désigne la supériorité de la valeur moyenne des hybrides par rapport à celle de la meilleure population parentale (Verrier *et al.* 2001) ou par rapport à la moyenne des deux parents. Pour Birchler *et al.* (2010), l'hétérosis est un phénomène qui se produit à partir d'un croisement entre parents proches ou éloignés. Cet effet est d'autant plus accentué lorsque les parents sont éloignés génétiquement. Certains auteurs ont montré la forte influence de la densité de semis sur la manifestation de la vigueur hybride (Kashif *et al.*, 2003).

L'hétérosis peut s'expliquer par les effets de dominance ou de superdominance que renferment les deux parents (Mayo, 1980).

Un certain nombre de gènes responsables de l'hétérosis n'ont pas encore été identifiés chez le blé (Qixin Sun *et al.* 2004). Le mécanisme moléculaire de l'hétérosis est mal compris (Somerville C. et Somerville S. 1999). Pratiquement, la production d'hybrides intraspécifiques ou interspécifiques, n'est

justifiée que si les individus hybrides présentent une certaine utilité économique, c'est-à-dire un avantage moyen par rapport aux lignées parentales.

I.8. Héritabilité

Deux types d'héritabilité peuvent être calculés. Il s'agit de l'héritabilité au sens large qui exprime la part de la variance phénotypique due à l'ensemble des actions des gènes (additivité, dominance, épistasie) et de l'héritabilité au sens étroit qui exprime la part de la variance phénotypique attribuable à l'effet moyen des gènes (Falconer, 1972).

*L'héritabilité au sens large est calculée comme suit :

L'héritabilité au sens large est le rapport entre la part de la variance génétique et la variance totale

$h^2 = VG/VP$ Variance Phénotypique = Variance Génétique + Variance Environnementale,

*L'héritabilité au sens étroit est calculée comme suit :

$h^2 = VA/VP$, (Variance Additive = 2(Variance AGC)). Elle permet de déceler la fraction fixable (additivité) et celle qui ne l'est pas.

Ce paramètre nous renseigne sur l'additivité qui peut être transmise avec certitude à la descendance.

En effet, les caractères totalement déterminés par les gènes à effets additifs sont entièrement héréditaires (Ecochard, 1961). L'héritabilité au sens étroit est formée presque entièrement par l'additivité des effets des gènes et des effets d'épistasies cis qui peuvent être considérés comme de l'additivité (Demarly, 1977).

**DEUXIEME
PARTIE
MATERIEL ET
METHODES**

1. Lieu des expérimentations

Les expérimentations ont été réalisées durant les campagnes 2006/2007 et 2007/2008 à la station expérimentale de l'Institut Techniques des Grandes Cultures (ITGC), située dans la zone semi-aride du haut Chélif (Khemis Miliana).

Le suivi des essais durant chaque campagne nous a permis de relever toutes les observations nécessaires pour évaluer le comportement des différents génotypes. A des stades précis du cycle végétatif des variétés, nous avons effectué des comptages et des mesures sur champ pour certains caractères. Tandis que pour d'autres mesures ou comptages effectués au laboratoire, des prélèvements de bottillons de plants ont été utilisés.

2. Matériel Végétal

Pour notre étude, nous avons choisi deux génotypes locaux et quatre autres importés de la station de recherche de Montpellier. Ces génotypes ont des caractéristiques botaniques et morphologiques différentes (tab.1). Les lignées parentales choisies pour l'étude se caractérisent par une grande diversité génétique.

Les deux variétés locales choisies sont Hedba 3 et Guem Goum Erkham. Elles produisent une biomasse importante, un faible nombre de talles, un poids de mille grains élevé, une paille très haute et un faible indice de récolte même en conditions de stress. La variété Guem Goum Erkham a enregistré un indice de récolte de 15,71 % en condition de sécheresse (Mekhlouf *et al.* 2006).

Ces génotypes locaux ont un cycle végétatif long. Ils ont été obtenus au début du siècle dernier par une sélection massale à partir de populations locales. Ces variétés locales sont le résultat de siècles sinon de millénaires de l'effet du milieu (Harlan, 1976).

Les quatre autres génotypes sont importés de France (Ardente, Acalou, Nefer et Excalibur), ces variétés renferment le gène de nanisme issu de la variété Akamodji d'origine chinoise (Allan *et* Vogel 1963 ; D'Amato, 1989). Ils se caractérisent par un bon rendement, un tallage élevé, une paille très courte, un nombre de grains par épi élevé et un indice de récolte élevé dans les conditions favorables. Leur cycle végétatif est court et ils sont sensibles aux stress hydriques.

Le croisement diallèle complet, réalisé en 2005/2006 à la station expérimentale de l'ITGC de Khemis Miliana entre les six génotypes, s'est soldé par l'obtention de trente hybrides F₁ qui ont été semés et récoltés en F₂.

Tableau 1: Caractéristiques botaniques des géotypes étudiés

Variétés	Hedba 3	Guem Goum Erksam	Acalou	Ardente	Nefer	Excalibur
Caractéristiques						
Origine	El Harrach	ITGC Tiaret	Provence	Israël	Nickerson	Arvalis France
Année d'inscription	par Ducelier en 1921	1965	1991	1985	1997	1991
Précocité	Tardive	Tardive	Précoce	Précoce	Précoce	Plus précoce
Paille	Haute et creuse 130cm	Haute creuse 126cm	Courte 70cm	Courte 70cm	Courte 70cm	Moyen 90cm
Epi	Blanc compact à barbe noire et longue	Blanc pyramide à barbe noire et compacte		Bord parallèle blanc compact long et roux pâle	-----	-----
Grain	Allongé, ambré et clair	Allongé ambré et blanc	Très petit	Allongé, ambré et clair	-----	-----
Tallage	Moyen	Faible	Demi dressé	Demi dressé	Demi dressé	Moyen
PMG	48 g Moyen	56 g Elevé	Elevé	Elevé	Elevé	Moyen
Productivité	Moyenne	Elevée	Elevée	Elevée	Moyenne	Elevée
Couleur de grain		Jaune foncée	Jaune foncée	Jaune	Jaune	Jaune
Froid	Résistante	Résistante	Sensible	Sensible	Sensible	Plus sensible
Verse	Sensible	Sensible	Sensible peu	Peu sensible	Peu sensible	Peu sensible
Mitadinage	Résistante	Résistante	Très sensible	Assez résistante à résistance	Résistante	Assez sensible
Rouille noire	Sensible	Sensible	Tolérante	Assez sensible	Résistante	Assez sensible
Rouille jaune	Sensible	Sensible	Tolérante	Assez sensible	Résistante	Assez sensible
Oïdium	Sensible à peu sensible	Assez sensible	Sensible			
Fusariose	Sensible	Sensible	Sensible	Sensible	Résistante	Résistante

Laumont et Erroux (1961) ; IDGC (1975) ; ITGC (1980) ; Benlaribi et Monneveux (1988) ; Hamadache (2001), Anonyme (2004) et Roumet (2006).

3. Conditions climatiques

3.1. Températures

Le climat du haut Chélif est du type méditerranéen, semi-aride avec un caractère de continentalité marqué aux étés chauds et secs. Les hivers sont froids et peu pluvieux, avec des printemps écourtés (Avril, Mai) et des automnes très brefs (Octobre).

Tableau 2: Températures mensuelles (C°) de la zone d'étude

Années	Sept.	oct.	nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil
2007	25,9	22,3	13,9	11	07,2	7,6	13,50	16,20	22,40	26,70	31
2008	23,6	21	13,2	10,30	8,70	9,5	14,30	19	23,80	26,6	29,5
μ	20	14	10	09	10,5	12,5	15,50	20,50	25,50	29,50	29,5

μ : moyenne sur 25 ans ITGC, Khemis Miliana 2007 et 2008

3.2. Pluviométrie

Tableau 3: Précipitations mensuelles (mm) de la zone d'étude

Années	sept	oct.	nov	Déc.	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Total
2007	26,3	26	53,9	112,6	53,2	83,8	26	15,6	07	-	-	398,1
2008	12	72,1	55	71,4	51,1	77,3	25,2	7,90	62,9	4,9	03	450,1
μ	25	32	50	50	55	54	47	37	26	10	04	394

μ : moyenne sur 25 ans (ITGC, Khemis Miliana 2007 et 2008).

La région se caractérise par une pluviométrie annuelle de 300 à 500 mm avec des variations importantes d'une année à l'autre (tab.3).

La culture du blé est essentiellement pluviale et elle est soumise à des régimes pluviométriques variables et souvent faibles, se traduisant par des contraintes hydriques fortes et erratiques en imposant une limite à l'expression des potentialités génétiques des cultivars.

Les températures mensuelles moyennes sur 10 ans, indiquent des variations très irrégulières (tab. 2). Elles sont basses en hiver et élevées en été avec un ensoleillement intense en fin de cycle ce qui génère une forte évaporation (250 mm par mois particulièrement en Juin). Cette forte évaporation avec l'insuffisance d'eau dans le sol pendant la phase du pallier hydrique accentue le phénomène d'échaudage (tab. 3).

Le stress hydrique tardif affecte beaucoup plus le poids individuel des grains et le nombre de grains par unité de surface (Fischer, 1985). Les pluies importantes de novembre, décembre et janvier durant les deux années ont facilité l'installation de la culture. En deuxième année les précipitations du mois de mai ont sûrement agi favorablement sur la culture.

4. Conditions édaphiques

L'analyse granulométrique indique une dominance de l'argile et des limons, ce qui donne une texture argilo-limoneuse favorable à la culture du blé dur (tab. 4).

Tableau 4: Analyse granulométrique du sol

Fraction granulométrique en %	Profondeur (cm)	
	0-20	21-30
Argile	42	41
Limons fins	32	31
Limons grossiers	13,58	14,99
Sables fins	07,33	07,41
Sables grossiers	11,96	05,59

ITGC, Khemis Miliana 2007

Le sol présente un taux de matière organique faible. Le rapport C/N du sol de 8,1 montre la faiblesse de la matière organique dans le sol (tab. 5).

Le pH du sol est alcalin, il est supérieur aux normes données par Justes *et al.* (1997). Le rendement d'un blé est tributaire de la richesse de son sol (Morel, 1996).

Tableau 5 : Analyse chimique du sol

Analyses	1 ^{er} prélèvement 2006/2007	2 ^{ème} prélèvement 2007/2008
pH	8	7,5
Calcaire actif %	6,2%	7,6%
CE mS/cm	0,41	0,20
Azote total %	0,63	1,04
MO %	1,08	1,8
Phosphore (ppm)	15	14
Potassium (méq/100g)	0,48	0,5
Calcium (méq/100g)	41	43
Magnésium (méq/100g)	3,52	4,03
Sodium (méq/100g)	0,74	0,5

ITGC, Khemis Miliana 2007 et 2008

5. Dispositif expérimental

Nous avons réalisé deux essais en blocs aléatoires complets comportant deux répétitions. Dans le premier essai, réalisé en 2006/2007, figuraient les six parents du croisement dialléle et les trente F₁ hybrides et dans le deuxième essai, réalisé en 2007/2008, les six parents et les trente populations F₂. La superficie de la parcelle élémentaire des parents est de trois mètres carrés et celles des hybrides est de un mètre carré. Chaque parcelle est composée de six lignes de 3 mètres de long. L'espace entre les lignes est de vingt centimètres. L'écart entre les répétitions est de un mètre, tandis que l'espace entre les parcelles élémentaires est de cinquante centimètres.

6. Conduite des essais

6.1. Travail du sol

Les précédents culturaux de la première et de la deuxième année étaient des jachères non travaillées. En troisième année, la parcelle des essais était une jachère travaillée. Des labours d'automne ont été effectués avec une charrue à soc.

La préparation du lit de semence a été effectuée par plusieurs passages de cover crop suivis par des passages d'engins à dents pour ameublir le sol en surface et éviter la présence de mottes, ainsi que la formation de la couche de battance car la structure du sol s'y prête.

Au moment du labour, un épandage d'engrais, le 00-20-25, à raison de 150 kg par hectare, a été effectué à la volée. La conduite culturale des essais (parents et hybrides) était conforme avec celle appliquée ordinairement au niveau de la station de l'ITGC de Khemis Miliana.

6.2. Fertilisation azotée

L'engrais utilisé est l'urée à 46 % d'azote épandu à la volée à raison de 200 kg par hectare. La dose a été déterminée par la méthode du bilan prévisionnel pour un objectif de 40 quintaux à l'hectare. Cette dose a été répartie en trois apports sur les trois phases végétatives:

- * 1/3 au semis, cet apport agira sur le peuplement épis,
- * 1/3 au tallage, pour augmenter le nombre de grains par épi,
- * 1/3 à la montaison, pour augmenter la teneur en protéines du grain.

Avec ces apports la culture est non carencée (Le Gouis, 1992). L'épandage de l'azote a été effectué à la volée. Les moments d'apport sont déterminés par rapport aux stades végétatifs du blé.

6.3. Semis

Le semis a été réalisé à l'aide d'un semoir expérimental à une profondeur de trois à quatre centimètres au mois de décembre. La dose de semis est de 360 grains par micro parcelle pour les parents.

Par souci d'avoir un stade épiaison de toutes les variétés au même moment, on a procédé au semis des variétés tardives (locales), douze jours avant celui des variétés introduites à cycle végétatif court (précoces). Pour faciliter l'hybridation entre génotypes à cycle long (tardifs) et génotypes à cycle court (précoces), on a procédé à un semis échelonné.

Tous les grains obtenus après croisements, ont été semés en pot au laboratoire puis repiqués en lignes sur champ après leur levée. Cette opération nous a permis d'éviter les pertes à la levée et de faciliter l'identification des plants.

Les grains de la deuxième génération F_2 ont été semés en mélange (bulk) sur des lignes de deux mètres de long.

7. Hybridation

Pour augmenter le taux de réussite des croisements que nous avons effectué et suite à la différence de précocité entre les génotypes, le semis échelonné a permis la coïncidence du moment de l'anthèse pour l'ensemble des variétés de l'essai.

L'opération hybridation a été effectuée tôt le matin pour éviter le dessèchement des organes reproducteurs (stigmates et étamines).

7.1. Castration

Un à trois jours avant l'anthèse, les épis vigoureux que nous avons pris comme femelle ont été débarrassés des épillets du tiers inférieur et du tiers supérieur reconnus peu fertiles.

Les fleurs centrales de chaque épillet sont supprimées pour faciliter l'émasculature des fleurs latérales et éviter la compétition avec les fleurs castrées. Les épis sont ensuite recouverts d'un sachet en papier dont la face externe est enduite d'huile pour éviter des stagnations de gouttelettes d'eau qui seront un lieu de prolifération de moisissures qui compromettront l'opération.

Le sachet est ensuite fermé afin d'éviter une pollinisation non contrôlée et garder un degré d'hygrométrie favorable à la pollinisation (Coumans *et al.* 1993). Cinq épis ont été castrés par combinaison.

7.2. Pollinisation

La pollinisation a été réalisée deux jours après la castration quand les stigmates sont réceptifs et le grain de pollen mûr. La période d'apport du pollen reste tributaire des conditions climatiques régnantes.

Les épis de la variété prises comme mâle sont débarrassés de leur barbe. Ensuite ils sont piqués dans le sol pendant un moment au soleil afin d'activer l'anthèse de ces épis (Khaldoun et al, 2006). Ensuite, ils sont introduits dans les sachets en papier où se trouve l'épi castré, tout en les frottant contre ce dernier pour faciliter la pollinisation.

La base de ces épis est mise à tremper dans de l'eau contenue dans un petit flacon accroché au tuteur de l'épi hybridé. Ce procédé a pour but d'allonger la vie des grains de pollen et étaler la possibilité de fécondation. Le sachet est fermé après usage et ne sera ouvert qu'au moment de la récolte.

8. Récolte

Les épis hybridés sont récoltés manuellement à la maturité totale des grains. Le nombre de grains récoltés par croisement varie entre cinq et douze. Les grains de chaque hybride sont mis dans des sachets séparément.

Pour les parents, nous avons évité de récolter les plants de bordures car ils sont plus prolifiques en grains ce qui peut fausser nos résultats. Les mesures et comptages ont été réalisés sur dix plants par parcelle élémentaire. Les plants sont récoltés au niveau du plateau de tallage sans porter préjudice aux organes végétatifs.

9. Mesures et comptages

9.1. Paramètres physiologiques

Les stades phénologiques ont été comptés en jours. Chaque phase est notée lorsque la moitié des plants de la parcelle élémentaire l'ont atteint.

Phase semis-levée : elle est comptée de la date de semis jusqu'à la levée de plus de 50 % de grains.

Phase tallage : elle est atteinte lorsque le blé a en moyenne 3 à 4 feuilles,

Phase montaison : elle est estimée quand la distance entre l'épi et le plateau de tallage (la tige) commence à s'allonger,

Phase épiaison : elle est atteinte lorsque 50 % des épis de la parcelle sont sorties de la gaine de la dernière feuille, feuille étendard,

Phase maturité : elle est atteinte lorsque le grain devient cassant sous la dent.

9.2. Paramètres morphologiques

Pour chaque campagne, des observations et prélèvements ont été réalisés sur la parcelle d'essai. Dix plantes parentales et dix plantes F₂ ont été prises au hasard au milieu de chaque micro parcelle sur lesquels, ont été effectuées toutes les mesures et les comptages de chaque variété.

L'ensemble des plants F₁ qui sont au nombre de 5 à 10 plantes ont fait l'objet de mesures ou comptages pour les caractères suivants :

- **Hauteur de la paille (LP)**, mesurée à partir du plateau de tallage jusqu'à la base de l'épi,
- **Talles herbacées (TH)**, Le nombre de talles herbacées a été déterminé au stade montaison pour les parents et les hybrides F₁ et F₂,
- **Nombre d'épis (NE)**, le nombre d'épis a été déterminé à la récolte,
- **Nombre de grains par épi (NGE)**, la moyenne de dix épis pour les parents et les F₂ et de l'ensemble des épis des F₁ a été déterminée,
- **Poids de mille grains (PMG)**, le poids de 1000 grains a été déterminé sur la base du poids de 100 grains,
- **Poids des grains de l'épi (PGE)**, la moyenne du poids des grains de l'épi a été déterminée à partir du poids des grains de l'ensemble des épis échantillonnés,
- **Nombre de grains par mètre carré (NGM)**, ce paramètre a été évalué comme suit : le nombre de grains par épi a été multiplié par le nombre d'épis par mètre carré,
- **Le Rendement en paille (R.P)**, tous les organes de la plante sans les grains ont été pesés,
- La **biomasse totale (B.T)** renferme le rendement en paille et le rendement en grain. Les deux paramètres ont été évalués par le poids de dix plants chez les parents récoltés à maturité. Pour les hybrides F₁ la biomasse totale a été évaluée pour tous les plants. En ce qui concerne la F₂ on a pris une dizaine de plants.

Les plants ont été récoltés au niveau du plateau de tallage avec leur épi. La pesée du bottillon composé de dix plants pour la F₂ a été effectuée, puis extrapolé au nombre de plants par mètre carré, ce qui nous a donné le rendement en paille en grammes au mètre carré.

L'indice de récolte (IR) est égal au rendement en grains réel (**RGE**) récolté au mètre carré sur la biomasse totale à la récolte au mètre carré (**BT**) : **IR = RGE/BT**

Le rendement en grain au mètre carré, selon la formule suivante: [(Nombre de plant/m²) × (Nombre d'épis/plant) × (Nombre de Grains/épi) × PMG] / 1000.

10. Méthodes statistiques

Les résultats des croisements diallèles ont été soumis aux analyses de Hayman (1954) et de Griffing (1956), pour préciser la diversité des génotypes utilisés dans notre essai.

Ces méthodes fournissent aussi des renseignements sur la signification et les estimations des effets réciproques généraux et spécifiques et offrent aussi l'avantage d'apporter des paramètres génétiques simples (Baker, 1978 ; Singh M. et Singh 1984).

Les conclusions qui dérivent de ces schémas vont guider la sélection relative aux lignées de l'essai (choix des meilleures lignées) (Schwendiman et Cateland 1976 ; Gallais 1977).

Les voies classiques d'interprétation des résultats de croisements diallèles se résument comme suit :

- L'une esquissée par Yates, puis précisée par Griffing (Dickinson et Jinks, 1956 et Demarly, 1977), elle repose essentiellement sur les analyses des variances,

- L'autre présentée par Hayman (1954a et 1954b), repose sur le modèle génétique de Mather (1949) et s'interprète graphiquement mais aussi par l'analyse de la variance.

Le choix doit répartir d'une manière aléatoire au niveau de (n) parents, un pool de gènes dont on ignore l'importance (Cousin, 1969).

10.1. Méthode de Hayman (1954)

Elle est basée sur le du modèle de Mather (1949) applicable essentiellement aux plantes autogames et allogames (Schwendiman et Cateland, 1976 et Thomas, 1987). Cette méthode nécessite le calcul de la covariance parent-descendants (W_r) et des variances (V_r) de chaque famille. Les covariances et les variances permettent l'établissement et l'interprétation d'une parabole et des droites de régression dont les formules sont les suivantes :

* Parabole : $W_r^2 = V_0 V_r$;

* Droite de régression : $W_r = b V_r + c$,

* Droite de régression : $(W_r + V_r) = bt + c$.

Cette méthode permet l'estimation en gènes dominants et en gènes récessifs des lignées du diallèle, ainsi que la détection des combinaisons transgressives. Cependant, elle exige la vérification de certaines hypothèses (Cousin, 1969) :

A - comportement de diploïdes lors de la ségrégation,

B - effets maternels, croisements réciproques identiques

C - absence d'épistasie, indépendance de gènes,

D - bi allélisme (deux allèles par locus),

E - homozygotie des parents,

F - distribution indépendante des gènes chez les parents.

A l'exception de l'hypothèse A, les autres apparaissent comme difficiles à contrôler avant la réalisation des croisements.

Cependant, la plus part d'entre elles se vérifient au cours de l'analyse statistique.

Selon, Yildirim *et al.* (2008), le sens du croisement est très important pour l'obtention d'hybrides F₁.

L'hypothèse (F) relative au choix des parents reste un problème très délicat (Gallais, 1967).

L'interprétation du graphe dont la formule : qui regroupe toutes les données concernant le caractère mesuré, nous amène aux résultats possibles suivants:

- La proportion d'additivité, de dominance et les effets de superdominance dans l'expression du caractère,

- La fréquence des gènes récessifs et des gènes dominants,

- La recherche des formes transgressives.

10.2. Méthode Griffing (1956)

Cette méthode est basée sur les effets d'AGC (Aptitude Générale à la Combinaison) et d'ASC (Aptitude Spécifique à la Combinaison). L'AGC reste un effet purement statistique (Gallais, 1974). L'AGC est la moyenne des effets gamétiques d'un individu, par contre, l'ASC mesure les écarts de prévisions d'additivité des AGC (elle n'a donc de sens que pour un zygote). Ce modèle est le plus simple, plus rationnel sur le plan biologique (Demarly, 1977 ; Mather et Jinks, 1982).

Le rapport AGC/ASC permet d'évaluer l'importance de l'additivité et de la dominance dans le contrôle d'un caractère donné.

La comparaison des ASC permet de déterminer les meilleurs parents pour un programme de sélection. Cette comparaison permet de déterminer les meilleures combinaisons hybrides ou les meilleurs espoirs de transgression dans le lot de parents initial.

Lorsque nous avons une forte variance d'ASC on doit établir un programme de sélection à partir des hybrides.

Griffing (1956) et Gardner et Eberhart (1966) suggèrent de préférence l'application des méthodes où les autofécondations n'entrent pas dans les données car elles introduisent un biais dans les estimations des diverses composantes.

En fait Griffing propose une formule génétique pour chacun des modèles à effet fixe ou aléatoire et pour chacune des quatre méthodes diallèle:

$$* X_{ij} = u + g_i + g_j + s_{ij} + (m_i - m_j) + r_{ij} + e,$$

Où

* **u** : est la moyenne de la population,

- * **gi** : est l'aptitude générale à la combinaison (AGC) du parent femelle i,
- * **gj** : est l'aptitude générale à la combinaison (AGC) du parent mâle j,
- * **sij** : est l'aptitude spécifique à la combinaison (ASC) du croisement $i \times j$,
- * m_i : effet maternel général du parent i,
- * m_j : effet maternel général du parent j,
- * $m_i - m_j$ = effet réciproque général des deux parents,
- * r_{ij} = effet réciproque spécifique du croisement $i \times j$.

11. Calcul de l'hétérosis

Le calcul de l'hétérosis des différents caractères peut se faire de deux manières:

* Par rapport à la moyenne des parents c'est l'hétérosis au sens large, il est calculé comme suit : $[(\text{Valeur de l'Hybride} - P1 + P2/2) / (P1 + P2/2)] * 100$, et il mesure l'écart à l'additivité.

* Par rapport au parent le plus performant, l'hétérosis au sens strict, il est calculé comme suit :

$[(\text{Valeur de l'Hybride} - \text{Valeur du parent le plus performant}) / \text{Valeur du parent le plus performant}] * 100$. Il mesure les effets de dominance ou de superdominance.

**TROISIEME
PARTIE
RESULTATS ET
DISCUSSION**

I. Etude des parents

I.1. En première année

I.1.1. Analyse de la variance

I.1.1.1. Cycle végétatif

L'analyse de variance en première année présente des différences significatives entre variétés, pour les phases tallage-montaison ($p < 0,05$), montaison-épiaison, floraison-maturité et le cycle végétatif ($p < 0,01$) (Annexe1).

I.1.1.2. Caractères morphologiques

L'analyse de la variance des caractères morphologiques (Annexe1), montre des effets génotypes très hautement significatifs ($p < 0,001$) pour la longueur de la paille, la longueur de la feuille étandard, la longueur du col de l'épi et le poids des grains de l'épi.

Les talles herbacées et nombre d'épis montrent des effets génotypes significatifs ($p < 0,05$). Aucune signification n'est trouvée pour les caractères poids de mille grains et nombre de grains par épi.

I.1.1.3. Biomasse

Des différences hautement significatives ($p < 0,01$) pour le facteur variété sont observées chez le rendement en paille, le rendement grain et la biomasse totale (Annexe .1).

I.1.1.4. Indice de récolte

L'analyse de la variance de l'indice de récolte montre une différence hautement significative ($p < 0,01$) (Annexe .1).

I.1.2. Analyse des moyennes parentales

I.1.2.1. Cycle végétatif

Le calcul des moyennes (tab. 6) des différentes phases de la première année révèle ce qui suit : pour la phase semis-levée la durée moyenne de cette phase est de 22,18 jours, l'ensemble des génotypes forment un seul groupe. La moyenne de la phase tallage-montaison est de 53,76 jours, le classement des génotypes selon le test de Newman et Keuls au seuil de 5 % montre deux groupes : Guem Goum Erkham constitue le groupe « A », Ardente le groupe « B ». Les variétés Hedba 3, Acalou, Nefer et Excalibur sont chevauchante (AB).

La moyenne générale de la phase montaison-épiaison est de 35,16 jours. Le classement des génotypes en fonction du test de Newman et Keuls au seuil de 5 % montre la présence de deux groupes homogènes : Hedba 3 et Guem Goum Erkham forment le groupe « A », Excalibur, Acalou, Ardente et Nefer forment le groupe « B ».

La moyenne de la phase floraison-maturité est de 51,91 jours. Le classement des génotypes selon le test de Newman et Keuls au seuil de 5 % donne quatre groupes. La variété Guem Goum Erkham forme le groupe « A » et Hedba 3 le « B ». Le groupe « C » est constitué par la variété Nefer tandis que les variétés Acalou et Excalibur sont chevauchantes (CD).

Le cycle végétatif global révèle une moyenne de 16 4,91 jours. Le test de Newman et Keuls au seuil de 5 % montre la présence de deux groupes homogènes : Guem Goum Erkham et Hedba 3 forment le groupe « A », les variétés introduites forment le groupe « B ».

I.1.2.2. Caractères morphologiques

L'étude des moyennes (Tab.6) des caractères morphologiques a révélé ce qui suit :

La moyenne du nombre de talles herbacées est de 6,99, le classement des génotypes selon le test de Newman et Keuls au seuil de 5 % montre quatre groupes distincts : Acalou constitue le groupe « A », Nefer et Ardente forment le groupe « B », Guem Goum Erkham le groupe « C » et Hedba 3 le groupe « D ».

La moyenne du nombre d'épis est de 3,23, le classement des génotypes établi selon le test de Newman et Keuls au seuil de 5% montre trois groupes Chevauchants. La variété Nefer forme le groupe « A ». La variété Ardente constitue un groupe chevauchant « AB » et les génotypes locaux forment le groupe « C ». Tandis que les génotypes Acalou et Excalibur constituent le groupes « BC ».

La moyenne du caractère longueur de la paille est de 90,81 cm. Le classement des moyennes des génotypes selon le test de Newman et Keuls au seuil de 5% montre la présence de cinq groupes homogènes distincts, les variétés locales forment le groupe « A » tandis que les variétés introduites chacune forme groupe « B ».

La moyenne du caractère longueur de la feuille étendard est de 15,52 cm. Le classement des génotypes selon le test de Newman et Keuls au seuil de 5% montre la présence de cinq groupes homogènes distincts, le groupe « A » est formé par la variété Guem Goum Erkham, Hedba 3 forme le groupe « B », Nefer et Acalou forment le groupe « C », le groupe « D » est formé par Excalibur et Ardente constitue le groupe « E ».

La moyenne du caractère longueur du col de l'épi est de 22,09 cm. Le classement des génotypes selon le test de Newman et Keuls au seuil de 5 % montre la présence de quatre groupes homogènes distincts. Le groupe « A » est formé par Hedba 3, Guem Goum Erkham forme le groupe « B ». La variété Nefer forme le groupe « C ». Les génotypes Ardente, Acalou et Excalibur constituent le groupe « D ».

La moyenne du poids de mille grains est de 31,06 g. Le classement des génotypes selon le test de Newman et Keuls au seuil de 5% montre la présence de deux groupes chevauchants. Le groupe « A » est formé par les génotypes Excalibur, Hedba 3 et Nefer. La variété Ardente forme le groupe « B », Guem Goum Erkham et Acalou sont intermédiaires entre les deux groupes.

La moyenne du nombre de grains par épi est de 29,59. Le classement des génotypes selon le test de Newman et Keuls au seuil de 5 % montre la présence de trois groupes chevauchants. La variété Excalibur forme le groupe « A », Guem Goum Erkham et Nefer forment le groupe « C », Ardente, Acalou sont chevauchants. La variété Hedba 3 avec 27,85 forme le groupe « BC ». La moyenne du poids des grains de l'épi est de 1,71 g. Le classement des génotypes selon le test de Newman et Keuls au seuil de 5 % montre la présence de quatre groupes homogènes distincts, le groupe « A » est formé de variétés locales. Les génotypes Excalibur et Nefer forment le groupe « B » et Ardente forme le groupe « C ». La variété Acalou forme à elle seule le groupe « D ».

.1.2.3. Rendement

Les résultats du rendement de la première année (Tab.6) montrent ce qui suit :

* La moyenne du rendement en paille est de 963,79 g/m². Les variétés étaient distribuées en quatre groupes. Le groupe « A » est formé par la variété Guem Goum Erkham avec 1016,94 g/m², Ardente avec 1009 g/m² et Hedba3 avec 997,09 g/m². Le deuxième groupe « B » est formé par Nefer avec 954,88 g/m². Le dernier groupe est formé par le génotype Excalibur avec 884,93 g/m². Le génotype Acalou forme un groupe chevauchant «BC » avec 919,93g/m².

* La moyenne du rendement en grain obtenue est de 275,05 g/m². Cinq groupes distincts sont formés par les variétés de l'essai. Le premier groupe « A » est constitué par la variété Nefer et Excalibur avec un rendement en grain respectivement de 384,10 et 371,46 g/m². Le groupe « B » est formé par Ardente avec une valeur de 304,97 g/m² et le dernier groupe « E » est formé par le génotype Guem Goum Erkham avec 136,52 g/m² constituant le plus faible rendement en grain.

* La moyenne de la biomasse totale est de 1293,24 g/m². Le classement des moyennes donne quatre groupe distincts, les variétés Nefer et Ardente forment le groupe « A » avec des valeurs respectives de 1334,36 et 1318,06 g/m². Le groupe « B » est formé par Excalibur avec une valeur de 1251,18 g/m². Le groupe « D » est constitué par les variétés Acalou et Guem Goum Erkham avec des valeurs respectives de 1171,71 g/m² et 1159,84 g/m². Tandis que Hedba 3 forme le dernier groupe « E » avec une valeur de 1020,28g/m².

I.1.2.4. Indice de récolte

La moyenne de l'indice de récolte en première année est de 22,29 %. Le classement des génotypes selon leur moyenne montre trois groupes homogènes distincts. Le groupe « A » est formé par les génotypes Excalibur et Nefer avec des moyennes respectives de 29,68 % et 28,78 %. Les variétés Ardente et Acalou constituent le groupe « B » avec respectivement 23,13% et 21%. Le groupe « C » est constitué par la variété Hedba 3 avec 19,18 % et Guem Goum Erkham avec une moyenne de 12 % forme le groupe « D » (tab.6).

Tableau 6. Moyenne des différents caractères des génotypes parentaux en première année

Caractères	AC	EX	NE	AR	GE	H3	Moyenne
Cycle végétatif	159,00 b	160,00 b	159,00 b	154,50 b	178,50 a	178,50 a	164,91
Semis-levée	22,00	22,50	21,60	21,50	22,50	23,00	22,18
Tallage-montaison	53,60 ab	52,50 ab	53,00 b	51,00 b	57,00 a	55,50 ab	53,76
Montaison-épiaison	32,50 b	24,00 b	31,50 b	32,50 b	43,50 a	47,00 a	35,16
Floraison-maturité	51,00 cd	51,00 cd	52,50 c	49,50 d	54,50 a	53,00 b	51,91
Rendement en paille	919,93bc	884,93c	954,88b	1009,00a	1016,94a	997,09a	963,79
Rendement en grain	247,55c	371,46a	384,10a	304,97b	136,52e	195,71d	275,05
Biomasse Totale	1171,71d	1251,18b	1334,36a	1318,06a	1159,84d	1020,28e	1293,24
Indice de récolte	21b	29,68a	28,78a	23,13b	12d	19,18c	22,29
Talles herbacées	9,55a	7,80b	7,75b	7,30b	5,31c	4,28d	6,99
Nombre d'épis	3,12bc	3,24bc	4,61a	3,77ab	2,17c	2,50c	3,23
Longueur de la paille	64,71e	96,50b	79,70d	85,50c	107,50a	111,00a	90,81
Longueur de la feuille E.	14,25c	12,14d	15,74c	9,77e	22,40 a	18,85b	15,52
Longueur du col de l'épi	13,70d	13,42d	23,00c	14,75d	31,68b	36,00a	22,09
Poids de mille grains	27,20ab	34,75a	32,75a	27,10b	30,25ab	34,30a	31,06
Poids des grains de l'épi	1,14d	1,45b	1,59b	1,30c	2,45a	2,32a	1,71
Nombre de grains par E.	29,68abc	36,20a	25,07c	34,13ab	24,61c	27,85bc	29,59

I.2. En deuxième année

I.2.1. Analyse de la variance

I.2.1.1. Cycle végétatif

En deuxième année aucune différence significative entre les génotypes n'est observée pour les phases semis-levée et tallage-montaison. Des différences hautement significatives entre génotypes ont été trouvées pour la phase montaison-épiaison et une différence significative est observée pour floraison-maturité et différence très hautement significative pour le cycle végétatif global des génotypes ($p < 0,001$) (Annexe.2).

I.2.1.2. Caractères morphologiques

Une différence entre génotypes hautement significative ($p < 0,01$) est observée en deuxième année pour tous les caractères morphologiques étudiés.

I.2.1.3. Rendement

Des différences hautement significatives ($p < 0,01$) sont observées entre génotypes chez le rendement en paille, le rendement en grain et la biomasse totale pour la deuxième année.

I.2.1.4. Indice de récolte

L'analyse de la variance de l'indice de récolte en deuxième année d'essai montre une différence entre génotypes significative ($p < 0,01$) pour ce caractère (Annexe.2).

I.2.2. Analyse des moyennes parentales

I.2.2.1. Cycle végétatif

La moyenne dégagée en deuxième année par la phase semis-levée est de 21 jours. Le test de Newman et Keuls au seuil de 5 % classe les génotypes en un seul groupe.

La phase tallage-montaison présente une moyenne de 53,67 jours. Le classement des variétés selon le test de Newman et Keuls au seuil de 5 % classe les génotypes en trois groupes. Le génotype Guem Goum Erkham avec 57 jours constitue le groupe « A ». Les variétés Nefer et Ardente forment le groupe « B » tandis que Hedba 3, Excalibur et Acalou sont chevauchants (Tab.7).

La moyenne de la phase montaison-épiaison est de 37 jours, le test de Newman et Keuls au seuil de 5% classe les génotypes en deux groupes homogènes, les variétés locales constituent le groupe « A » et les introduites le groupe « B ».

La moyenne de la phase floraison-maturité est de 52,17 jours, les génotypes forment un seul groupe homogène (Tab.7).

La moyenne du cycle végétatif global est de 164,08 jours. Le test de Newman et Keuls au seuil de 5 % classe les génotypes en trois groupes, Guem Goum Erkham et Hedba 3 forment le groupe « A » tandis que les variétés Acalou, Excalibur et Neffer constituent le groupe « B ». La variété Ardente forme le groupe « C ».

I.2.2.2. Caractères morphologiques

L'étude des moyennes de la deuxième année montre ce qui suit (Tab.7).

Pour le nombre de talles herbacées, une moyenne de 6,35 a été enregistrée, le test de Newman et Keuls au seuil de 5 % montre trois groupes : Acalou avec 8,80 forme le « A », Excalibur, Nefer et Ardente sont chevauchants, tandis que les variétés locales constituent le groupe « C » (annexe 11). Tandis que pour le nombre d'épis, une moyenne de 3,49 est notée. Les variétés sont réparties en deux groupes, le groupe « A » est formé par la variété Nefer et le « B » est constitué par Hedba 3 et Guem Goum Erkhama, les variétés Ardente, Acalou et Excalibur sont chevauchantes « AB ».

On note que la moyenne de la longueur du col de l'épi est de 21,83, les génotypes sont répartis en quatre groupes distincts. Le groupe « A » est constitué par Hedba 3 suivi de Guem Goum Erkhama qui occupe le groupe « B », les variétés Excalibur, Acalou et Ardente sont classées en « D ». Le groupe « C » est formé par Nefer.

La moyenne enregistrée par le poids des grains de l'épi est de 1,68g, les génotypes sont répartis en deux groupes homogènes. Les variétés locales constituent le groupe « A », tandis que les variétés introduites sont rassemblées dans le groupe « B ».

La moyenne de nombre de grains par épi est de 26,80, les variétés sont classées en quatre groupes. Le groupe « A » est constitué par la variété Excalibur et le groupe « B » est formé par Acalou. Les variétés locales Guem Goum El Erkhama, Hedba 3 et Nefer forment le groupe (C). La variété Ardente forme le groupe « D ».

Le caractère longueur de la paille montre une moyenne de 83,60 cm. Les variétés locales forment le groupe « A ». Les génotypes Excalibur, Nefer et Ardente constituent le groupe « B » tandis que la variété Acalou forme le groupe « C ».

La longueur de la feuille étendard présente une moyenne de 17,28cm. Les variétés locales forment le groupe « A » et Nefer constituent le « B ». Les génotypes Excalibur, Acalou et Ardente forment le groupe « C ».

Le caractère poids de mille grains a enregistré une moyenne de 32,81g. Le test de Newman et Keuls au seuil de 5 % montre trois groupes : « A » est formé par Hedba3, Nefer et Excalibur ; le groupe « B » est constitué par Acalou et Guem Goum Erkhama. Le groupe « C » est formé par Ardente.

I.2.2.3. Rendement

Le rendement en paille présente une moyenne pour l'ensemble des variétés de 961,01 g/m². La dispersion des valeurs moyennes montre six groupes homogènes, le premier groupe « A » est formé par Nefer avec 1052 g/m² suivi de Guem Goum Erkhama en groupe « B » d'une valeur de 1012,50 g/m². Le groupe « C » est formé par Hedba 3 avec 980 g/m² et le groupe « D » par Acalou avec 918 g/m². La variété Ardente forme le groupe « E » avec une valeur de 812 g/m² (Tab.7).

La valeur moyenne du rendement en grain est de 306,53 g/m². Les valeurs obtenues classent les génotypes en six groupes homogènes. La variété Nefer constitue le groupe « A » avec une valeur de 536,56 g/m² suivi du groupe « B » formé par Excalibur avec 399,47 g/m². Le groupe « C » est formé par Acalou et Ardente respectivement avec 280,10 g/m² et 253,15 g/m². La variété Hedba 3 avec 216,92 g/m² forme le « D ». Le groupe « E » est constitué par la variété Guem Goum Erkhama avec 152,99 g/m².

La moyenne de la biomasse totale est de 1267,58 g/m². Le classement des moyennes révèle quatre groupes homogènes. La variété Nefer forme le groupe « A » avec une valeur de 1588,50 gr/m². La variété Excalibur avec une valeur de 1385,87 g/m² forme le groupe « B ». Le groupe « C » est formé par Acalou, Hedba 3 et Guem Goum Erkham avec respectivement 1203,75, 1196,50 et 1165,34 g/m². Par contre Ardente avec une biomasse totale de 1065,50 g/m² constitue le groupe « D » (Tab.7).

I.2.2.4. Indice de récolte

La moyenne de la deuxième année pour l'ensemble des variétés est de 23,48 %. Le classement des variétés montre cinq groupes. La valeur la plus élevée est donnée par la variété Nefer avec une moyenne de 33,77 % (groupe A). Le groupe « B » est constitué par Excalibur avec 28,82%. Les génotypes Ardente et Acalou avec respectivement 23,76 et 23,26 % constituent le groupe « C » et Hedba 3 avec 18,12% forme le groupe « D ». La variété Guem Goum Erkham avec la plus faible valeur (13,11 %) constitue le groupe « C » (Tab.7).

Tableau 7. Moyenne des différents caractères des génotypes parentaux en deuxième année

Caractères	AC	EX	NE	AR	GE	H3	Moyenne
Cycle végétatif	159 b	159 b	161,50 b	154,00 c	179,00 a	172,00 a	164,08
Semis-levée	22,50	21,50	22,00	24,00	23,50	22,50	21
Tallage-montaison	53,00	52,00	54,00	51,50	56,00	55,50	53,67
Montaison-épiaison	32,00 b	32,50 b	34,50 b	34,50 b	44,00 a	44,50 a	37
Floraison-maturité	51,00	51,50	52,00	52,00	53,00	53,50	52,17
Rendement en paille	918,00d	991,57bc	1052,00a	812,00e	1012,50b	980,00c	961,01
Rendement en grains	280,10c	399,47b	536,56a	253,15c	152,99e	216,92d	306,53
Biomasse Totale	1203,75c	1385,87b	1588,50a	1065,50d	1165,34c	1196,50c	1267,58
Indice de récolte	23,26c	28,82b	33,77a	23,76c	13,12e	18,12d	23,48
Talles herbacées	8,80a	7,00ab	7,40ab	6,68ab	4,81bc	3,38c	6,35
Nombre d'épis	3,32ab	3,20ab	5,25a	4,62ab	2,11b	2,45b	3,49
Longueur de la paille	65,20c	96,00b	80,75b	87,00b	109,10a	113a	83,60
Longueur de la feuille E.	13,25bc	10,09c	18,30b	9,77c	25,74a	26,55a	17,28
Longueur du col de l'épi	14,35d	13,17d	22,00c	14,35d	31,69b	35,42a	21,83
Poids de mille grains	31,50	35,00	34,25	28,05	32,75	35,30	32,81
Poids des grains de l'épi	1,46b	1,43b	1,57b	1,31b	2,18a	2,11a	1,68
Nombre de grains par épi	29,68b	36,00a	25,95c	17,13d	26,41c	25,65c	26,80

I.3. Etude de l'interaction génotype x année

I.3.1. Analyse de la variance

I.3.1.1. Cycle végétatif

L'analyse de la variance des phases végétatives pour l'effet génotype sur les deux années montre ce qui suit (Annexe.3).

Une différence très hautement significative ($p < 0,001$) est trouvée pour le cycle végétatif global et la phase montaison-épiaison. La phase tallage-montaison ($p < 0,01$) observe une différence hautement significative et aucune signification n'est observée pour les phases semis-levée et floraison-maturité (Annexe.3).

En ce qui concerne l'effet année et l'interaction génotype × année, aucune différence significative n'est trouvée pour l'ensemble des phases végétatives.

I.3.1.2. Caractères morphologiques et agronomiques

L'analyse de la variance des caractères morphologiques et agronomiques sur les deux années montre ce qui suit (Annexe.3).

Pour l'effet génotype, une différence significative est trouvée pour les caractères nombre de talles herbacées, nombre d'épis, longueur de la paille, longueur de la feuille étandard, longueur du col de l'épi, nombre de grains par épi, poids de mille de grains, indice de récolte, rendement en paille, rendement en paille, biomasse totale ($p < 0,001$) et poids des grains de l'épi ($p < 0,05$).

L'effet année montre une différence significative pour le nombre de talles herbacées, le nombre d'épis, la longueur du col de l'épi ($p < 0,05$), la longueur de la paille, le poids de mille grains, le nombre de grains par épi, l'indice de récolte ($p < 0,01$) et le rendement en paille ($p < 0,001$). Aucune signification n'est trouvée pour le poids des grains de l'épi.

L'interaction génotypes × environnement est très hautement significative ($p < 0,001$) pour la longueur de la feuille étandard, le nombre de grains par épi, le rendement en paille et l'indice de récolte, hautement significative ($p < 0,01$) pour la longueur de la paille et le poids de mille grains et significative ($p < 0,05$) pour le nombre de talles herbacées, le nombre d'épis et la longueur du col de l'épi. Aucune signification n'est trouvée pour le poids des grains de l'épi (Annexe.3).

Les coefficients de variation résiduelle (Annexe 4) varient de 1,25 % (rendement en paille et biomasse totale) à 15,55 % (longueur de la feuille étandard).

Les coefficients de variation génétique (Annexe 4) sont très élevés pour la longueur du col de l'épi, la longueur de la feuille étandard, le nombre d'épis, le poids des grains de l'épi, le nombre de talles herbacées. Le coefficient de variation génétique est moyen pour le poids de 1000 grains, le nombre de grains par épi et la biomasse totale.

L'héritabilité au sens large (Annexe 4) est élevée pour la majorité des caractères allant de 0,803 (longueur de la feuille étandard) à 0,995 (longueur de la paille) à l'exception de la biomasse totale qui présente une héritabilité faible (0,321). L'héritabilité au sens large obtenue pour les différents caractères montre que la variabilité des caractères est due à l'ensemble des effets génétiques (additivité, dominance et épistasie).

I.3.2. Etude des moyennes

I.3.2.1. Cycle végétatif

Les résultats des moyennes montrent que les variétés locales prennent la tête du classement pour les phases tallage-montaison et montaison-épiaison ainsi que pour le cycle végétatif global et sont donc les plus tardives (Tab.8).

I.3.2.2. Caractères morphologiques

La moyenne du nombre de talles herbacées durant les deux années est de 6,84, les variétés sont classées en trois groupes. Le groupe « A » est formé par la variété Acalou, le groupe « B » est

constitué par Nefer, Excalibur et Ardente tandis que les variétés locales forment le groupe « C » (Tab.8).

Le nombre d'épis a obtenu une moyenne de 3,36, l'ensemble des géotypes ont formé trois groupes. La variété Nefer possède le plus grand nombre d'épis et forme le groupe « A » suivi de la variété Ardente qui forme un groupe chevauchant « AB », les variétés locales possèdent le plus petit nombre d'épis constituant le groupe « C », Acalou et Excalibur sont chevauchantes « BC »

Les variétés locales Hedba 3 suivi de Guem Goum Erkham possèdent les moyennes les plus élevées pour le caractère longueur de la paille et forment les groupes « A » et « B » avec respectivement (112,25cm et 108,50cm). Chez la longueur de la feuille étandard Hedba3 avec 21,3 cm constitue le groupe « A » et Guem Goum Erkham avec 17,92 cm forme le groupe « B ». Les variétés introduites forment chacune un groupe.

La variété Hedba3 avec une longueur du col de l'épi de 35,71cm forme le groupe « A » et Guem Goum Erkham avec un col de l'épi de 31,93 constitue le groupe « B ». Le géotype Nefer constitue le groupe « C ». Les variétés Ardente, Acalou et Excalibur forment le groupe « D ».

I.3.2.3. Rendement en grain et ses composantes

Le classement du nombre de grains par épi révèle trois groupes, la variété Excalibur avec une valeur de 36,10 constitue le groupe « A », Acalou avec 29,68 le groupe « B » et les deux variétés locales ainsi que Nefer et Ardente forment le groupe « C ».

Le poids des grains de l'épi des variétés locales forment le groupe « A », alors que la variété introduite Nefer constitue le groupe « B » et le groupe « C » est formé par Excalibur, Ardente et Acalou.

Le classement du poids de mille grains à l'aide du test de Newman et Keuls au seuil de 5 % montre deux groupes. Les géotypes Excalibur, Nefer et Hedba 3 forment le groupe « A », Ardente le groupe « B » et Guem Goum Erkham et Acalou sont chevauchants formant « AB » (Tab.8).

I.3.2.4. Rendement en biomasse

La comparaison des résultats de la première année et de la deuxième année (Tab.9), nous amène à déduire ce qui suit :

La moyenne du rendement en paille sur les deux années et pour l'ensemble des variétés est de 962,38 gr/m². La dispersion des valeurs moyennes montre la formation de quatre groupes homogènes, le premier est formé par Guem Goum Erkham avec une valeur de 1014,72 g/m². Le groupe « B » est formé par Excalbur et Hedba 3. Les variétés Acalou et Ardente constituent le groupe « C » avec respectivement 918,96 et 910,50 g/m². La variété Nefer avec une valeur de 1003,44 g/m² forme le groupe chevauchant « AB ».

La valeur moyenne du rendement en grain est de 289,89 g/m². Les valeurs obtenues classent les géotypes en cinq groupes homogènes. La variété Nefer constitue le groupe « A » avec une valeur de 460,33 g/m² suivi du groupe « B » formé par Excalibur avec 385,46 g/m². Les variétés Ardente et Acalou forment le groupe « C » avec respectivement 279,06 et 263,83 g/m². Les variétés locales avec 206,31 et 144,37 g/m² forment le groupe « D » et « E » respectivement pour Hedba 3 et Guem Goum Erkham.

La biomasse totale des géotypes a enregistré une moyenne de 1237,90 g/m². La valeur la plus élevée est enregistrée par Nefer avec 1461,43 g/m² (groupe A). Excalibur avec une valeur de 1318,52 g/m² constitue le groupe « B ». Les variétés Ardente et Acalou avec respectivement 1191,78 et 1187,73 g/m² forment le groupe « C ». Guem Goum Erkham avec 1159,59 g/m² est classé dans le groupe « D » tandis que Hedba 3 avec 1108,36 g/m² forme le groupe « E ».

Le rendement en paille est élevé en première année pour l'ensemble des variétés. Tous les géotypes ont vu leur rendement en paille diminuée en deuxième année excepté Guem Goum Erkham qui a montré une certaine stabilité. En première année Guem Goum Erkham garde la première place tandis qu'en deuxième année ce géotype s'est repositionnée en deuxième place (Tab.8).

I.3.2.5. Indice de récolte

Le classement des géotypes sur les deux années, montre que les variétés introduites Nefer et Excalibur constituent le groupe « A » avec des valeurs de 31,49 % et 29,23 % respectivement. Les géotypes Ardente et Acalou forment le groupe « B » avec des valeurs respectives de 23,41 % et 22,21 %. Hedba 3 avec 18,31% et Guem Goum Erkham avec 12,45% forment respectivement les groupes « C » et « D » (Tab.8).

Tableau 8. Classement des géotypes parentaux selon la moyenne des différents caractères des deux années

Caractères	AC	EX	NE	AR	GE	H3	Moyennes
Cycle végétatif	159,00 b	159,50 b	160,25 b	156,00 b	178,75 a	177,75 a	164,32
Semis-levée	22,25	22,00	21,25	21,25	23,00	22,75	22,08
Tallage-montaison	53,25 bc	52,25 c	53,50 bc	51,25 c	56,50 a	55,50 ab	53,71
Montaison-épiaison	32,25 b	33,25 b	33,25 b	33,50 b	43,75 a	45,75 a	36,92
Floraison-maturité	51,00	51,25	52,25	50,75	53,75	53,25	52,04
Rendement en paille	918,96c	938,25b	1003,44ab	910,50c	1014,72a	989b	962,38
Rendement en grain	263,83c	385,46b	460,33a	279,06c	144,375e	206,31d	289,89
Biomasse totale	1187,73c	1318,52b	1461,43a	1191,78c	1159,59d	1108,36e	1235,90
Indice de récolte	22,21b	29,23a	31,49a	23,41b	12,45d	18,31c	23,96
Talles herbacées	9,18a	7,40b	7,57b	6,99b	5,06c	4,84c	6,84
Nombre d'épis	3,22bc	3,22bc	4,93a	4,19ab	2,14c	2,47c	3,36
Longueur de la paille	64,96f	96,24c	80,22e	86,25d	108,50b	112,25a	87,21
Longueur de la feuille E.	13,30d	11,51e	15,18c	9,77f	21,30a	17,92b	16,47
Longueur col de l'épi	14,03d	13,26d	22,50c	14,55d	31,93b	35,71a	21,96
Poids de mille grains	30,15ab	34,88a	33,50a	27,58b	31,50ab	34,80a	32,10
Poids G E	1,30c	1,44c	1,58b	1,30c	2,31a	2,21a	1,69
Nombre G E.	29,68b	36,10a	25,52c	25,63c	25,51c	26,75c	28,20

II.1. Etude des hybrides

II.1. Hybrides F₁

II.1.1. Analyse de la variance

Une différence très hautement significative ($p < 0,001$) est trouvée pour les caractères rendement en paille, rendement en grain, biomasse totale, longueur de la feuille étandard, longueur du col de l'épi, poids de mille grains et nombre de grains de l'épi. Une différence hautement significative ($p < 0,01$) est observée chez l'indice de récolte. La différence est significative ($p < 0,05$) pour le nombre de talles herbacées et poids des grains de l'épi. Par contre aucune signification n'est trouvée pour le nombre d'épis (Annexe.5).

II.1.2. Etude des moyennes

La moyenne du rendement en grain des hybrides F₁ est de 212,71 g/m². Le classement des 30 hybrides F₁ selon le test de Newman et Keuls au seuil de 5% montre 17 groupes ce qui montre une large dispersion des hybrides (Tab.9). Le groupe A est constitué par l'hybride AC/GE avec la plus forte valeur 438,29 g/m² pour le rendement en grain. Tandis que l'hybride AR/H3 forme à lui seul le groupe « N » avec la plus faible valeur (105,06 g/m²). L'écart entre ces deux croisements est de 333,23 g/m².

Le rendement en paille donne une moyenne de 751,71 g/m², l'écart entre les valeurs extrêmes est de 610,55 g/m². Le nombre de groupes formés est de 19 montrant ainsi une distribution très large des hybrides. Le croisement AR/GE avec une valeur de 942,19 g/m² forme le groupe « A » et le dernier groupe « O » est constitué par l'hybride NE/AR avec une valeur de 331,64 g/m² (Tab.9).

La biomasse totale montre une moyenne de 979,10 g/m² (Tab.9). Le classement des moyennes de ce caractère montre la présence de 24 groupes montrant ainsi une large dispersion des croisements. L'hybride AC/GE forme le groupe « A » avec la valeur la plus élevée soit 1275,47 g/m², tandis que l'hybride NE/H3 constitue le groupe « T » avec la plus faible valeur soit de 633,12 g/m². L'écart entre ces deux croisements est de 641,75 g/m².

L'indice de récolte en F₁ enregistre une moyenne de 21,66 %. Le nombre de groupes formés par le test de Newman et Keuls au seuil de 5% est de 17. Les valeurs extrêmes sont de 34,36 % (groupe « A ») et 11,64 % (groupe L) respectivement pour AC/GE et AR/H3 (Tab.9).

La moyenne du caractère talles herbacées est de 6,67. L'hybride AC/NE a donné une valeur de 8,51 « A ». Par contre EX/GE a obtenu la plus faible valeur de 4,81 « B ».

Le caractère nombre d'épis a obtenu une moyenne de 3,37, tous les hybrides forment un seul groupe homogène.

La moyenne de la longueur de la paille est de 88,39 cm. Le nombre de groupes constitué est de cinq groupes homogènes. Le groupe « A » est formé par cinq hybrides (GE/AR, H3/ AR, AR/H3, H3/EX et GE/). Le dernier groupe « E » est constitué par deux hybrides dont les valeurs varient entre 75,50 et 72,35.

La longueur de la feuille étandard montre une moyenne de 15,17 cm, le classement des hybrides a montré la formation de quatorze groupes homogènes, avec des valeurs extrêmes de 23,00 cm réalisé par H3/EX qui forme le groupe « A » et AR/NE avec 10,65 cm constituant le groupe « J ».

La moyenne de la longueur du col de l'épi est de 19,35 cm. Le nombre de groupes formés suite au classement des hybrides est de 18. Le croisement H3/EX donne la plus grande longueur avec 33,28 cm et la plus faible est observée chez EX/AC avec 10,50 cm.

Le poids de mille grains moyen chez les hybrides F₁ est de 28,17 g avec des extrêmes de 38,60 g pour GE/H3 et de 18,23 g chez GE/NE. Le nombre de groupes formés est de 18.

Le poids des grains de l'épi moyen est de 1,91 g. Le classement des géotypes montre 17 groupes homogènes avec des extrêmes de 2,92 g réalisé par NE/H3 qui forme le groupe « A » tandis que l'hybride AR/NE avec 1,42 g forme le groupe « L ».

La moyenne du nombre de grains par épi est de 26,00. Le nombre de groupes formés est de 12. Le groupe « A » est formé par les hybrides AC/GE, H3/EX, NE/AR, AC/NE et GE/NE avec des valeurs situées entre 31,25 et 30,50. Les hybrides AC/AR, EX/H3, GE/AC, EX/NE et AR/H3 sont chevauchants. Le dernier groupe « I » est constitué par les croisements H3/AR et AC/H3 respectivement avec 19,50 et 19,00 (Tab.9).

Tableau 9. Classement des hybrides F₁ selon la moyenne des différents caractères

Hybrides	TH	NE	LP	LFE	LCE	PMG	PGE	NGE	R. Paille	R.Grain	B.Totale	I. R
AR/EX	6,98ab	3,61	76,00d	13,50efghi	18,50h	23,58kl	1,63ijk	23,50efgh	678,10I J	155,09l	833,95o	18,09hi
AC/EX	6,72ab	3,68	83,00d	15,63def	13,50jkl	29,92def	1,89fgh	25,50def	458,68n	236,34g	931,83m	25,35d
AC/AR	7,76ab	4,26	72,35^e	14,16efgh	12,50l	25,75ij	2,01def	29,60ab	729,00g	330,14c	1059,00g	30,60b
NE/EX	7,45ab	3,65	79,10d	1150ghi	12,00lm	27,35ghij	1,93fgh	22,00h	532,10m	158,76l	689,80s	23,01ef
NE/AR	8,10ab	4,19	81,50d	15,05def	19,47gh	25,16jk	1,61ijk	31,10a	331,64o	276,45e	884,44op	31,10b
NE/AC	7,66ab	3,62	90,00c	14,35efg	16,50i	21,98lm	1,53jkl	23,50efgh	780,15ef	140,65l	920,79m	15,00k
GE/EX	5,90ab	2,55	96,88b	14,50efg	24,73d	30,44def	2,22c	22,50gh	927,18ab	169,18jkl	1096,74e	15,07k
GE/AR	5,89ab	3,40	103,55a	15,50def	16,50i	25,85ij	1,53jkl	27,55bcd	837,04cd	183,11j	1020,37hi	18,03hi
GE/AC	6,58ab	2,92	96,43b	18,50c	21,50ef	33,93c	1,75hi	29,25ab	838,10cd	280,17e	1118,38d	25,54d
GE/NE	5,52ab	3,62	83,43d	13,00fghi	13,55jkl	18,23n	2,06def	30,50a	863,00c	170,11jkl	1033,29hi	15,97k
H3/EX	7,38ab	2,96	98,25a	23,00a	33,28a	21,60lm	1,77ghi	31,25a	853,22c	155,15l	1008,27j	24,47de
H3/AR	6,34ab	2,34	99,54a	13,00fghi	16,73i	22,00lm	2,41b	19,50i	767,10f	133,18m	900,53no	14,78k
H3/AC	6,05ab	3,03	93,25b	22,00ab	21,50ef	27,35fghi	2,49b	23,00fgh	791,90ef	184,26j	977,27k	19,05h
H3/NE	6,65ab	3,39	92,75b	17,50cd	23,00e	36,75b	1,86fgh	24,50efgh	839,13cd	241,17g	1079,70f	22,33f
H3/GE	5,57ab	3,39	83,50d	13,31efghi	26,00cd	31,74d	2,48b	26,00cde	910,25b	295,22d	1206,05b	24,47de
EX/AR	6,57ab	3,44	83,50d	11,25hi	15,00ij	30,25def	1,68ij	23,50efgh	738,13g	215,70h	954,11l	22,18f
EX/AC	7,47ab	3,12	75,50e	15,25def	10,50m	30,68de	1,42l	26,00cde	724,11g	164,20kl	888,33nop	18,48h
EX/NE	7,15ab	3,82	85,95c	16,40cde	12,65kl	26,10ij	1,96efg	29,10ab	621,11k	258,36f	878,40p	29,42b
EX/GE	4,81b	3,09	94,95b	14,00efgh	27,05c	31,80de	2,18cd	22,50gh	872,31c	169,61jkl	1041,89h	16,28jk
EX/H3	6,29ab	2,97	86,80d	12,85fghi	28,50b	26,75hij	1,95efg	29,60ab	711,17gh	171,23jkl	882,45op	19,40gh
AR/AC	8,30ab	3,86	79,55d	13,50efghi	14,55jk	31,30de	1,89fgh	25,00efg	810,50de	298,28d	1108,60de	26,91c
AR/NE	6,33ab	3,89	88,75c	10,65j	11,75lm	20,60m	1,55jkl	23,00fgh	652,13J	140,15m	792,29r	17,69hij
AR/GE	6,77ab	3,18	98,25a	15,23def	20,25fg	28,85efgh	1,55jkl	28,00bc	942,19a	179,23jk	1071,45fg	16,51ijk
AR/H3	5,36ab	2,67	98,75a	13,50efghi	22,50e	29,50defg	1,98ef	28,75ab	798,04def	105,06n	902,60n	11,64l
AC/NE	8,51a	4,57	81,87d	20,50b	12,75kl	23,40kl	2,05def	31,00a	802,50def	356,49b	1159,57c	30,73b
AC/GE	7,57ab	3,90	85,00c	17,85cd	26,50c	36,00b	1,64ijk	31,25a	837,14cd	438,29a	1275,47a	34,36a
AC/H3	6,59ab	3,14	83,38c	15,00def	20,50fg	29,10defgh	1,47kl	19,00i	811,13de	261,55f	1072,29fg	24,39de
NE/GE	6,24ab	3,30	84,63c	12,98fghi	14,60jk	31,60d	1,88fgh	23,50efgh	690,23hi	197,54h	882,72op	22,36f
NE/H3	6,76ab	2,87	96,00b	15,50def	29,70b	29,05defgh	2,92a	24,50efgh	504,08m	130,59m	633,12 t	20,60g
GE/H3	4,86b	2,56	97,25a	16,00def	24,50d	38,60a	2,13cde	26,00cde	899,80b	169,62jkl	1069,17fg	15,86k
Moyenne	6,67	3,37	88,39	15,17	19,35	28,17	1,19	26	751,71	212,71	979,10	21,66

RP, RG, BT et IR : Rendement en Paille, Rendement en Grains, Biomasse Totale et Indice de Récolte

II.1.3. Corrélations

Des corrélations positives ont été enregistrées entre la biomasse totale d'une part et d'autre part le rendement en paille et le rendement en grain avec respectivement de 0,710** et 0,662**. L'indice de récolte est lié positivement au rendement en grain avec 0,903** (Annexe .7) et au nombre d'épis et talles herbacées avec respectivement 0,717** 0,545**. La longueur du col de l'épi est corrélé positivement avec la longueur de la paille, la longueur de la feuille étendard et le poids des grains de l'épi avec respectivement avec 0,436*, 0,375* et 0,360* (Annexe11).

Le poids des grains de l'épi montre une corrélation positive de 0,370* avec le poids de mille grains. Le tallage herbacé a enregistré une corrélation positive de 0,369* avec le nombre d'épis.

II.2. Etudes des hybrides F₂

II.2.1. Analyse de la variance

L'analyse de la variance des hybrides F₂ montre un effet génotype très hautement significatif ($p < 0,001$) pour tous les caractères étudiés : rendement en paille, rendement en grain et biomasse totale, indice de récolte, talles herbacées, nombre d'épis, longueur de la paille, longueur de la feuille étendard, longueur du col de l'épi, poids de mille grains et nombre de grains de l'épi. Le poids des grains de l'épi ne montre aucune signification. Les coefficients de variation (Annexe 6) sont faibles et varient de 1,60 % (biomasse totale) à 6,86 % (talles herbacées). Ceci peut indiquer que le matériel utilisé renferme une variabilité génétique importante. Les coefficients de variation génétique élevés variant entre 19 à 44,68 %, trouvés chez les caractères confirment cette grande variabilité génétique du matériel végétal utilisé (annexe 4).

II.2.2. Etude des moyennes

Le rendement en paille montre une moyenne de 888,56 g/m², la distribution des hybrides selon le test de Newman et Keuls au seuil de 5% montre 15 groupes. Les valeurs extrêmes sont de 1212,10 g/m² pour l'hybride NE/GE qui forme le groupe « A » et de 731,15 g/m² pour EX/AR qui forme le groupe « J » (Tab. 10).

La moyenne du rendement en grain en F₂ est de 391,19 g/m². Le test de Newman et Keuls au seuil de 5% distingue dix-huit groupes homogènes chevauchants. Les valeurs extrêmes sont de 724,70 g/m² pour l'hybride AR/NE formant le groupe « A » et 171,13 g/m² pour AR/H3 qui constitue le groupe « P » (tab. 10).

La moyenne de la biomasse totale est de 1280,26 g/m². Les hybrides sont répartis sur vingt groupes homogènes. La valeur la plus élevée est enregistrée par l'hybride AR/NE (1651,35 g/m²) qui forme le groupe « A », tandis que la plus faible est notée chez l'hybride GE/AC (1022,55 g/m²) qui constitue le groupe « Z » (tab. 10).

L'indice de récolte moyen est de 40,22 %. Le classement des moyennes montre la présence de seize groupes homogènes. La valeur la plus élevée est enregistrée par le croisement AR/NE avec un indice de récolte de 61,56 % (groupe « A »). Trois hybrides AR/H3, AC/H3 et AC/GE forment le dernier groupe « L » avec les plus basses valeurs comprises entre 18,18 et 18,94 respectivement pour AC/GE et AC/H3.

Le nombre de talles herbacées présente une moyenne pour l'ensemble des hybrides de 7,95. Le classement d'après le test de Newman et Keuls au seuil de 5% montre 12 groupes homogènes avec des valeurs qui varient entre 9,92 pour NE/GE et 5,55 pour GE/H3.

Une moyenne de 4,96 a été trouvée pour le nombre d'épis, la valeur la plus forte de 6,81 est notée chez l'hybride AR/NE et la plus faible de 2,30 chez AC/H3. Le classement des croisements a montré 22 groupes homogènes.

La moyenne de la longueur de la paille est de 82,37 cm. L'hybride EX/GE a montré la plus haute paille avec 92,50 cm et la plus petite avec 66,50 cm est réalisée par l'hybride EX/NE. Le classement selon leur moyenne a montré 17 groupes homogènes.

La moyenne de la longueur de la feuille étendard est de 13,77 cm. Les valeurs extrêmes de ce caractère sont de 17,50 cm réalisée par le croisement H3/EX et de 8,58 cm est observée chez la l'hybride AR/NE.

Pour la longueur du col de l'épi, on enregistre une moyenne de 14,94 cm. Le classement a montré 12 groupes homogènes avec des valeurs extrêmes de 24,00 cm notée chez AC/GE et de 9,50 cm chez AR/NE.

La moyenne du poids de mille grains est de 29,58 g. Autour de cette moyenne on enregistre le plus fort poids avec 37,85 g pour GE/H3 et la plus faible avec 20,63g est obtenue par AR/EX. Le nombre de groupes trouvé est de 19.

La moyenne réalisée par le poids des grains de l'épi est de 2,32g. Le classement a montré 11 groupes homogènes avec des valeurs extrêmes variant de 3,61g réalisée par H3/GE à 1,67g obtenue par l'hybride H3/NE.

Le nombre de grains par épi révèle une moyenne de 26,74 grains pour l'ensemble des hybrides. Le nombre de groupes homogènes enregistré est de 15. Le nombre de grains par épi le plus fort avec 37,00 est obtenu par le croisement AR/NE et le plus faible avec 17,00 est noté chez EX/GE (Tab. 10).

Tableau 10. Classement des hybrides F₂ selon la moyenne des différents caractères

Hybrides	TH	NE	LP	LFE	LCE	PMG	PGE	NGE	RP	RG	BT	IR
AR/EX	8,95abc	5,30efgh	77,50fghi	14,00fg	13,55hi	20,63n	2,13cdefg	20,00k	743,00J	297,02l	1038,02x	29,26ijk
AC/EX	8,90abc	5,65cde	86,00abcdef	15,00def	15,50ef	28,75fghij	2,21bcdef	25,50ghij	897,07def	433,25fg	1331,33j	46,50de
AC/AR	8,39abcde	5,61cde	73,45hij	15,25cde	11,45j	26,75hijk	2,47bcde	32,50cd	890,30def	527,15c	1419,70d	49,38cd
NE/EX	7,38bcdefg	4,40n	88,10abcd	11,50jk	11,10j	30,63defg	2,49bcde	26,50fghi	963,17cd	391,36h	1362,59h	57,31bc
NE/AR	7,90abcdef	5,50cdef	83,50bcdefg	16,00bcd	15,50ef	27,07hijk	1,87fg	33,50bc	852,00efghi	535,00c	1386,00f	60,03b
NE/AC	7,26cdefg	4,77jklm	85,00bcdefg	13,50gh	15,05fg	27,53hij	2,11cdefg	25,50ghij	782,25hij	295,30l	1027,55y	32,21hij
GE/EX	8,56abcd	5,09ghijk	88,57abcd	14,00fg	15,08fg	31,66cdef	2,41bcdef	17,00l	841,10fghi	254,06m	1094,16w	25,66jkl
GE/AR	8,64abcd	5,34efg	82,50cdefg	14,00gh	15,50ef	26,33ijk	2,49bcde	29,00ef	946,44cde	423,30fg	1369,00i	41,49defgh
GE/AC	8,46abcde	3,87 o	83,60bcdefg	16,00bcd	22,50b	34,90b	2,29bcdef	27,50efgh	732,13j	290,66l	1022,55z	25,77jkl
GE/NE	7,71abcdef	4,45mn	71,35ijk	12,10ijk	14,00gh	30,70defg	2,03defg	30,00de	920,00cdef	342,45j	1260,74p	32,51hij
H3/EX	8,76abcd	4,93hijkl	90,60abc	17,50a	14,05gh	24,55kl	2,47bcde	26,25fghi	861,05efgh	424,48fg	1281,54n	42,38defg
H3/AR	9,50ab	5,14fghij	89,00abcd	16,25bc	18,25d	32,50bcd	2,76b	25,38ghij	842,96fghi	354,30j	1196,43s	39,25efgh
H3/AC	8,36abcde	4,61lmn	81,50defg	16,50b	16,00ef	32,35bcde	2,36bcdef	28,50efg	965,65cd	359,84i j	1326,33k	36,79fghi
H3/NE	8,45abcde	5,22fghi	88,50abcd	12,35hijk	20,50c	37,60a	1,67g	23,50ij	768,13ij	372,97i	1142,13t	34,61ghi
H3/GE	8,80abc	5,31efgh	73,00hij	14,50efg	16,50e	31,75cdef	3,61a	24,50hij	798,04ghij	440,04f	1238,09q	36,77fghi
EX/AR	6,16fg	5,63cde	84,00bcdefg	11,36k	12,50i	29,27efghi	2,23bcdef	25,50ghij	731,15j	386,60h	1118,75v	40,54efgh
EX/AC	7,52abcdef	5,07ghijk	82,50cdefg	12,68hi	15,50ef	29,67defgh	2,28bcdef	31,50cd	790,54hij	495,09d	1286,00m	55,75bc
EX/NE	8,55abcd	5,78cd	66,50k	15,50bcde	10,65j	28,60fghij	2,29bcdef	32,50cd	837,20fghio	496,84d	1332,89j	61,16b
EX/GE	8,66abcd	4,73klmn	92,50a	10,50l	13,38hi	27,90ghij	1,95efg	17,00l	856,34efghi	237,32n	1093,24	22,78kl
EX/H3	7,30cdefg	4,11 o	91,35ab	13,60gh	18,50d	28,25ghij	2,05defg	24,00ij	940,22cde	321,61k	1310,47l	35,42ghi
AR/AC	6,25fg	5,13fghij	81,55defg	12,35hijk	13,50hi	32,67cdef	1,99efg	28,50efg	890,00def	418,39g	1310,27l	37,72fghi
AR/NE	8,60abcd	6,81a	69,50jk	8,58m	9,25k	21,35mn	2,43bcde	37,00a	880,15defg	724,70a	1652,35a	65,46a
AR/GE	9,00abc	5,43defg	82,50cdefg	15,50bcde	13,75hi	34,10bc	2,07cdefg	32,25cd	891,30def	478,40e	1371,69g	44,67def
AR/H3	6,25fg	3,55p	87,00abcde	13,35gh	9,50k	23,00lm	2,28bcdef	17,85l	1063,1b	171,13p	1234,19r	18,94l
AC/NE	6,68defg	6,23a	84,25bcdefg	14,60efg	12,75hi	31,30cdef	2,59bcd	35,35ab	959,09cd	648,61b	1632,59c	56,18bc
AC/GE	8,89abc	3,91 o	79,50efgh	14,50efg	24,00a	34,00bc	2,23bcdef	22,50j	946,38cde	231,43n	1128,33u	18,18l
AC/H3	6,97cdefg	2,30q	84,50bcdefg	13,35gh	20,00c	25,88jk	2,70b	27,50efgh	919,14cdef	202,10o	112024v	18,84l
NE/GE	9,62a	5,84c	77,30ghi	1255hij	13,50hi	29,45defgh	1,94efg	25,05hij	1212,1a	434,04fg	1644,16b	49,21cd
NE/H3	6,50efg	4,10 o	77,50fghi	12,45hjik	11,50j	31,55cdef	2,49bcde	26,55fghi	924,00cdef	345,57j	1270,09o	54,56bc
GE/H3	5,56g	4,87ijkl	88,50abcd	14,00fg	15,35ef	37,85a	2,62bc	24,00ij	1006,8c	399,90h	1407,36e	37,37fghi
Moyenne	7,95	4,95	82,37	14	14,84	29,62	2,32	26,74	888,56	391,19	1280,26	40,22

RP, RG, BT et IR : Rendement en Paille, Rendement en Grains, Biomasse Totale et Indice de Récolte

II.2.3. Corrélations phénotypiques

On note des corrélations positives entre d'une part la biomasse totale et d'autre part le rendement en paille et le rendement en grain avec respectivement 0,686** et 0,784**. Des corrélations positives ont été notées entre d'une part l'indice de récolte et d'autre part le rendement en grain et la biomasse totale avec respectivement 0,923** et 0,532* (Annexe7). L'indice de récolte montre des corrélations positives entre le nombre d'épis et le nombre de grains par épi avec respectivement de 0,845** et 0,740**.

La longueur du col de l'épi est corrélé positivement avec le poids de mille grains, la longueur de la paille et le nombre d'épis respectivement de 0,511**, 0,495* et 0,466*. Le nombre de grains par épi est corrélé négativement avec la longueur de la paille ($r = -0,487^*$) et il est corrélé positivement avec le nombre d'épis avec ($r = 0,449^*$) (Annexe 12).

III. Discussion

III.1. Stades phénologiques

Pour toutes les phases végétatives ainsi que pour le cycle global, les variétés locales forment le groupe « A » et les génotypes introduits forment le groupe « B ». Nos résultats sont en accord avec ceux trouvés par Abbassene *et al.* (1998) concernant la longueur du cycle végétatif des variétés locales. Cette dispersion est due à l'écart important en jours réalisé durant la phase montaison-épiaison entre les variétés locales et les variétés introduites. L'écart est de 9 à 12 jours entre les variétés locales et les variétés introduites au cours de la phase montaison-épiaison. Les résultats montrent que les variétés locales mettent plus de temps pour épier et plus particulièrement Hedba 3. Roumet en 2006 a montré que la variété Ardente est plus précoce en conditions favorables.

La durée moyenne des cycles et des phases végétatives enregistrée est plus longue chez les variétés locales elle est de 178 jours, contrairement aux variétés introduites qui ont réalisé des cycles courts avec 160 jours. On constate une certaine stabilité du cycle végétatif que se soit pour les variétés locales ou variétés introduites. Les génotypes stables sont ceux qui maintiennent un classement constant au cours des années d'expérimentation (Beker et Leon, 1988). Selon Hioun *et al.* (2002), les variétés à cycle long montrent un bon remplissage du grain. Il semble que les variétés locales, avec un cycle long, ont réalisé un poids des grains de l'épi élevé par rapport aux variétés introduites. La précocité des génotypes introduits peut les exposer aux gelées printanières (Ali Dib *et al.* 1992 ; Bouzerzour et Benmahammed. 1996). Pour Simon *et al.* (1989), la précocité à l'épiaison permet à une variété d'accomplir son cycle de développement plus au moins rapidement afin d'échapper aux périodes de sécheresse. A l'échelle de l'ensemble du cycle, le blé développe des mécanismes d'adaptation pour éviter au maximum les périodes critiques (Brisson et Delecolle. 1993). Le blé développe un certain nombre de mécanismes physiologiques et biochimiques pour faire face aux stress hydriques (Gholamin et Khayatnezhad. 2010).

La durée du cycle végétatif des génotypes peut être due aux conditions climatiques c'est-à-dire à une bonne répartition de la pluviométrie en deuxième année. Selon Bouzerzour *et al.* (1998), les conditions climatiques ont une influence sur la durée du cycle végétatif. La bonne répartition des précipitations conditionne en grande partie la productivité et non pas son cumul (Feliachi *et al.* 2001).

La phase montaison-épiaison des variétés locales est plus longue, ces dernières tardent à épier. Le cycle végétatif réalisé par les génotypes semble être lié à leurs caractéristiques génétiques. Bencheikh *et al.* (2008) ont montré que la durée du cycle végétatif et des stades végétatifs sont

fortement liés aux génotypes. L'environnement souvent stressant impose une limite à l'expression des aptitudes génétiques des cultivars introduits de blé tendre (Benchohra et Khaloufi, 2000).

Le cycle court des génotypes introduits peut être exploité dans une stratégie d'évitement des conditions stressantes du milieu en fin cycle. Le recours à une stratégie d'esquive des stress par raccourcissement de la durée du cycle peut entraîner une baisse de la productivité du blé (Levit, 1980). Le raccourcissement de la durée du cycle végétatif conduit aussi à sacrifier une part de la productivité chez le blé (Osteroom *et al.* 1993). Pour Tubiello *et al.*, (2000) l'augmentation de la température peut entraîner un raccourcissement de la durée de la période de croissance.

III.2. Caractères morphologiques

Une hausse légère de la moyenne est notée entre la première et la deuxième année pour le nombre d'épis, la longueur de la feuille étendard et le poids de mille grains. Par contre une légère régression de la moyenne est observée chez le nombre de talles herbacées, la longueur du col de l'épi, le poids des grains de l'épi et le nombre de grains par épi. La longueur de la paille a vu une baisse conséquente passant de 90,82 cm à 83,60 cm.

Les variétés introduites ont produit plus de talles herbacées comparées aux locales. Les résultats de Bouzerzour *et al.*, (1998) ont montré que les variétés Hedba 3 et Guem Goum Erkham ont obtenu respectivement un nombre d'épis par mètre carré de 149,17 et 174,89. En conditions favorables les variétés introduites de blé dur produisent un tallage herbacé élevé (Hafsi et Bouzerzour 1993). Le nombre de talles herbacées produites est fonction de la variété, du climat et de la nutrition minérale (Masle, 1982; Baldy, 1984 ; Benbelkacem, 1993).

Les génotypes ont augmenté légèrement leur nombre d'épis en deuxième année. Un tallage herbacé abondant n'engendre pas automatiquement un tallage épi en conséquence (Doussinault et Dosba, 1988). Selon Combe (1982), un nombre d'épis important n'entraîne pas toujours une augmentation du rendement à cause de la compétition induite par le nombre de grains par épi. La variété Nefer reste en tête du classement avec un nombre d'épis plus important. En conditions défavorables Nefer sauve son rendement avec peu d'épis (Roumet, 2006).

Le nombre de grains par épi montre une légère baisse des valeurs entre la première et la deuxième année. Meynard *et al.* (1994) a noté une influence directe de la nutrition azotée sur le nombre de grains par épi. Le classement des génotypes pour ce caractère n'a pas changé, les génotypes locaux ont un nombre de grains faible et se classent derniers durant les deux années. Acevedo (1992) note que le nombre de grains par épi est fonction de la variété et de la date de semis. Le nombre de grains par épi contribue au rendement en grain chez le blé dur conduit en conditions semi-arides (Simane *et al.* 1993). La date de semis en zone semi-aride a un impact souvent supérieur à celui de la variété ou de la fertilisation sur la production de grains (Jouve et Daoudi, 1989). Le nombre de grains par épi des variétés Acalou et Excalibur est le plus élevé. En conditions favorables, les variétés introduites de blé dur produisent un nombre de grains par épi élevé (Hafsi et Bouzerzour 1993). Dunder (1976) montre que le rendement du blé est très dépendant du nombre de grains par épi. Une corrélation positive est trouvée entre le poids des grains par épi et le rendement chez le blé (Shoufu *et al.*, 1997).

Le peu de précipitations et les brusques élévations de température au moment du pallier hydrique sont les causes probables du ralentissement de la vitesse de migration des réserves vers le grain, ce qui s'est répercuté sur le poids des grains de l'épi en première année chez Ardente et Acalou. Selon Blum et Prunel, (1990), le déficit en eau chez le blé réduit le nombre de grains formés.

La sécheresse affecte la productivité du blé en zone aride et semi-aride et réduit le rendement en grain de la plante plus que tout autre stress environnemental (Ali *et al.* 2013).

Les variétés ayant la capacité de remplir rapidement leur grain sont avantagées car les conditions locales sont caractérisées par une sécheresse en fin de cycle (Belahcene *et al.* 2009). Les génotypes locaux sont restés en tête du classement pour le poids des grains de l'épi pendant les deux années grâce à leur résistance à la sécheresse de fin de cycle et à un nombre de grains/épi faible. Blum (1988) a montré que les génotypes tardifs sont ceux qui réalisent les meilleurs rendements en grain. L'interaction du génotype et de l'environnement joue un rôle important dans l'expression finale du rendement en grains (Yuksel et Mevlut, 2014).

La longueur de la paille moyenne a révélé une régression passant de 90,82 cm à 83,60 cm entre la première et la deuxième année. Paquet (1961) a trouvé une baisse de la hauteur de la paille chez le blé tendre sans donner de valeurs. Hanifi Melkiche *et al.* (2008) ont trouvé une réduction de la paille chez le blé dur. Kheredine et Daaloul (1998) ont montré que les variétés à paille longue deviennent plus productives dans les zones affectées par la sécheresse, comparativement aux variétés naines, mais en conditions favorables, Simpson en 1968 a montré que les plantes à paille courtes sont plus productives que les plantes hautes.

Le caractère longueur du col de l'épi montre une baisse de sa longueur entre la première et la deuxième année surtout pour Hedba 3, malgré cette réduction elle garde toujours la première place (groupe A). Auriau (1978) a montré l'importance et le rôle du col de l'épi et de la hauteur de la paille dans le remplissage des grains. Les génotypes introduits ont réalisé une paille courte contrairement aux variétés locales. En conditions favorables, les variétés introduites de blé dur produisent une paille courte (Hafsi et Bouzerzour, 1993). Il semble que la régression de la paille est due en partie à une réduction du col de l'épi, ceci peut s'expliquer par la corrélation positive de 0,627** trouvée entre ces deux caractères. Nos résultats coïncident avec ceux trouvée par Belahcene *et al.* (2009).

La longueur de la feuille étendard montre une augmentation de la première à la deuxième année allant de 15,52 à 17,42 respectivement. Selon Benlaribi *et al.* (1998), les variétés locales réagissent au déficit hydrique par une réduction brutale de la croissance de leurs limbes foliaires. Au moment du déficit hydrique, un enroulement des feuilles des variétés locales a été constaté. Chowdhry *et al.* (2000) ont montré qu'une évapotranspiration intense et un manque d'eau a des répercussions non négligeables sur les composantes de rendement. De par sa position et son âge, la dernière feuille (feuille étendard) peut apporter jusqu'à 85 % de la quantité mobilisable aux grains (Ledent, 1978).

Le poids de mille grains élevé de 32,81g obtenu en deuxième année par rapport à la première année avec 31,39g pourrait être favorisé par la régularité et l'abondance des pluies de deuxième année avec des précipitations de 62,9 mm au moment du pallier hydrique (Mai).

Un déficit hydrique à la fin montaison pénalise le remplissage des grains chez le blé (Mekliche et Jean. 1993). Selon Benbelkacem et Kellou (2000), en conditions semi-arides le poids de mille grains est généralement peu maîtrisable, car il est fortement lié aux effets de l'environnement au moment de la formation et du remplissage du grain. Les conditions pédoclimatiques exercent aussi un effet sur le poids de mille grains (Bar, 1995). Ce caractère varie avec la date de semis et la fertilisation azotée (Kouk, 1993). L'augmentation du rendement en grain est le résultat de la densité de plants, du poids de mille grains (Koksai, 2009) et d'une fertilisation azotée équilibrée (Stanger *et al.* 2008).

Les variétés locales constituent le groupe « A » pour les caractères longueur de la paille, longueur de la feuille étendard, longueur du col de l'épi et poids des grains de l'épi, tandis que les

variétés introduites sont en tête pour les caractères talles herbacées, nombre d'épis et nombre de grains par épi. Les variétés locales se trouvent à la queue du classement pour les caractères talles herbacées et nombre d'épis. L'augmentation de la température et la baisse de l'humidité de l'air limite le remplissage des grains (Chaker et Brinis, 2004).

III.3. Rendement et biomasse

La moyenne du rendement en paille est plus au moins stable entre la première et la deuxième année respectivement avec des valeurs de 963,75 et 961,01 g/m². Les variétés locales et Ardente notent les plus forts rendements en paille en première année en formant le groupe « A ». Le génotype Excalibur constitue à lui seul le groupe « C ». Les résultats montrent que les variétés locales sont plus au moins stables en occupant les premiers groupes par contre les valeurs réalisées par les génotypes introduits sont fluctuants. La capacité de produire une forte biomasse aérienne est indicatrice d'une meilleure adaptation au milieu de production (Austin *et al.* 1976). Pour cela on note que Nefer est passée du groupe « B » au groupe « A » ce qui indique qu'elle a une bonne adaptation au milieu.

La moyenne de la biomasse totale est passée de 1239,24 à de 1267,53 g/m². La variété Guem Goum Erkham a vu une certaine stabilité de sa biomasse totale, tandis qu'un accroissement de ce caractère est observé chez les génotypes Excalibur, Acalou, Nefer et Hedba3. Les variétés locales produisent une biomasse importante de paille même en conditions de stress (Hafsi et Bouzerzour, 1993). L'accroissement de la biomasse végétale est souvent associé à la fertilisation azotée et à la quantité de CO₂ absorbé par la plante (Fusheng *et al.* 2003).

La moyenne du rendement en grain est passée de 273,38 à 306,53 g/m² entre la première et la deuxième année. La variété Nefer constitue le premier groupe durant les deux années consécutives. Les variétés locales occupent la dernière place pour ce caractère. Le poids de mille grains a un effet direct sur le rendement (Kashif et Khaliq, 2004).

Le génotype Ardente a connu une régression du rendement en grain de la première à la deuxième année. Hadj Taibi *et al.* (2003) ont trouvé chez la variété Ardente une certaine instabilité dans son rendement en conditions semi-arides. Une étude menée en conditions défavorables a montré que la production de grain d'Ardente était compromise (Benbelkacem et Kellou 2000). Selon Foollad (1999), plusieurs auteurs (sans citer de noms), le mécanisme qui détermine le rendement en conditions de stress n'est pas encore élucidé.

La moyenne des hybrides F₂ est supérieure à celle des F₁ chez le rendement en paille avec respectivement 888,56 et 751,70 g/m². Le rendement en grain de la F₂ est de 391,19 et celle de la F₁ de 212,71. Les hybrides F₂ notent une biomasse totale de 1280,26 tandis que les F₁ ont obtenu une moyenne de 979,10. Ces résultats peuvent être attribués à la disjonction de la F₂, ou 50 % des hybrides sont supérieures à leurs parents et aux conditions climatiques différentes pendant les deux années.

L'ensemble des hybrides ont révélé une augmentation du rendement en grain de la F₁ à la F₂ à l'exception des croisements AC/GE et AC/H3, qui ont enregistré une baisse de leur rendement en grain en F₂. Ce résultat est dû aux meilleures conditions du milieu en deuxième année par rapport à la première année, de plus la F₁ et la F₂ n'ont pas été cultivées la même année. Le passage de la F₁ à la F₂ devrait montrer une diminution des caractères à cause de la diminution de l'hétérosis due à une diminution de 50 % de l'hétérozygotie. L'accumulation de la biomasse est sous les effets conjugués de la fertilisation azotée et des conditions environnementales chez le blé tendre (Girard, 1997 ; Gastel et Lemaire, 1997).

III.4. Indice de récolte

L'indice de récolte des parents a évolué de 22,29 à 23,48 entre la première et la deuxième année, cette augmentation est due à l'évolution du rendement en grain. Un indice de récolte de 17 % est trouvé chez le blé par Studeto *et al.* (1986). La moyenne des hybrides F₁ est inférieure à celle des parents. La moyenne des hybrides F₁ est nettement supérieure à celles des parents pour ce caractère (Sehabi et Mekliche, 2001). Même la moyenne des hybrides F₂ est nettement supérieure à celle des parents en deuxième année. Les variétés locales présentent les plus faibles indices de récoltes par rapport aux génotypes introduits. Le génotype Hedba 3 a réalisé un indice de récolte de 15,71 en conditions de sécheresse (Bouzerzour *et al.*, 1998). D'après Housmand et Vanda (2008) les caractères qui induisent un rendement en grain élevé sont l'indice de récolte et le poids de mille grains.

L'étude menée sur les deux années, nous a montré que les variétés locales sont classées en dernier par rapport aux variétés introduites pour le rendement en grain et la biomasse totale. Ces deux paramètres déterminent la valeur de l'indice de récolte. Un indice de récolte élevé et une réduction de la surface transpirante sont associés très souvent à un évitement de la contrainte hydrique (Keim et Kroustad 1981 ; Fussel *et al.* 1991). L'étude menée par Legouis *et al.* (2000) montre une augmentation de l'indice de récolte du blé, tandis que la production de matière sèche aérienne est restée stable en conditions favorables.

IV. Analyse quantitative

IV.1. Analyse Hayman

IV.1.1. Au niveau F₁

IV.1.1.1. Comparaison des hybrides F₁ et parent moyen

L'étude des droites de régression formées par les valeurs des hybrides F₁ et le parent moyen (Fig.1), révèle une répartition équilibrée des croisements F₁ sur le graphe de chaque caractère. Les corrélations moyennes des caractères poids des grains de l'épi ($r^2 = 0,800^{**}$), longueur de la paille ($r^2 = 0,749^*$), talles herbacées ($r = 0,677^*$) et longueur du col de l'épi ($0,635^*$) mettent en évidence le rôle important de l'additivité. Contrairement aux caractères nombre d'épis, longueur de la feuille étendard, poids de mille grains et nombre de grains par épi qui montrent des corrélations non significatives.

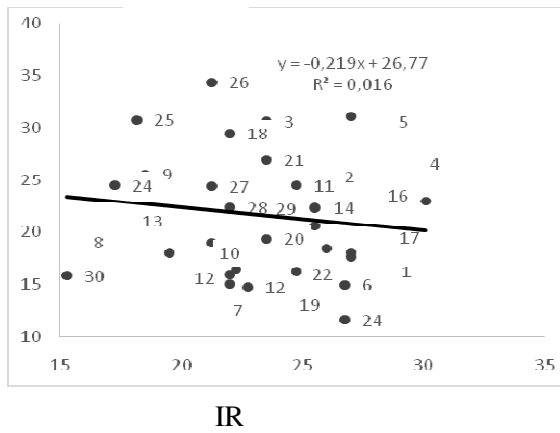
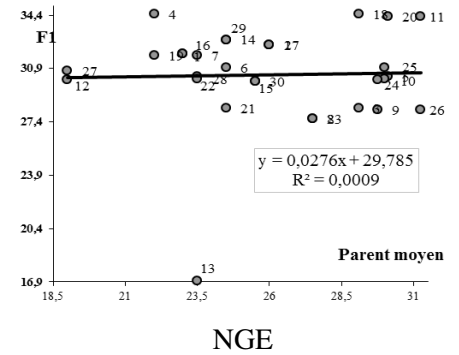
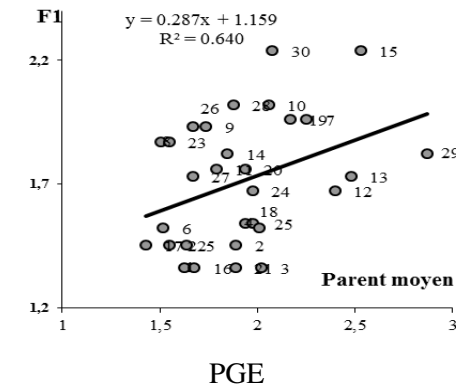
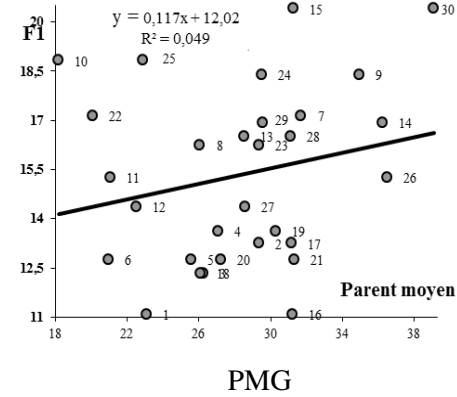
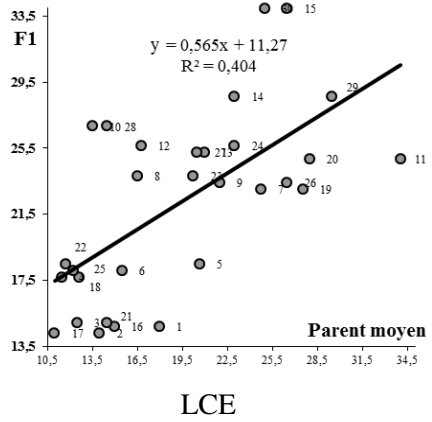
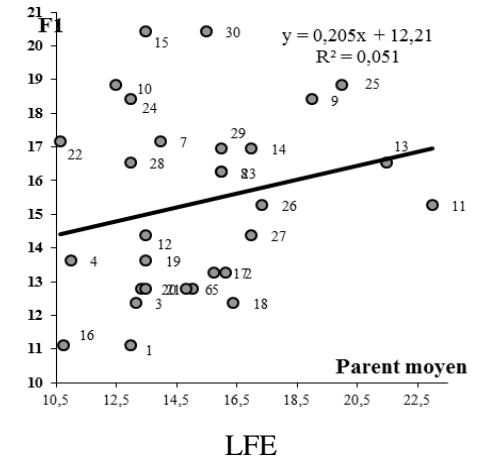
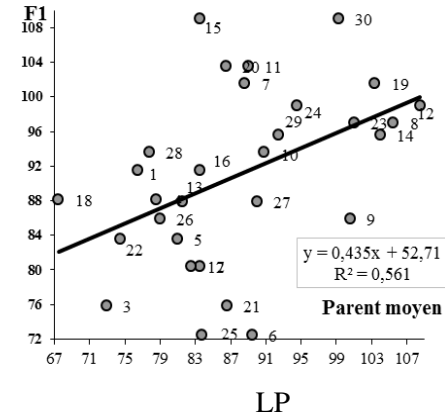
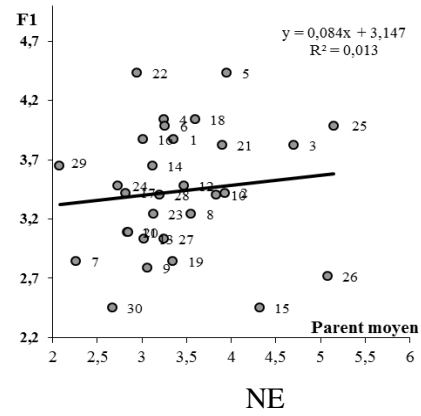
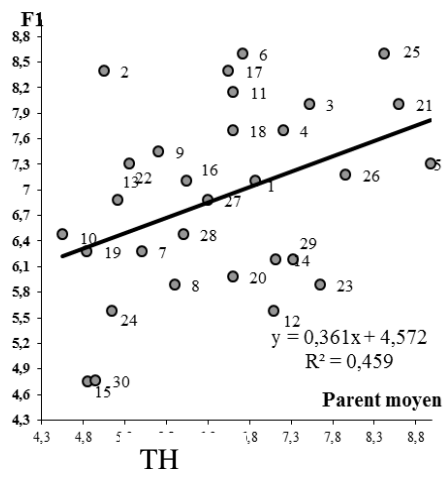


Figure 1 : Relation entre les moyennes des F₁ et leur parent moyen pour différents caractères

IV.1.1.2. Interprétation graphique selon la méthode Hayman (1954)

La position des droites de régression W_r/V_r du croisement diallèle du blé dur, nous permet d'entamer l'analyse des potentialités génétiques des parents. Le graphe (fig.2) révèle que le nombre de talles herbacées est régit par une superdominance. Les génotypes Ardente, Nefer et Excalibur regroupent le plus grand nombre de gènes dominants aux effets négatifs sur l'expression du caractère. La position des génotypes Hedba3, Acalou et Guem Goum Erkham sur la droite de régression indique qu'ils possèdent des gènes dominants et des gènes récessifs. Les gènes récessifs sont favorables à l'expression du caractère.

La droite de régression $W_r + V_r$ sur t (moyenne parentale) (Fig.3.) montre que les gènes récessifs ont un effet positif sur l'expression du caractère talles herbacées. Dans le cas où le caractère est contrôlé par plusieurs gènes ayant tous le même sens de dominance, la position éloignée de la parabole des points correspondants aux variétés indique que des formes transgressives peuvent être obtenues dans les descendance des croisements effectués entre les parents inclus dans cet essai (Cousin, 1969).

Le graphe (fig.2) montre une dominance partielle pour le caractère nombre d'épis. Les variétés Nefer, Ardente, Excalibur et Hedba 3 possèdent des allèles dominants favorables à l'augmentation du nombre d'épis, tandis que Guem Goum Erkham et Acalou ont des gènes récessifs favorables à l'augmentation du nombre d'épis. La pente de la droite de régression positive révèle une action négative des gènes dominants (fig.3). Des formes transgressives peuvent être obtenues dans les descendance des croisements effectués entre les parents inclus dans l'essai.

La droite de régression (fig.2) du caractère longueur de la paille montre une superdominance. Elle révèle aussi que le génotype Nefer regroupe presque la majorité des gènes dominants favorable à la diminution de la longueur de la paille. La variété Ardente possède les gènes récessifs favorables à la diminution de la taille. Les gènes dominants sont à action positive sur l'expression du caractère (fig.3). Il y a possibilité de transgression dans les générations suivantes.

La longueur de la feuille étendard (fig. 2) montre une dominance incomplète. La variété Guem Goum Erkham possède les gènes dominants favorables à l'augmentation du caractère. La variété Nefer possède les gènes récessifs tandis que les génotypes Acalou, Excalibur, Ardente et Hedba 3 renferment autant de gènes dominants que de gènes récessifs. Les gènes dominants ont une action négative sur l'expression du caractère (fig.3). L'emplacement des points correspondants aux variétés montre que la variété Ardente possède tous les gènes car elle se trouve proche de la parabole, par conséquent ce caractère ne peut pas être amélioré à partir des variétés de l'essai.

Le graphe (fig.2) révèle une dominance partielle de la longueur du col de l'épi. La position du parent Ardente très proche de la parabole montre que ce caractère ne peut pas être amélioré à partir des variétés mises en essai (pas de transgression possible dans les générations suivantes) car il possède tous les allèles dominants aux effets positifs sur le caractère (fig.3).

L'étude du graphe formé par la droite de régression W_r/V_r (fig.2) révèle une superdominance du caractère poids de mille grains. La position des points, correspondants aux variétés, éloignés de la parabole indique que nous pouvons espérer trouver des transgressions dans les générations ultérieures. La répartition des génotypes sur le graphe indique que ces génotypes ont autant de gènes dominants que de gènes récessifs. La pente b supérieure à zéro indique que les gènes récessifs ont une action positive sur l'expression du caractère (fig.3). Les génotypes Ardente et Acalou regroupent à eux deux la plus part de gènes dominants à action négative sur le poids de mille grains.

Le caractère poids des grains de l'épi est sous l'effet de la dominance incomplète. La position des points, relatifs aux variétés, éloignée de la parabole indique qu'il y a possibilité de transgression dans les générations ultérieures. Excalibur et Nefer renferment plus de gènes dominants à action positive sur l'expression du caractère (fig.2). Les variétés Guem Goum Erksam, Ardente et Hedba 3 possèdent autant de gènes dominants que de gènes récessifs. Acalou possède plus de gènes récessifs (fig.3). La pente b inférieure à zéro indique que les gènes dominants ont une action positive sur le caractère.

Le nombre de grains par épi montre une superdominance. La position des points, relatifs aux variétés, éloignée de la parabole indique qu'il y a possibilité de transgression dans les générations ultérieures. La pente b inférieure à zéro indique que les gènes dominants sont à action positive. Les génotypes Acalou et Guem Goum Erksam (fig.2 et fig.3) regroupent plus de gènes dominants. Les gènes récessifs d'Excalibur sont favorables à l'expression du caractère nombre de grains par épi.

L'indice de récolte est sous l'effet et d'une superdominance. Les génotypes Ardente, Guem Goum Erksam et Excalibur ont autant de gènes récessifs que de gènes dominants. Les gènes dominant ont une action négative sur l'expression du caractère. Le rapprochement de Nefer de la parabole ne permet pas la possibilité de transgression chez le caractère (fig. 2 et 3).

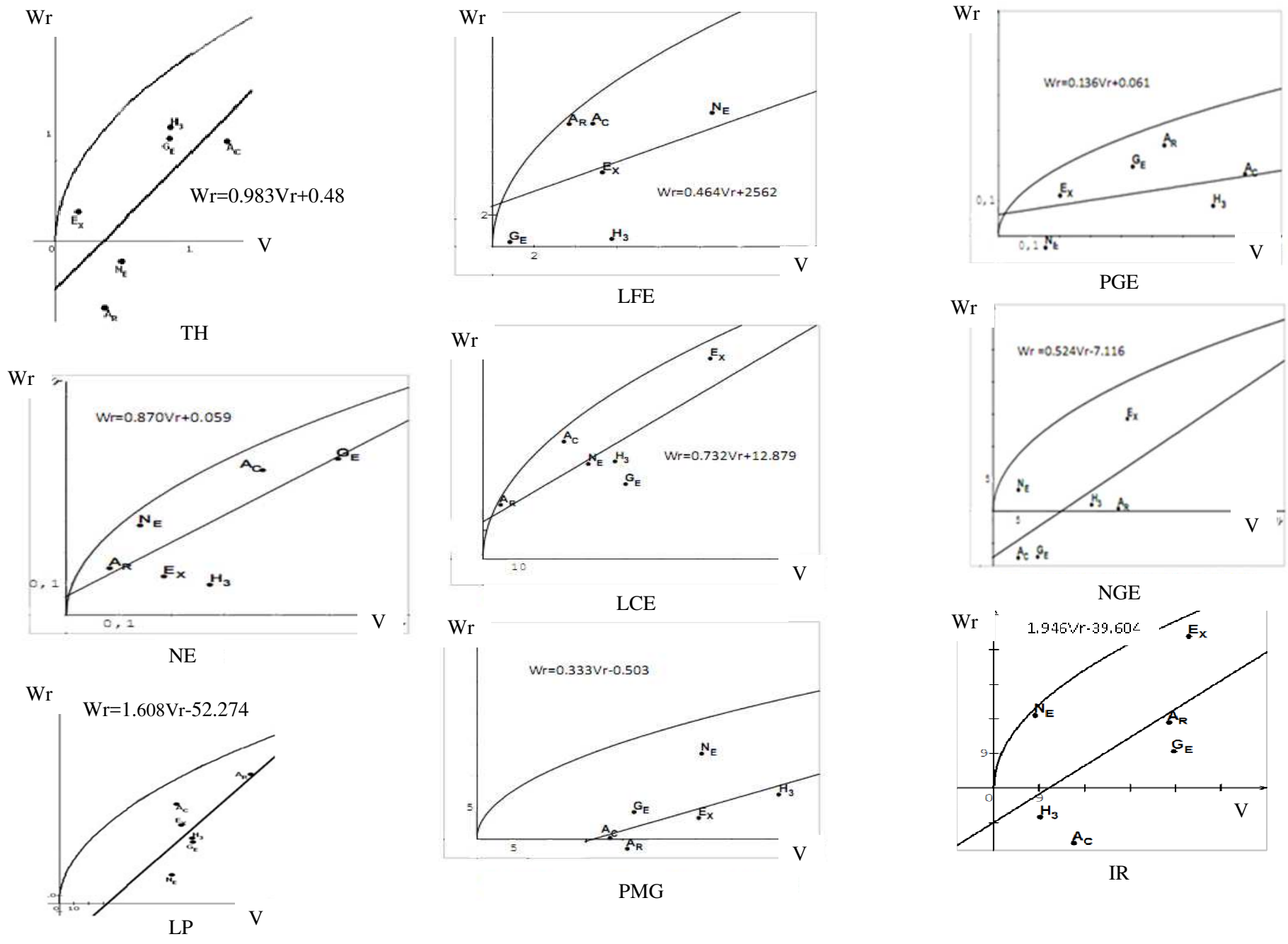
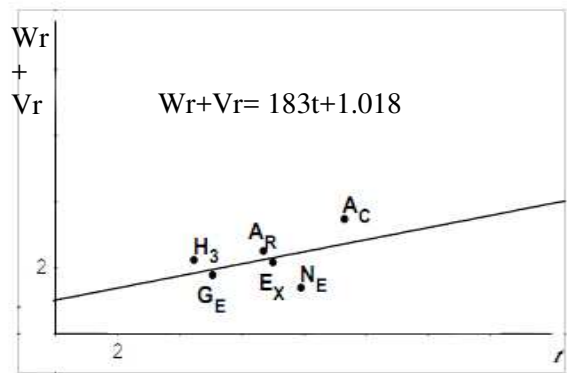
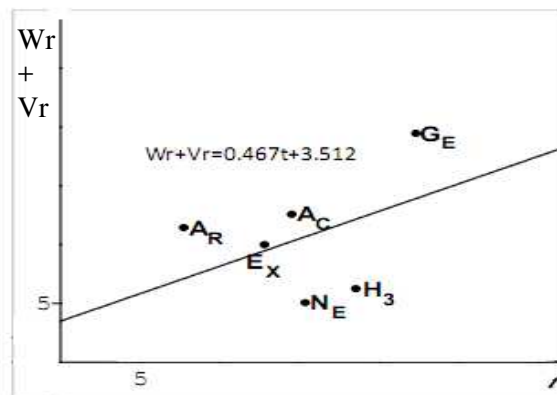


Figure 2 : Relation entre les valeurs W_r / V_r en F_1



TH



LFE

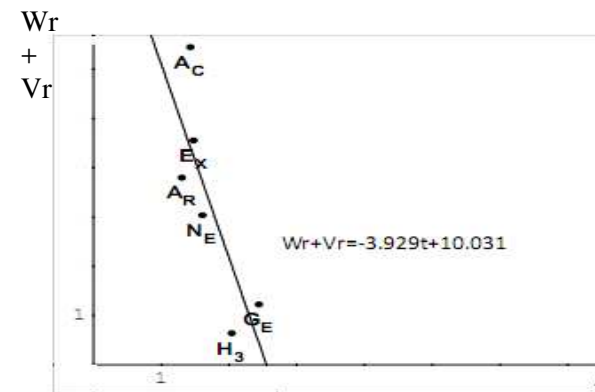
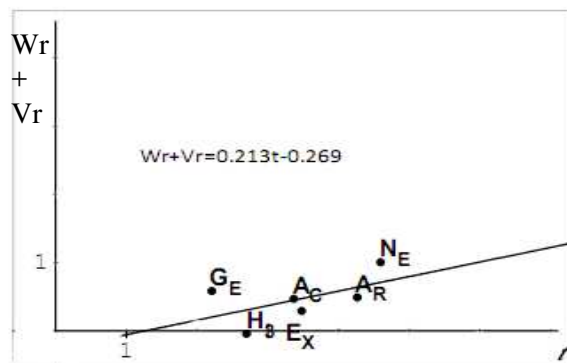
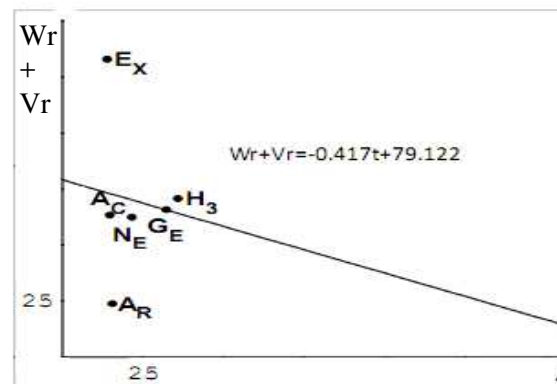


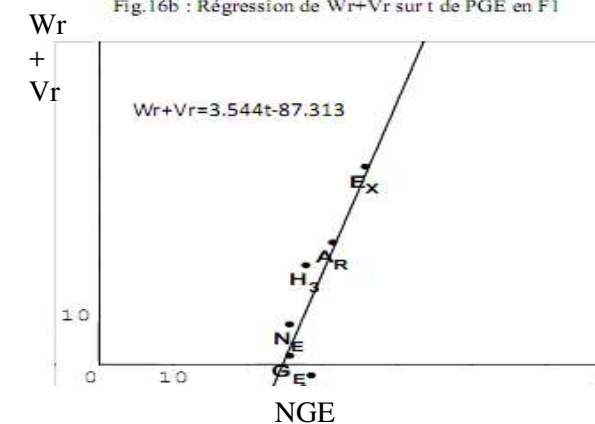
Fig.16b : Régression de $Wr+Vr$ sur t de PGE en F_1



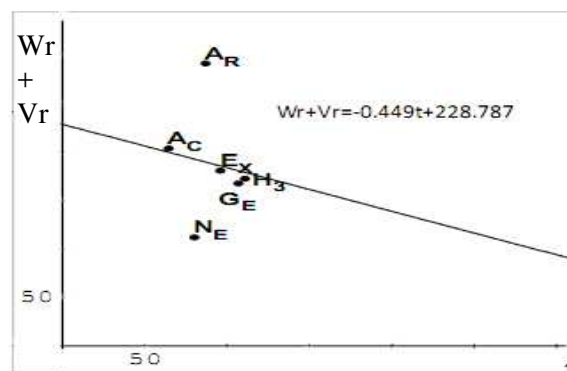
NE



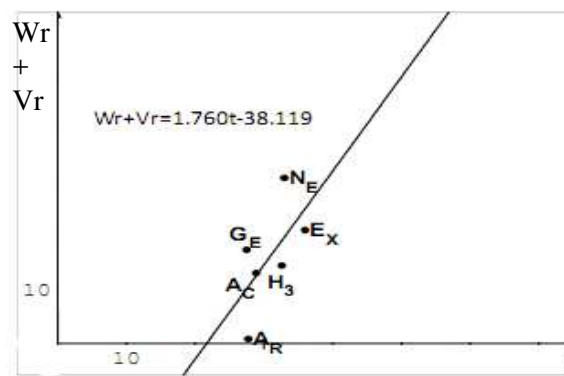
LCE



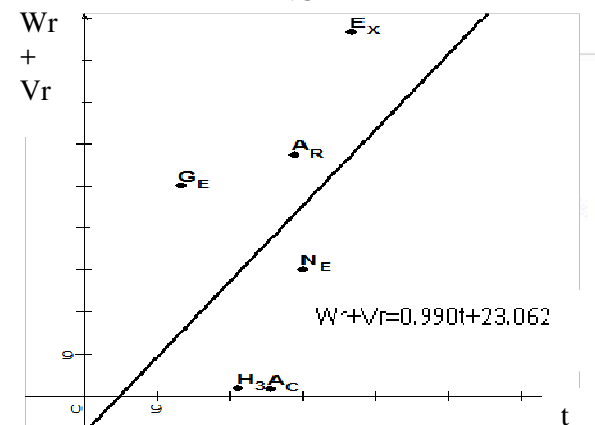
NGE



LP



PMG



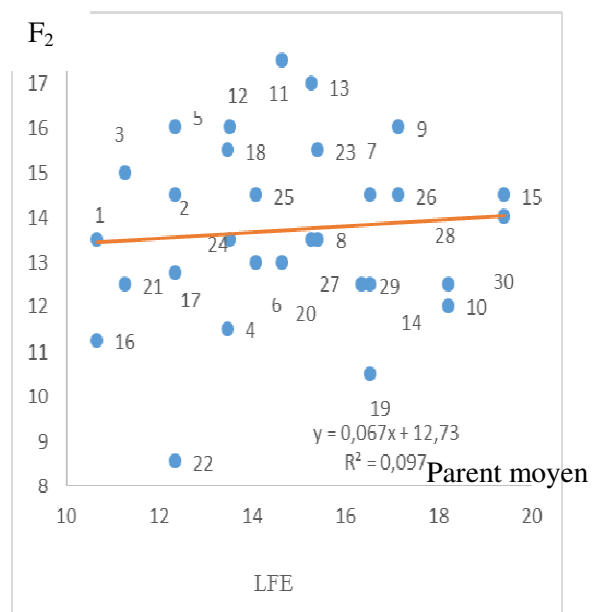
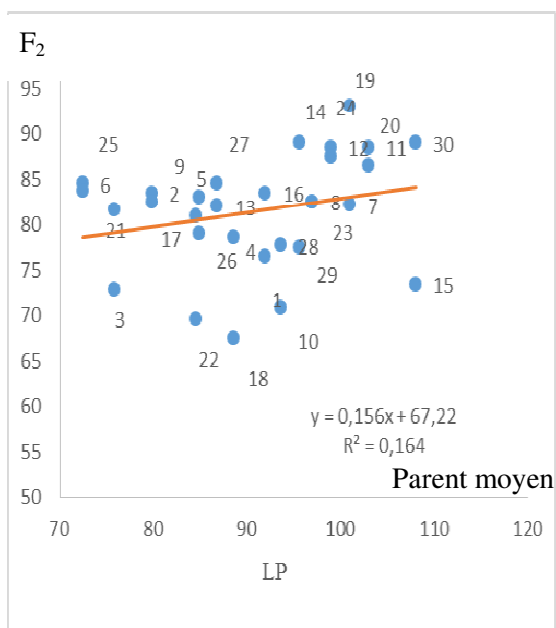
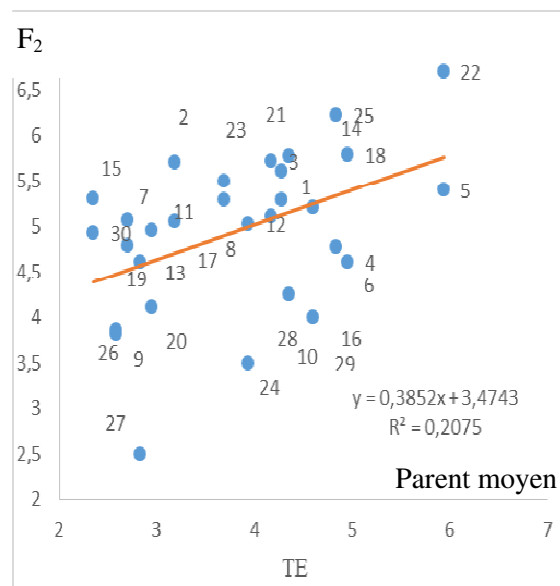
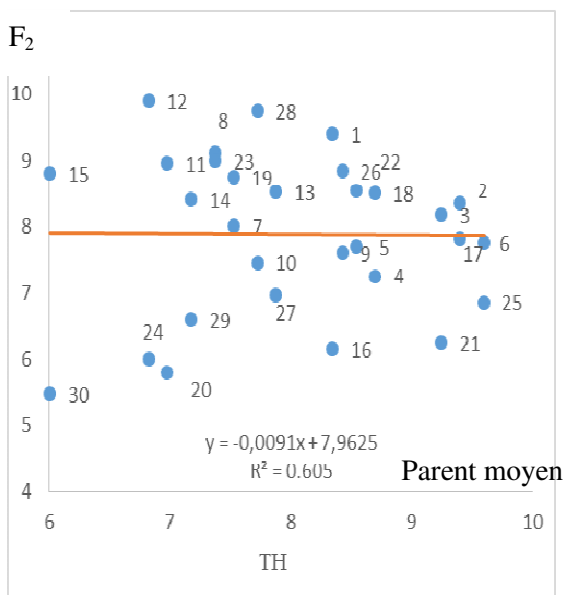
IR

Figure 3 : Relation entre les valeurs $Wr + Vr$ et valeurs parentales en F_1

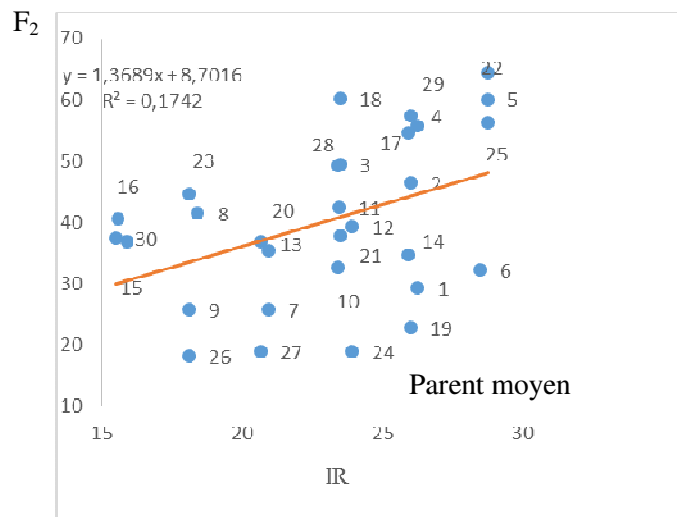
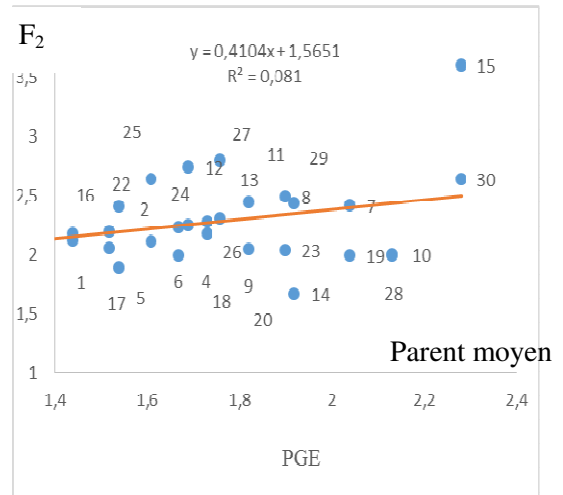
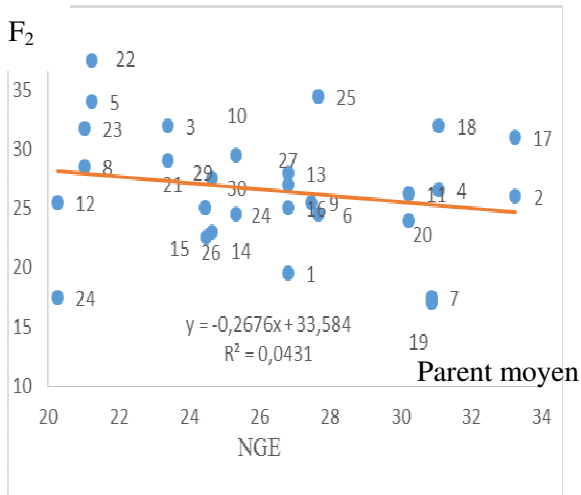
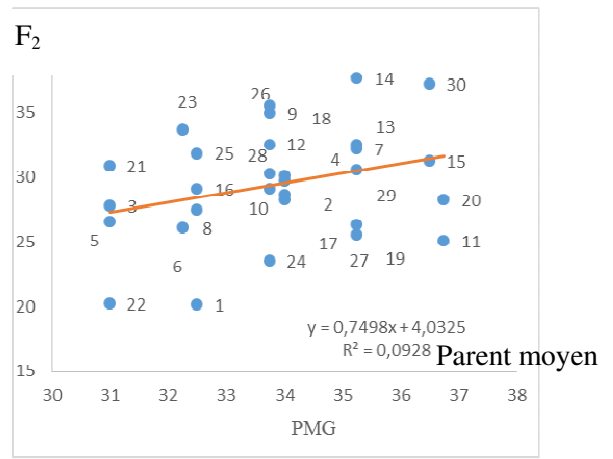
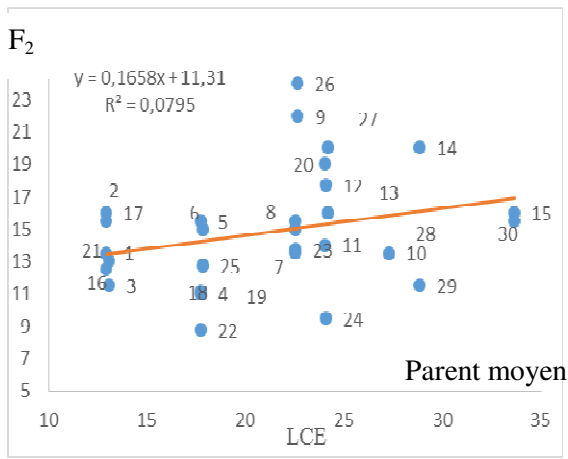
IV.1.2. Au niveau F₂

IV.1.2. 1. Comparaison des hybrides F₂ et parent moyen

Les hybrides F₂ sont répartis de part et d'autre des droites de régression formées par le parent moyen et la valeur hybride (fig.4). Les corrélations positives obtenues pour les caractères talles herbacées, nombre d'épis et indice de récolte de $r = 0,778^{**}$, $r = 0,455^*$ et $r = 0,417^*$ respectivement sont significatives (fig.4). Ces résultats indiquent la présence probable d'effets additifs des caractères.



Figures 4 : Relation entre les moyennes des F₂ et leur parent moyen pour différents caractères



Figures 4 : Relation entre les moyennes des F₂ et leur parent moyen pour différents caractères

IV.1.2. 2. Interprétation graphique

Une dominance partielle caractérise les caractères talles herbacées, nombre d'épis, longueur de la paille, longueur de la feuille étandard, longueur du col de l'épi, poids des grains de l'épi et indice de récolte (fig.5). Les graphes W_r/V_r (fig.5) des caractères poids de mille grains et nombre de grains de l'épi révèlent une superdominance.

La position du génotype Acalou sur la droite de régression W_r/V_r du caractère talles herbacées indique qu'il possède des gènes récessifs à action négative et défavorable à l'augmentation de ce caractère (fig.5). Le génotype Nefer et Guem Goum Erkhams regroupent presque tous les gènes dominants à action positive et favorable à l'accroissement de ce caractère (fig.6). Il n'y a pas de possibilité de transgression car la variété Guem Goum Erkhams est très proche de la parabole, cette dernière possède tous les gènes se trouvant chez les autres variétés.

Pour le nombre d'épis, les parents Excalibur, Ardente, Nefer et Hedba 3 possèdent plus de gènes dominants à action positive sur le caractère (fig.6). L'emplacement des différentes variétés éloigné de la parabole suggère la possibilité de transgressions dans les générations ultérieures.

Le génotype Nefer possède des gènes dominants à action négative sur l'expression de la longueur de la paille (fig.5 et fig.6). La variété Hedba 3 et Guem Goum Erkhams possèdent plus de gènes récessifs favorables à l'augmentation de la longueur de la paille.

Les variétés Excalibur et Nefer renferment des gènes dominants à action négative sur le caractère. Tandis que Guem Goum Erkhams et Ardente regroupent plus de gènes récessifs à action favorable pour le caractère longueur de la feuille étandard (fig.5 et fig.6).

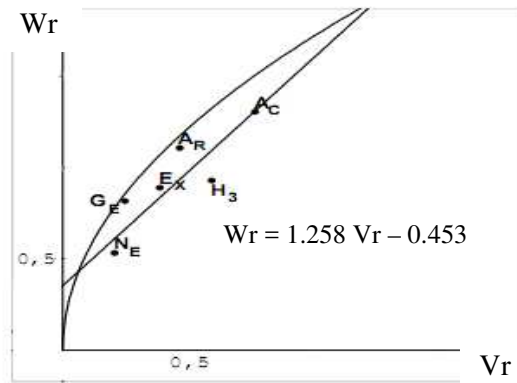
Chez le caractère longueur du col de l'épi, les parents Excalibur et Ardente regroupent tous les gènes dominants à action négative sur le caractère (fig.5 et fig.6). Les parents, Hedba 3 et Guem Goum Erkhams ont des allèles récessifs favorables à l'augmentation du caractère. La position de la variété Ardente presque sur la parabole indique qu'il n'y a pas de transgression possible avec les variétés mises en essai.

Le poids de mille grains et le nombre de grains par épi sont sous l'effet de la superdominance (Fig.5 et fig.6). Il pourrait y avoir des possibilités de transgressions dans les générations ultérieures pour le poids de mille grains. Tandis que pour le nombre de grains, il n'y a pas de possibilité de transgression car Hedba 3 se trouve sur la parabole et donc possède tous les gènes favorables se trouvant chez les autres parents. Pour le poids de mille grains, les variétés Hedba 3, Excalibur, Guem Goum Erkhams et Acalou possèdent autant de gènes dominants que de gènes récessifs. Les gènes récessifs ont une action favorable à l'augmentation du poids de mille grains. Tandis que la variété Ardente possède des gènes dominants à action négative. La pente de la droite de régression $(W_r+V_r)/t$ (fig.5) supérieure à zéro montre que les gènes dominants sont à action négative.

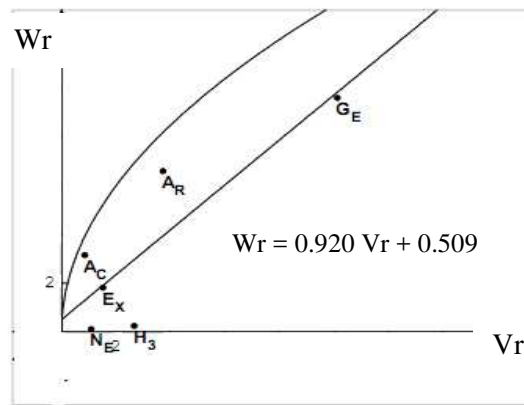
Le caractère nombre de grains par épi est régi par des gènes récessifs favorables à l'augmentation caractère. Les variétés Excalibur et Ardente possèdent des gènes récessifs favorables à l'augmentation du caractère (fig. 5 et fig.6). Les génotypes Hedba 3, Acalou, Nefer et Guem Goum Erkhams ont plus de gènes dominants à action négative sur le caractère.

Les génotypes Guem Goum Erkhams et Hedba3 possèdent des gènes dominants à action positive et favorable à l'augmentation du poids des grains de l'épi (fig.5 et fig.6). La pente b inférieure à zéro indique que les gènes dominants sont à action positive.

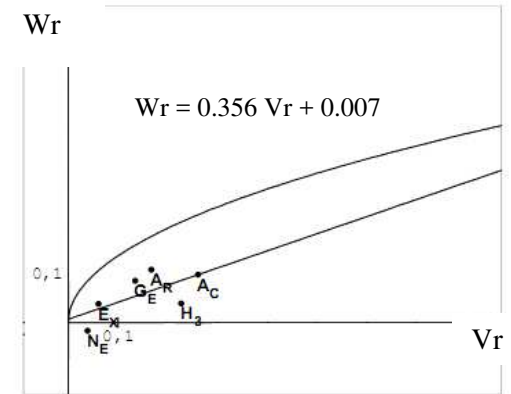
L'indice de récolte est sous l'effet d'une dominance partielle. Les génotypes Acalou, Guem Goum Erksam et Ardente ont autant de gènes récessifs que de gènes dominants, leur position permette d'espérer la possibilité de transgression dans les générations futures. Les gènes dominants ont un effet positif dans l'expression du caractère (fig. 5, 6).



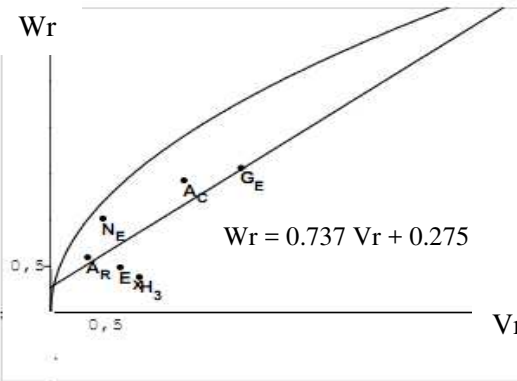
TH



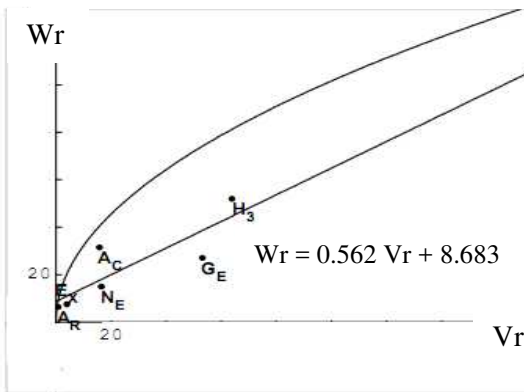
LFE



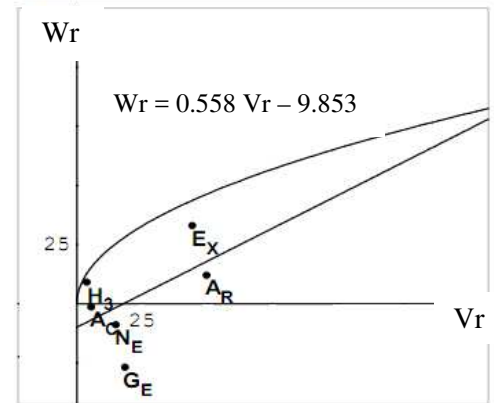
PGE



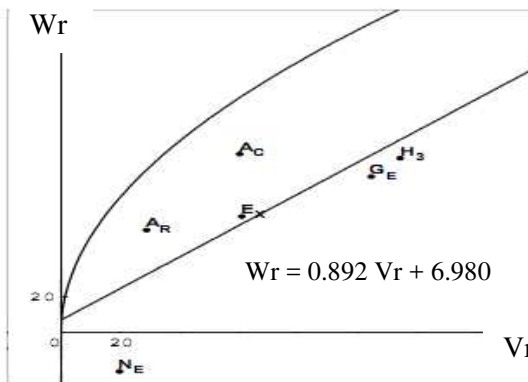
NE



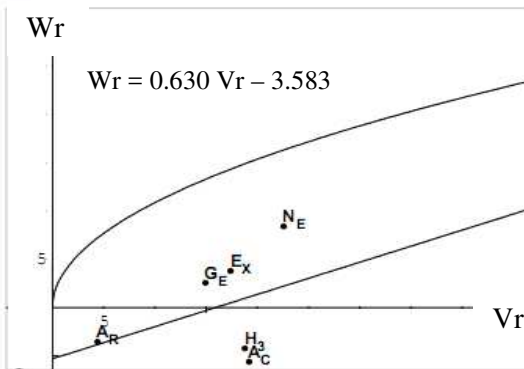
LCE



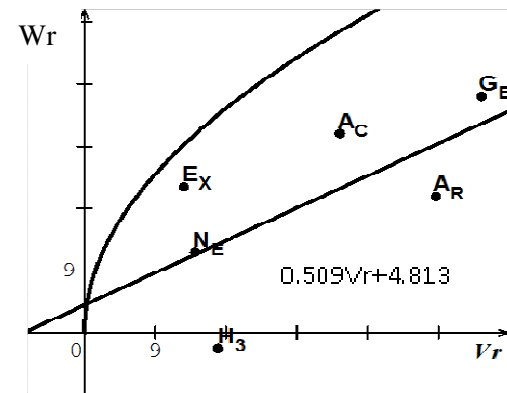
NGE



LP

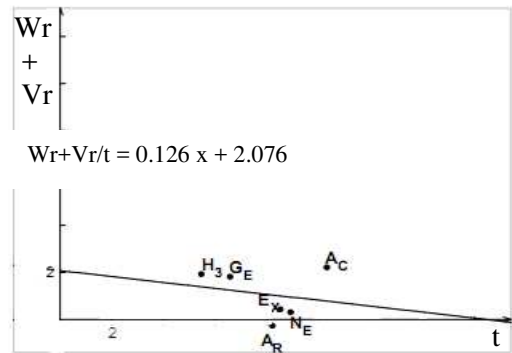


PMG

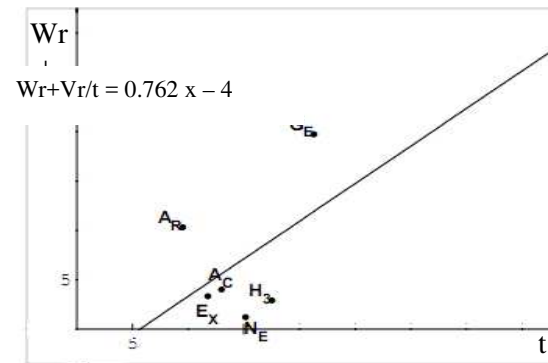


IR

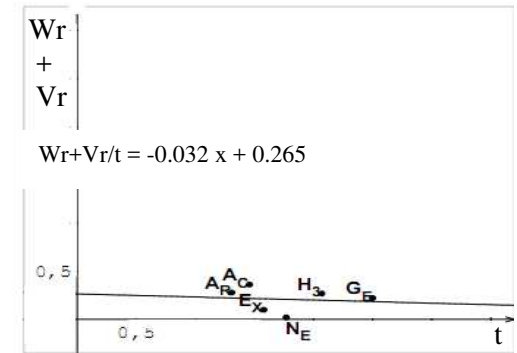
Figure 5 : Relation entre les valeurs Wr / Vr en F_2



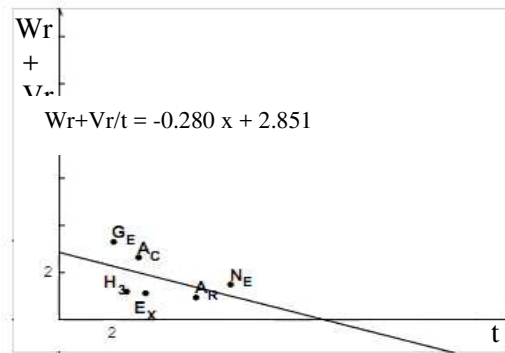
TH



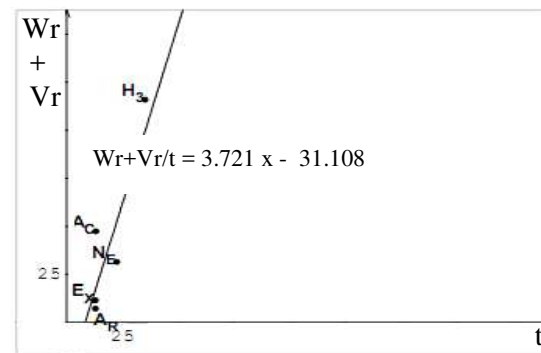
LFE



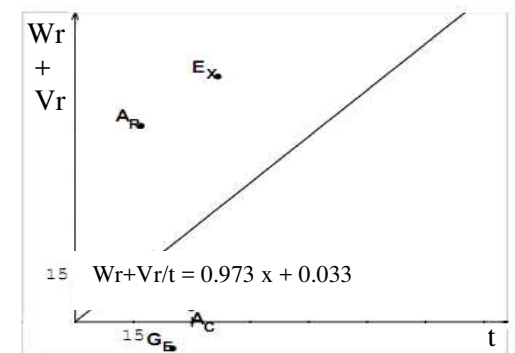
PGE



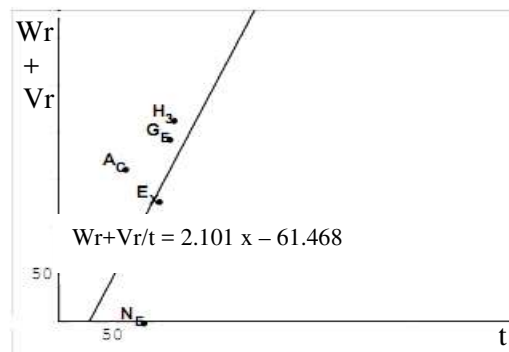
NE



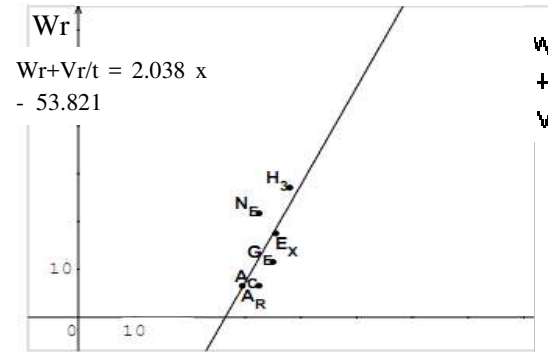
LCE



NGE



LP



PMG

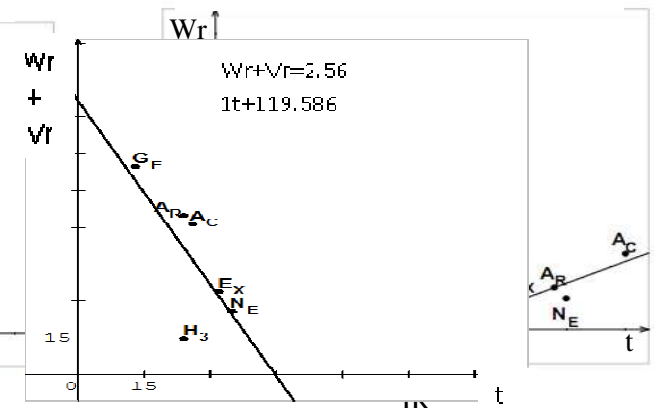


Figure 5 : Relation entre les valeurs $Wr + Vr$ et valeurs parentales en F_2

IV.1.2.3. Etude des F₁ et des F₂

L'étude des deux générations fait ressortir ce qui suit :

Les graphes formés par le parent moyen et la valeur hybride montrent une répartition équilibrée des croisements de part et d'autre des droites de régression de chaque caractère en F₁ et en F₂. Les forts coefficients de corrélation obtenus entre la F₁ et le parent moyen du poids des grains de l'épi et la longueur de la paille indiquent la possibilité d'existence des effets additifs pour ces caractères en F₁. Bhullar *et al.* (1977b) et Nabi *et al.*, (1998) rapportent que les gènes de rendement du blé dur ont des effets additifs.

*Le poids de mille grains se caractérise par une superdominance durant les deux générations et est sous l'effet de gènes récessifs à action favorable pour l'expression du caractère. Selon Berbigier (1964 et 1968), Wladyslaw (1988) et Narwal *et al.*, (1999), le caractère est sous l'effet de la superdominance. Pour Inamullah *et al.* (2006), le poids de mille grains et le rendement par plant sont gouvernés par des gènes dominants. Cependant, Riggs et Hayter (1973) ont trouvé des effets de dominance incomplète et une additivité très importante pour ce caractère. Le nombre de grains du maître-brin est sous l'effet de la superdominance Wladyslaw (1988). Le rendement par plant est sous l'action des gènes dominants Riggs et Hayter (1973 ; Subhani et Chowdhry, 2000), tandis que Verma *et al.*, 1984 ont montré que le rendement par plant est sous l'effet de gènes récessifs. La prépondérance des effets additifs a été trouvée chez le poids de mille grains par (Khan *et al.*, 2003).

Le nombre de grains par épi se caractérise par une superdominance en F₁ et en F₂ et il est sous l'effet de gènes récessifs à action favorable pour l'expression de ce caractère. Cress (1966) et Riggs et Hayter (1973) ont trouvé une dominance incomplète pour le nombre de grains par épi. De plus une additivité très importante a été signalée par Riggs et Hayter (1973) pour le nombre de grains par épi. Le nombre de grains du maître-brin chez le blé est contrôlé par l'action des gènes dominants (Wladyslaw, 1988). Riggs et Hayter (1973), Bouzerzour et Dekhili en 1995 et Bouzerzour *et al.* en 1997 ont montré que le nombre de grains par épi de l'orge est conditionné par des gènes récessifs du type additif.

*Dans nos essais, une dominance partielle caractérise le nombre d'épis, la longueur de la feuille étandard et la longueur du col de l'épi en F₁ et en F₂, les gènes récessifs montrent une action positive dans l'expression de ces caractères. Par contre pour Bouzerzour et Dekhili (1995) et Singh (1973), le nombre d'épis par plant chez l'orge est sous l'effet de gènes dominants à action positive.

*On constate que longueur de la paille et l'indice de récolte sont sous l'effet d'une superdominance en F₁, et d'une dominance partielle en F₂. Selon Khan *et al.*, (2003) et Pochaba et Wegrzny, (2001), il est possible de passer d'une situation de dominance à une situation de superdominance sous l'effet du milieu. El-Haddad en 1975 rapporte l'effet de gènes dominants sur la longueur de la paille du blé. En F₂, elle est devenue sous l'effet de gènes récessifs favorables pour l'expression de la longueur de la paille. Selon Hanifi-Mekliche *et al.* (2008), la longueur de la tige du blé est contrôlée par des gènes récessifs. Riggs et Hayter (1973) ont trouvé des effets de dominance incomplète et une additivité très importante pour la longueur de la paille.

Les variétés Nefer, Ardente et Hedba 3 peuvent donner des hybrides avec un nombre d'épis conséquent, ces variétés ont des gènes dominants à action positive pour ce caractère. La variété Nefer avec ses gènes dominants à action positive pour la baisse de la hauteur de la paille peut être intéressante dans l'obtention de génotypes à paille courte. Les variétés Ardente et Excalibur avec leurs gènes dominants défavorables pour l'expression de la longueur du col de l'épi peuvent participer à la

baisse de la hauteur de la paille. On note que le croisement EX/NE en F₁ et en F₂ a donné la plus faible longueur du col de l'épi avec respectivement 10,65 cm et 12 cm. Ce croisement a aussi donné la plus faible longueur de la paille en F₂ avec 66,50 cm. Des corrélations positives de 0,436* et 0,495* sont trouvées entre la longueur de la paille et la longueur du col de l'épi respectivement en F₁ et en F₂, nos résultats concordent avec ceux trouvés par (Belahcene *et al.* 2009).

L'indice de récolte du croisement EX/NE a été de 29,42 % et 61,15 % respectivement en F₁ et en F₂. Des liaisons positives ont été trouvées par Lang *et al.* (1989) entre l'indice de récolte et la taille des plants, tandis que Stadford (1986) a mis en évidence une relation entre le poids des grains de l'épi et la hauteur de la plante. Des corrélations très hautement significatives sont trouvées entre l'indice de récolte et le rendement en grain de 0,903** et 0,923** respectivement en première et en deuxième génération. Il y avait une corrélation très significative entre longueur de l'épi et le rendement en grains par plante au niveau phénotypique et positive et significative au niveau génotypique (Abdus et al, 2003).

Les génotypes Guem Goum Erksam, Excalibur, Hedba 3, Nefer et Acalou renferment plus de gènes récessifs à action favorable pour le poids de mille grains, ils peuvent donner des croisements favorables pour l'amélioration du caractère. Khan *et al.* (2003) ont trouvé des gènes récessifs à action positive pour le poids de mille grains. Les croisements GE/H3 et H3/NE forment le groupe « A » avec une valeur de 36,60 g en F₁ et de 37,85 g en F₂. La combinaison H3/NE est classée en « A » avec 37,60g en F₂ et en groupe « B » en F₁.

Les hybrides suivants AR/NE, NE/AR, GE/NE, AC/NE et AC/GE se trouvent en F₁ et en F₂ en tête du classement pour le nombre de grains par épi, l'un des parents de ces hybrides est la variété Nefer à l'exception de l'hybride AC/GE. Des recombinaisons entre les génotypes Nefer, Acalou et Guem Goum Erksam qui cumulent plus de gènes dominants à action négative pour le nombre de grains par épi peuvent donner des résultats intéressants, ceci peut être confirmé comme elle peut être infirmée durant des cycles de sélection de ces hybrides.

La situation des génotypes Guem Goum Erksam et Ardente, juste au point de croisement des axes W_r/V_r chez les caractères longueur de la feuille étendard et longueur du col de l'épi, peuvent imposer leur dominance à leur descendance. Les génotypes situés juste au croisement de W_r/V_r, sont susceptibles de transmettre automatiquement leurs caractères dominants (Hill *et al.* 2001).

Le rapprochement des parents sur la parabole des caractères talles herbacées, nombre d'épis, longueur du col de l'épi et nombre de grains par épi pour les F₁ et pour les F₂, est un signe indicateur de l'absence des formes transgressives dans les générations futures pour ces caractères. Le regroupement des gènes dominants à action positive pour le caractère nombre d'épis chez les génotypes Guem Goum Erksam, Excalibur, et Hedba 3 d'une part et des gènes récessifs favorables de Nefer et Acalou peuvent donner des formes transgressives.

Il est possible d'associer dans un seul génotype des gènes dominants favorables et des gènes récessifs favorables pour l'obtention d'hybrides intéressants (Berthelem *et al.*, 1974, Abdus et al, 2003). L'accumulation de gènes dominants avec une bonne complémentarité aboutit à une meilleure efficacité génétique (Gallais, 1967 ; Lefort, 1977).

IV.2. Analyse Griffing.

IV.2.1. Au niveau F₁

IV.2.1.1. Aptitudes à la combinaison

L'analyse de la variance d'aptitude générale à la combinaison (AGC) révèle des effets significatifs ($p < 0,05$) pour le nombre de talles herbacées, la longueur de la paille, la longueur de la feuille étendard, la longueur du col de l'épi, le poids de mille grains, le poids des grains de l'épi et l'indice de récolte et des effets hautement significatifs ($p < 0,01$) pour le nombre d'épis et le nombre de grains par épi (Annexe 8).

L'aptitude spécifique à la combinaison (ASC) montre des effets hautement significatifs ($p < 0,01$) pour la longueur de la paille, la longueur du col de l'épi, le poids de mille grains, le nombre de grains de l'épi et l'indice de récolte (Annexe 8). Une différence significative des effets d'ASC est trouvée pour les caractères longueur de la feuille étendard et poids des grains de l'épi. Aucune signification des effets d'ASC n'est observée pour les caractères talles herbacées, nombre d'épis et rendement en grain.

Pour les effets réciproques généraux et spécifiques, une différence hautement significative ($p < 0,01$) est obtenue pour les caractères longueur de la paille, longueur de la feuille étendard, longueur du col de l'épi, poids de mille grains, poids des grains de l'épi et indice de récolte et significative ($p < 0,05$) pour le nombre de grains par épi, mais aucune signification n'est observée pour les talles herbacées et le nombre d'épis (Annexe 8).

IV.2.1.1.1. Valeurs des AGC

Le classement des AGC (Tab.11) du caractère talles herbacées révèle que les variétés Acalou, Hedba3 et Nefer avec respectivement 0,54, 0,40 et 0,31 prennent la tête du classement selon le test de Newman et Keuls au seuil de 5%. La variété locale Guem Goum Erkham constitue le dernier groupe avec une valeur de -0,58. Les valeurs des AGC du caractère nombre d'épis forment trois groupes homogènes. La variété Excalibur forme le groupe « A » avec 0,60. Les autres variétés introduites constituent le groupe « B » et les variétés locales forment le groupe « C » avec des valeurs de -0,40 et -0,19 respectivement pour Hedba 3 et Guem Goum Erkham.

Le classement des variétés, selon leur variance d'AGC pour le caractère longueur de la paille, révèle la présence de quatre groupes. Les variétés locales forment le groupe « A » avec des valeurs 3,97 et 3,50 respectivement pour Hedba 3 et Guem Goum Erkham. Tandis qu'Acalou avec -3,63 forme le groupe « D ».

Le classement des AGC montre la présence de quatre groupes chez la longueur de la feuille étendard. Le groupe « A » est formé par Acalou avec 1,25, suivi par Hedba 3 avec une valeur de 0,86, qui constitue le groupe « B ». Le génotype Guem Goum Erkham avec -0,04 forme le groupe « C » et les variétés introduites forment le groupe « D ».

Le classement des AGC des parents pour le caractère longueur du col de l'épi montre des valeurs négatives pour Nefer, Ardente et Acalou avec respectivement de -2,31, -2,17 et -1,94, et forment le groupe « D ». Le génotype Hedba 3 avec une valeur de 4,39 constitue le groupe « A ». Le génotype Guem Goum Erkham montre une valeur de 1,85 lui permettant de former le groupe « B ».

Les génotypes Guem Goum Erkham et Nefer forment le groupe « A » pour le poids de mille grains avec respectivement 0,98 et 0,71. Les génotypes Ardente et Acalou avec -1,54 et -1,20 constituent le groupe « C ».

Avec une valeur de 1,89, la variété Hedba3 prend la tête du classement en formant le groupe « A » chez le poids des grains de l'épi. Le deuxième groupe est formé par le génotype Ardente et le dernier groupe est constitué par Excalibur avec -0,93.

Le classement des variétés pour le nombre de grains par épi fait ressortir quatre groupes. Le premier est formé par les génotypes Guem Goum Erkham, Acalou et Nefer respectivement avec 0,44, 0,30 et 0,28, tandis que Hedba 3 avec -0,89 forme le groupe « D »

Le classement des AGC de l'indice de récolte montre la présence de cinq groupes. La variété introduite Acalou prend la tête du classement avec une valeur d'AGC de 2,80. Le groupe « B » est formé par Nefer. Les variétés Excalibur et Ardente forment le groupe « C » tandis que Guem Goum Erkham et Hedba 3 forment respectivement les groupes « D » (-1.01) et « E » (-1.63).

Le classement des génotypes selon leur AGC révèle que Hedba 3 est classé dans le groupe « A » pour les caractères talles herbacées, longueur de la paille et poids des grains de l'épi.

Tableau 11. Valeurs des AGC et leur classement pour chaque caractère en première année

Caractères	EX	AR	AC	NE	GE	H3
Talles herbacées	0,01c	0,14b	0,54a	0,31a	(-) 0,58d	0,40a
Nombre d'épis	0,60a	0,16b	0,18b	0,24b	(-) 0,19c	(-) 0,40c
Longueur de la paille	(-) 2,00d	(-) 0,18b	(-) 3,63e	(-) 1,66c	3,50a	3,97a
Longueur de la feuille E.	(-) 0,33d	(-) 0,38d	1,25a	(-) 0,37d	(-) 0,04c	0,86b
Longueur du col de l'épi	0,18c	(-) 2,17d	(-) 1,94d	(-) 2,31d	1,85b	4,39a
Poids de mille grains	(-) 0,36b	(-) 1,54c	(-) 1,20c	0,71a	0,98a	0,43b
Poids des grains de l'épi	(-) 0,93e	(-) 0,94e	(-) 0,28d	0,05c	0,22b	1,89a
Nombre de grains par épi	(-) 0,28c	0,06b	0,30a	0,28a	0,44a	-0,89d
Indice de récolte	(-) 0,38c	(-) 0,35c	2,80a	0,99b	(-) 1,01d	-1,63e

IV.2.1.1.2. Valeurs des ASC

La longueur de la paille enregistre des ASC positives et élevées pour les hybrides GE/EX, H3/EX, NE/H3, AR/H3, AC/NE et NE/GE en F₁. La combinaison AC/GE a montré de fortes ASC chez la longueur de la feuille étandard, la longueur du col de l'épi, le nombre de grains par épi et l'indice de récolte. Les hybrides GE/EX, H3/EX et NE/H3 présentent des ASC positives pour tous les caractères excepté le nombre de grains par épi en première génération (tab.12).

Tableau 12. Valeurs des ASC des hybrides F₁ des caractères

Hybrides	TH	TE	LP	LFE	LCE	PMG	PGE	NGE	RGR	IR
EX/AR	0,07	-0,24	-3,58	-0,17	0,29	0,97	-1,05	-1,38	-0,01	0,15
EX/AC	-0,26	-0,18	-0,47	-0,74	-3,12	0,50	0,39	-0,58	0,02	-0,23
EX/NE	0,11	-0,02	-0,25	-0,12	-2,69	0,02	0,26	-1,23	-0,37	1,45
GE/EX	0,20	0,29	2,04	0,64	2,85	1,34	0,63	-0,03	0,31	2,55
H3/EX	0,51	0,21	2,79	1,29	3,15	2,74	1,96	4,22	0,10	2,21
AR/AC	0,12	0,10	-4,48	-0,77	0,09	0,48	-0,16	0,49	-0,23	-1,54
AR/NE	-0,08	0,02	-0,34	0,17	2,02	-1,22	-0,42	0,61	0,07	1,63
AR/GE	0,22	-0,05	-5,02	1,54	-0,66	0,03	-0,67	0,78	0,09	-0,13
AR/H3	-0,28	-0,36	3,38	-0,77	-2,18	-0,64	-1,04	-1,50	-0,38	-3,20
AC/NE	0,10	0,04	3,65	-0,62	1,13	-2,23	-0,84	0,24	0,07	-2,96
AC/GE	-0,31	0,02	1,68	0,79	3,22	-1,31	-0,73	2,08	-0,33	2,75
AC/H3	-0,37	0,02	-0,38	0,11	-1,32	-2,92	0,54	-2,60	0,01	-1,11
NE/GE	-0,25	0,12	4,75	-1,06	-3,09	-4,34	-0,81	0,03	-0,03	-1,63
NE/H3	0,20	0,22	1,68	0,76	2,62	3,13	1,43	-0,65	0,28	1,59
GE/H3	0,02	-0,15	-0,47	-1,01	-2,27	1,16	1,53	-0,48	-0,01	1,35

IV.2.1.1.3. Rapport AGC/ASC

Le rapport AGC/ASC montre la supériorité de la variance d'ASC de la majorité des caractères à l'exception des caractères poids des grains de l'épi et talles herbacées. La prédominance de la variance d'AGC par rapport à la variance d'ASC pour ces caractères indique qu'il est possible de réaliser une sélection sur la base des AGC parentales de ces deux caractères : poids des grains de l'épi et talles herbacées car l'AGC représente la part attribuée aux effets additifs (Annexe 10).

IV.2.1.1.2. Corrélations phénotypiques entre les caractères

La longueur du col de l'épi est corrélée positivement avec la longueur de la paille ($r = 0,436^*$) la longueur de la feuille étendard ($r = 0,375^*$), le poids des grains de l'épi ($r = 0,360$) et le poids de mille grains ($0,342^*$).

L'indice de récolte montre une corrélation très hautement significative avec le nombre d'épis ($r = 0,717^{**}$) et hautement significative avec les talles herbacées ($r = 0,545^{**}$). Une corrélation significative ($r = 0,308^*$) est notée entre l'indice de récolte et le nombre de grains par épi. La longueur du col de l'épi et la longueur de la paille enregistrent des corrélations négatives avec l'indice de récolte respectivement de ($r = -0,228$ et $r = -0,372^*$).

Le caractère talles herbacées présente une corrélation positive ($r = 0,369^*$) avec le nombre d'épis (Annexe 11).

IV.2.2. Au niveau F₂

IV.2.2.1. Aptitude à la combinaison

L'analyse de la variance des aptitudes générales à la combinaison (AGC) montre une différence très hautement significative ($p < 0,001$) pour les caractères talles herbacées, longueur de la paille, longueur du col de l'épi, poids de mille grains, nombre de grains par épi et indice de récolte.

Le poids des grains de l'épi montre une différence hautement significative ($p < 0,01$), tandis que le nombre d'épis et longueur de la feuille étandard présentent une différence significative ($p < 0,05$).

Les effets réciproques généraux sont hautement significatifs ($p < 0,01$) pour la longueur de la paille, le nombre de grains par épi et l'indice de récolte. Ces mêmes effets sont significatifs ($p < 0,05$) pour les talles herbacées, le nombre d'épis, la longueur de la feuille étandard, la longueur du col de l'épi, le poids de mille grains et le poids des grains de l'épi.

Les effets réciproques spécifiques sont hautement significatifs ($p < 0,01$) pour les caractères longueur de la paille, longueur de la feuille étandard, longueur du col de l'épi, poids de mille grains et poids des grains par épi, nombre de grains par épi et indice de récolte. Aucune signification de ces effets n'est observée pour les caractères talles herbacées et nombre d'épis (Annexe 9).

IV.2.2.1.1. Valeurs d'AGC

Le caractère talles herbacées révèle des valeurs d'AGC positives pour les variétés Guem Goum Erkhram et Hedba 3 respectivement avec 0,73 et 0,15 (tab. 13). La variété Guem Goum Erkhram forme le groupe « A » et Hedba3 le groupe « B ». Les génotypes Excalibur, Ardente, Nefer et Acalou avec des valeurs d'AGC négatives avec respectivement -0,12 ; -0,13, -0,27 et -0,30, constituent le groupe « C ».

Pour le nombre d'épis, les génotypes Ardente, Nefer et Guem Goum Erkhram ont des valeurs d'AGC positives avec des valeurs de 0,20 ; 0,18 et 0,17 respectivement (tab. 13) et forment le groupe « A ». La variété Excalibur avec une variance d'AGC de -0,02 constitue le groupe « B ». Les génotypes Acalou et Hedba 3 enregistrent des valeurs d'AGC négatives (-0,21 et -0,32 respectivement) et forment le groupe « C ».

Pour la longueur de la paille la valeur d'AGC positive obtenue par Excalibur (2,45) lui permet d'être en tête du classement (tab. 13). Le groupe « B » est constitué par Hedba 3 et Acalou avec des valeurs d'AGC de 0,88 et 0,76 respectivement. Tandis que les variétés Ardente, Nefer et Guem Goum Erkhram présentent des valeurs d'AGC négatives avec -0,18 ; -1,41 et -2,55 respectivement.

Les valeurs d'AGC de Hedba3 et Acalou sont positives avec des valeurs de 0,33 et 0,30 respectivement (tab.13), ces variétés sont classées dans le groupe « A » pour la longueur de la feuille étandard. Le groupe « B » est constitué de la variété Excalibur, tandis que Nefer avec une valeur d'AGC de -0,52 forme le « D ».

Les variétés Acalou, Guem Goum Erkhram forment le groupe « A » pour la longueur du col de l'épi avec des valeurs d'AGC de 1,40 et 1,19 respectivement (tab.13). Le groupe « B » est constitué de Hedba 3 avec 0,90. Les variétés Nefer et Ardente forment le groupe « D ».

La valeur d'AGC de la variété Nefer est de 2,57 (tab.13), elle est classée dans le groupe « A » pour le nombre de grains par épi. Acalou et Ardente avec des valeurs de 1,68 et 1,40 respectivement constituent le groupe « B ». Les variétés Hedba 3 et Guem Goum Erkhram se trouvent dans le groupe « D » avec des valeurs négatives de -2,07 et -2,14 respectivement.

Pour le poids de mille grains, la variété Guem Goum Erkhram, Hedba 3 et Acalou avec des valeurs d'AGC de 1,86 (groupe « A ») ; 0,74 et 0,62 (groupe « B ») (tab. 13). Tandis que les variétés Excalibur et Ardente ont réalisé des valeurs d'AGC négatives avec -1,37 et -1,84 respectivement et forment le groupe « D ».

Concernant le caractère poids des grains de l'épi, les variétés Hedba 3 et Guem Goum Erkhama avec respectivement des valeurs de 0,93 et 0,82 (tab.13) occupent le groupe « A ». Les variétés introduites constituent le groupe « B ».

Le caractère indice de récolte révèle des valeurs d'AGC positives chez les variétés Nefer, Ardente et Excalibur (8,42 « A » ; 2,04 « B » et 1,21 « C » respectivement). Tandis que les valeurs d'AGC négatives sont enregistrées par Acalou, Hedba 3 et Guem Goum Erkhama (-2,07 ; -3,94 et -5,66 respectivement) avec ces résultats elles forment les groupes « D », « E » et « F » respectivement.

Tableau 13. Valeurs des AGC et leur classement pour chaque caractère en deuxième année

Caractères	EX	AR	AC	NE	GE	H3
Talles herbacées	(-) 0,12d	(-) 0,13d	(-) 0,30b	(-) 0,27e	0,73a	0,15c
Nombre d'épis	(-) 0,02b	0,20a	(-) 0,32c	0,18a	0,17a	(-) 0,21c
Longueur de la paille	2,45a	(-) 0,18c	0,76b	(-) 1,41d	(-) 2,55e	0,88b
Longueur de la feuille E.	0,18b	(-) 0,12c	0,30a	(-) 0,52d	(-) 0,19c	0,33a
Longueur du col de l'épi	(-) 0,80c	(-) 1,38d	1,40a	(-) 1,30d	1,19a	0,90b
Poids de mille grains	(-) 1,37d	(-) 1,84d	0,62b	0,03c	1,86a	0,74b
Poids des grains de l'épi	(-) 0,45b	(-) 0,42b	(-) 0,39b	(-) 0,49b	0,82a	0,93a
Nombre de grains par épi	(-) 1,44c	1,40b	1,68b	2,57a	(-) 2,14d	(-) 2,07d
Indice de récolte	1,21c	2,04b	(-) 2,07d	8,42a	(-) 5,66f	(-) 3,94e

IV.2.2.1.2. Aptitude spécifique à la combinaison

Les croisements GE/EX, H3/EX et NE/H3 ont montré des valeurs d'ASC positives et élevées pour tous les caractères. Le croisement AC/NE a enregistré des ASC négatives et faibles au niveau des caractères poids de mille grains, poids des grains de l'épi, nombre de grains par épi et indice de récolte. Le croisement EX/AC présente des ASC positives et élevées pour le nombre d'épis, le poids des grains par épi, le nombre de grains par épi et l'indice de récolte. L'hybride AR/GE a obtenu des ASC élevées pour les caractères longueur de la paille, nombre de grains par épi et indice de récolte. Le croisement AR/NE a enregistré des ASC importantes chez la longueur du col de l'épi, le nombre de grains épi et l'indice de récolte (tab.14).

Tableau 14. Valeurs des ASC des hybrides F₂ des caractères

Hybrides	TH	TE	LP	LFE	LCE	PMG	PGE	NGE	RGR	IR
EX/AR	-0,19	0,06	-2,65	-0,57	-0,91	0,09	0,46	-2,44	-0,08	-6,80
EX/AC	-0,16	0,52	-1,26	-0,61	-0,28	0,47	0,48	1,12	0,37	8,14
EX/NE	0,42	-0,16	-3,69	1,37	-0,61	1,35	0,67	0,89	-0,77	-2,02
EX/GE	0,93	0,32	4,33	0,81	0,84	-0,27	0,54	0,10	0,14	3,05
EX/H3	0,47	0,30	2,94	0,53	0,79	1,22	0,58	3,16	0,11	1,84
AR/AC	-0,04	-0,15	-3,09	-0,36	-1,66	-1,53	0,44	-1,40	0,46	-2,25
AR/NE	-0,80	-0,48	-1,59	-0,50	0,98	-1,58	-0,74	1,88	0,38	4,56
AR/GE	-0,19	-0,19	3,55	-0,32	0,05	0,37	-0,74	3,51	-0,52	5,51
AR/H3	-0,25	-0,49	3,49	0,33	-0,22	-0,16	-0,69	2,56	-0,25	-5,52
AC/NE	-0,20	0,41	2,88	0,26	-0,81	-0,77	-0,84	-1,61	-0,14	-3,70
AC/GE	-0,07	-0,66	1,97	0,72	2,95	0,73	-0,78	-0,52	-0,49	-4,43
AC/H3	-0,16	-0,56	-0,50	-0,01	-0,26	-1,71	-0,72	1,41	-0,10	-2,26
NE/GE	-0,32	-0,32	-0,78	-0,80	-0,68	-1,55	-0,87	0,29	0,41	-2,34
NE/H3	0,93	0,12	3,18	-0,87	1,11	2,60	-0,92	-1,46	0,22	-1,57
GE/H3	-0,37	1,44	-9,41	0,02	-1,41	0,84	3,16	-0,55	0,12	7,50

IV.2.2.1.3. Rapport AGC/ASC

On note la supériorité des variances d'ASC par rapport aux variances d'AGC de tous les caractères excepté le caractère talles herbacées. La valeur du rapport AGC/ASC du caractère talles herbacées est de 8,07. Tous les autres caractères ont des valeurs situées entre 0,630 et 0,060 (Annexe 10).

IV.2.2.2. Corrélations phénotypiques entre les caractères en F₂

La longueur du col de l'épi enregistre des corrélations positives et significatives de (0,511* et 0,495*) respectivement avec le poids de 1000 grains et la longueur de la paille et négative avec le nombre d'épis ($r = -0.466^*$). L'indice de récolte a enregistré des corrélations positives et hautement significatives de (0,845** et 0,740**) avec le nombre d'épis et le nombre de grains par épi. La longueur du col de l'épi a enregistré une corrélation négative et significative avec la longueur de la paille ($-0,362^*$) (Annexe.12).

Une corrélation positive et significative est enregistrée entre le nombre de grains par épi et le nombre d'épis ($r = 0,449^*$). Par contre avec la longueur de la paille, la corrélation est négative ($r = -0,487^*$).

IV.2.2.3. Corrélations entre les AGC et les valeurs F₁

Tous les caractères ne présentent aucune corrélation entre la valeur des AGC excepté le poids des grains de l'épi avec une corrélation de 0,556* (Tab. 15).

IV.2.2.4. Corrélations entre les AGC et les valeurs propres (li)

Les corrélations hautement significatives entre la valeur propre et les AGC sont trouvées pour les caractères longueur de la paille, longueur du col de l'épi, poids d mille grains et poids des grains de l'épi respectivement avec $r = 0,885^{**}$; $r = 0,806^{**}$; $r = 0,769^{**}$ et $r = 0,735^{**}$. Le nombre d'épis, l'indice de récolte et les talles herbacées montrent des corrélations significatives entre la valeur propre et les AGC avec respectivement $r = 0,581^*$; $r = 0,570^*$ et $r = 0,411^*$. Ces résultats montrent l'existence d'une liaison entre la valeur propre de ces caractères et leur AGC (Tab. 16).

Tableau 15. Calcul des corrélations AGC - valeur propre (li) (première année)

Variétés	TH		TE		LP		LFE		LCE		PMG		PGE		NGE		IR	
	li	AGC	li	AGC	li	AGC	li	AGC	li	AGC	li	AGC	li	AGC	li	AGC	li	AGC
AC	2,55	0,54	-0,12	0,18	-26,11	-3,63	-1,28	1,25	-8,39	-1,94	-3,86	-1,2	-0,57	-0,28	0,09	0,3	1,87	-0
EX	0,80	0,01	0,01	0,6	5,68	-2,00	-3,39	-0,33	-8,67	0,18	3,69	0,36	-0,26	-0,93	6,61	-0,28	-0,25	0,13
NE	0,75	0,31	1,38	0,24	-11,12	-1,66	0,22	-0,37	0,91	-2,31	1,69	0,71	-0,12	0,05	-4,52	0,28	0,18	-0,1
AR	0,30	0,14	0,54	0,16	-5,32	-0,18	-5,76	-0,38	-7,34	-2,17	-3,96	-1,54	-0,41	-0,94	4,54	0,06	0,56	-0,3
GE	-1,69	-0,58	-1,07	-0,19	16,68	3,5	6,88	-0,04	9,59	1,85	-0,81	0,98	0,74	0,22	-4,98	0,44	-1,10	0,15
H3	-2,72	0,4	-0,74	-0,4	20,18	3,97	3,33	0,86	13,91	4,39	3,24	0,43	0,61	1,89	-1,74	-0,89	-1,26	0,2
r =	0,411	ns	0,581	ns	0,885	ns	0,259	ns	0,806	ns	0,769	ns	0,735	ns	-0,293	ns	0,87	ns

Tableau 16. Moyennes AGC (moyennes F1 et réciproques) et valeur des ASC des caractères

Hybrides	TH		TE		LP		LFE		LCE		PMG		PGE		NGE		IR	
	M. AGC	ASC	M. AGC	ASC	M. AGC	ASC	M. AGC	ASC	M. AGC	ASC	M. AGC	ASC	M. AGC	ASC	M. AGC	ASC	M. AGC	ASC
EX/AR	0,08	0,07	0,38	-0,24	-1,1	-3,58	-0,355	-0,17	-0,995	0,08	-0,59	0,97	-0,935	-1,05	-0,11	-1,38	-0,105	-0,01
EX/AC	0,28	-0,26	0,39	-0,18	-2,8	-0,47	0,46	-0,74	-0,88	0,28	-0,42	0,5	-0,605	0,39	0,01	-0,58	0,06	0,02
EX/NE	0,16	0,11	0,42	-0,02	-1,8	-0,25	-0,35	-0,12	-1,065	0,16	0,535	0,02	-0,44	0,26	0	-1,23	0	-0,37
GE/EX	-0,3	0,2	0,21	0,29	0,75	2,04	-0,185	0,64	1,015	-0,3	0,67	1,34	-0,355	0,63	0,08	-0,03	0,14	0,31
H3/EX	0,21	0,51	0,1	0,21	0,99	2,79	0,265	1,29	2,285	0,21	0,395	2,74	0,48	1,96	-0,585	4,22	0,165	0,1
AR/AC	0,34	0,12	0,17	0,1	-1,9	-4,48	0,435	-0,77	-2,055	0,34	-1,37	0,48	-0,61	-0,16	0,18	0,49	-0,175	-0,23
AR/NE	0,23	-0,08	0,2	0,02	-0,9	-0,34	-0,375	0,17	-2,24	0,23	-0,415	-1,22	-0,445	-0,42	0,17	0,61	-0,235	0,07
AR/GE	-0,2	0,22	-0	-0,05	1,66	-5,02	-0,21	1,54	-0,16	-0,2	-0,28	0,03	-0,36	-0,67	0,25	0,78	-0,095	0,09
AR/H3	0,27	-0,28	-0,1	-0,36	1,9	3,38	0,24	-0,77	1,11	0,27	-0,555	-0,64	0,475	-1,04	-0,415	-1,5	-0,07	-0,38
AC/NE	0,43	0,1	0,21	0,04	-2,6	3,65	0,44	-0,62	-2,125	0,43	-0,245	-2,23	-0,115	-0,84	0,29	0,24	-0,07	0,07
AC/GE	-0	-0,31	-0	0,02	-0,1	1,68	0,605	0,79	-0,045	-0	-0,11	-1,31	-0,03	-0,73	0,37	2,08	0,07	-0,33
AC/H3	0,47	-0,37	-0,1	0,02	0,17	-0,38	1,055	0,11	1,225	0,47	-0,385	-2,92	0,805	0,54	-0,295	-2,6	0,095	0,01
NE/GE	-0,1	-0,25	0,03	0,12	0,92	4,75	-0,205	-1,06	-0,23	-0,1	0,845	-4,34	0,135	-0,81	0,36	0,03	0,01	-0,03
NE/H3	0,36	0,2	-0,1	0,22	1,16	1,68	0,245	0,76	1,04	0,36	0,57	3,13	0,97	1,43	-0,305	-0,65	0,035	0,28
GE/H3	-0,1	0,02	-0,3	-0,15	3,74	-0,47	0,41	-1,01	3,12	-0,1	0,705	1,16	1,055	1,53	-0,225	-0,48	0,175	-0,01
r =	-0,149		0,014		0,152		-0,123		0,011	-0,149	0,115		0,556		0,090		0,231	

IV.2.2.5. Corrélations entre AGCF₂ et AGCF₁

Une corrélation très hautement significative est enregistrée entre les AGCF₂ et AGCF₁ pour la longueur du col de l'épi $r = 0,945^{***}$.

Les caractères poids de mille grains, poids des grains de l'épi, indice de récolte et nombre de grains par épi montrent des liaisons hautement significatives entre les AGCF₂ et les AGCF₁ respectivement avec ($r = 0,782$; $r = 0,782^{**}$; $r = 0,762^{**}$ et $0,753^{**}$).

Des corrélations significatives entre les AGCF₂ et les AGCF₁ sont enregistrées pour la longueur de la paille, la longueur de feuille étandard et nombre d'épis ($r = 0,539^*$; $r = 0,486^*$ et $r = 0,340^*$). Aucune signification n'est enregistrée chez le nombre de talles herbacées (fig.7).

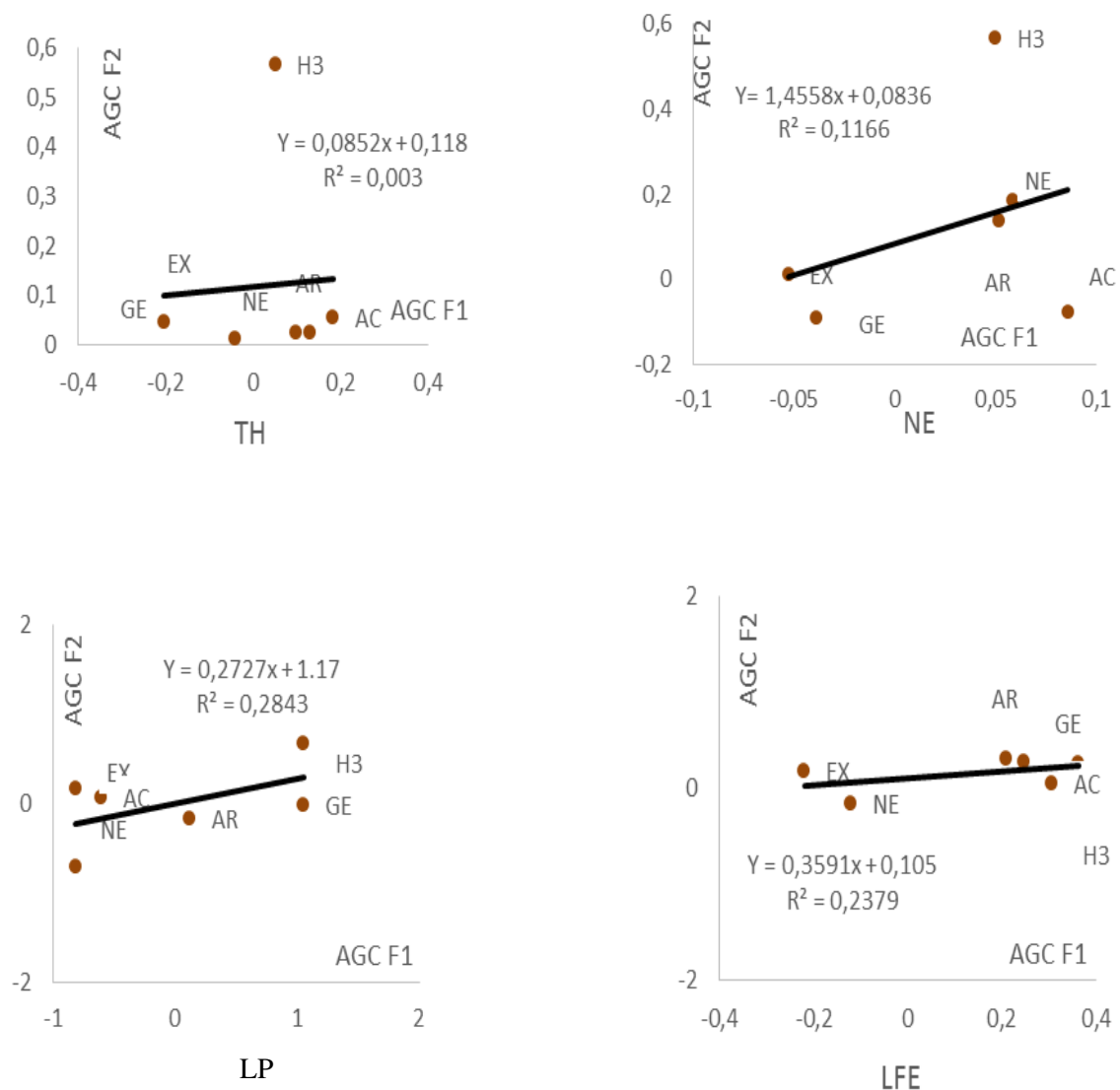


Figure 7 : Corrélations entre les valeurs AGCF₂ et AGCF₁

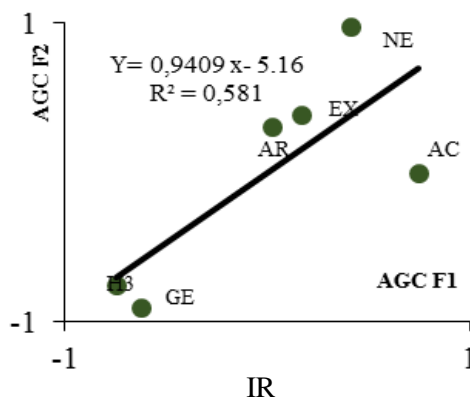
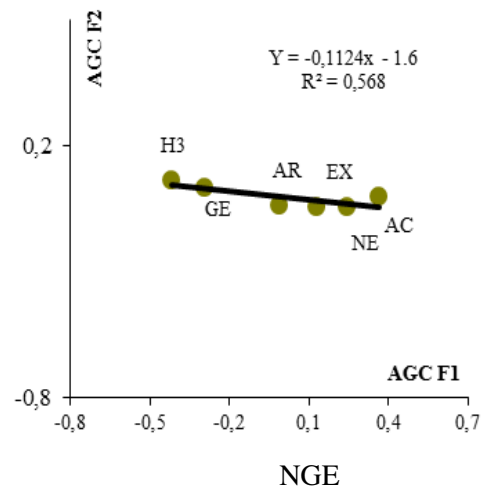
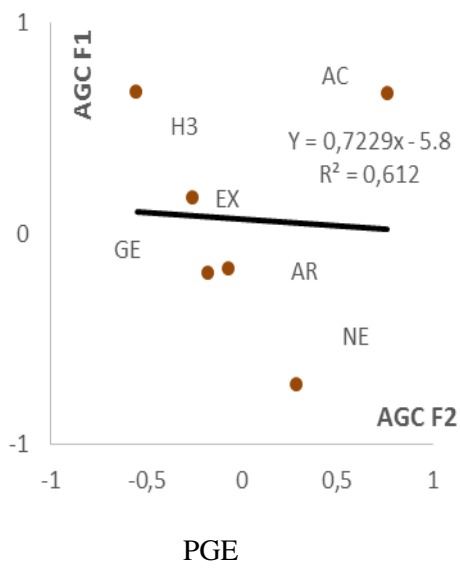
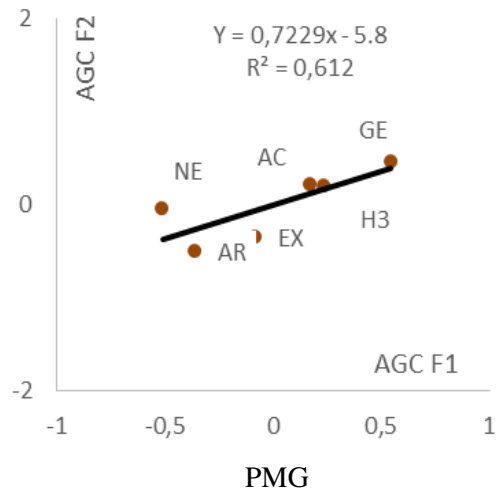
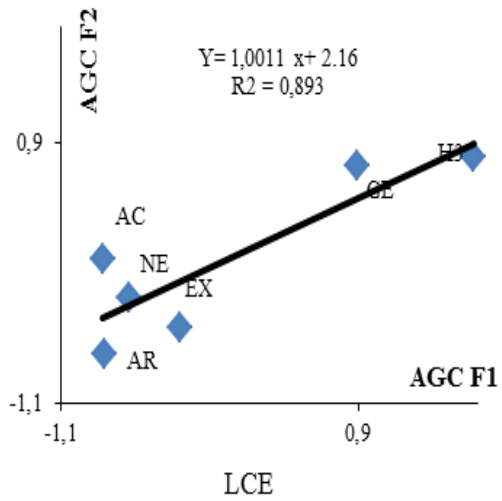


Figure 7 : Corrélation entre les valeurs AGC F₂ et AGC F₁

IV.3. Discussion

L'analyse des hybrides montre une différence significative en F_1 et en F_2 pour la majorité des caractères à l'exception du nombre d'épis et de la longueur de la paille en F_1 et du poids des grains de l'épi en F_2 . Cockerham (1961) a noté des effets génotypes significatifs entre les parents et les hybrides F_1 du blé. Pour Choo et Reinbergs (1988), aucune différence significative n'a été trouvée entre les parents et leurs hybrides. La superdominance est trouvée durant les deux générations chez le poids de mille grains et le nombre de grains par épi.

Wagoire en 1999 a montré des effets additifs et de dominance avec des gènes dominants à action positive au niveau de la F_1 et de la F_2 pour le rendement en grain du blé. Des effets d'additivité ont été trouvés chez les hybrides F_1 et F_2 chez les caractères longueur de la paille et longueur du col de l'épi suite à la comparaison entre le parent moyen et les hybrides. Les gènes dominants à action positive pour le nombre d'épis que renferment les génotypes Nefer, Ardente et Hedba 3 peuvent être sélectionnés pour l'amélioration du tallage épi.

Une dominance partielle est notée chez les caractères talles herbacées, nombre d'épis, longueur du col de l'épi. Une corrélation significative est trouvée entre la moyenne de parents et celle des hybrides chez le col de l'épi (Bhullar et al, 1988). Nos résultats sont en accord avec ceux d'Inamullah *et al.* (2006) pour ces deux caractères. Les croisements F_1 AR/NE et AC/NE se placent dans le groupe « A », ce qui montre que les caractéristiques nombre d'épis appartenant à Nefer et Ardente peuvent apparaître en F_2 . La variété Nefer regroupe les gènes dominants à action négative sur la hauteur de la paille peut être choisie dans un programme de sélection pour réduire la hauteur de la paille. Ce programme peut faire introduire les génotypes Ardente et Excalibur qui possèdent des gènes dominants défavorables pour la longueur du col de l'épi. La relation positive entre le col de l'épi et de la hauteur de la paille confirme que la baisse de la hauteur de la paille est concomitante avec celle du col de l'épi. La corrélation positive de 0,436* trouvée entre la longueur du col de l'épi et la longueur de la paille confirme cette concomitance.

Le génotype Hedba 3 forme le groupe « A » chez les caractères talles herbacées, longueur de la paille, longueur du col de l'épi et poids des grains de l'épi avec des AGC élevées durant les deux générations. La valeur de l'AGC de Guem Goum Erkham lui a permis de constituer le groupe « A » chez le poids de mille grains durant les deux générations. Bien que très différentes entre les cultivars les effets d'AGC sont spécifiques pour chaque cultivar (Van Ginkel et Scharen, 1988).

Que ce soit en F_1 ou en F_2 (tab. 11 et 13) les variétés Nefer et Ardente pour le nombre d'épis, Hedba 3 pour la longueur de la paille, Hedba 3 et Acalou pour la longueur de la feuille étendard, Hedba 3 et Guem Goum Erkham pour la longueur du col, Guem Goum Erkham et Hedba 3 pour le poids de mille grains et le poids des grains de l'épi, Acalou et Nefer pour le nombre de grains par épi, Hedba 3 et Nefer pour l'indice de récolte transmettent leurs valeurs élevées à leur descendance car leur AGC est élevée.

Tandis que Hedba 3 pour le nombre de d'épis, Nefer et Ardente pour la longueur de la paille, la longueur de la feuille étendard et la longueur du col de l'épi, Ardente pour le poids mille grains, Ardente, Excalibur et Acalou pour le poids des grains de l'épi, Hedba 3 et Excalibur pour le nombre de grains par épi et Hedba 3 et Guem Goum Erkham pour l'indice de récolte transmettent leurs faibles valeurs à leur descendance. L'additivité est très héritable, elle constitue la valeur générale d'un gène ou de son aptitude à transmettre ses caractères à sa descendance (Falconer, 1972, Ahmed et al, 2003).

La majorité des caractères présentent des effets d'ASC significatifs en F_1 et en F_2 à l'exception des talles herbacées et du nombre d'épis tandis que pour la longueur de la feuille étandard, l'effet d'ASC est significatif uniquement en F_1 . Housmand et Vanda (2008) ont montré que l'analyse des variances d'AGC et d'ASC est significative pour tous les caractères examinés chez le blé dur, par contre, Maloo (1987) a trouvé des effets positifs et hautement significatifs pour les effets d'AGC du rendement du blé. Perkins et Jinks en 1968 ont montré que différents types d'environnements peuvent induire différents types de variances génétiques pour un génotype.

Les variances ASC sont supérieures aux variances AGC pour tous les caractères en F_1 excepté le nombre de talles herbacées, nombre de talles et poids des grains de l'épi. En F_2 , tous les caractères étudiés présentent des variances d'ASC supérieures aux variances d'AGC à l'exception du caractère nombre de talles herbacées qui est caractérisé par la prédominance des effets de dominance et d'épistasie. La faiblesse des variances d'ASC est interprétée comme une prédominance des effets d'épistasie (Lerner, 1958). Lind 2000, a trouvé des AGC supérieures par rapport aux ASC chez la résistance à la pseudocercospora du blé.

Tandis que le nombre d'épis et le poids des grains par épi en F_1 se caractérisent par la prédominance des effets additifs. Il y a donc une stabilité pour l'action des gènes. Selon Devienne (1998), la stabilité et la permanence de l'effet additif au cours des générations lui confère une plus grande importance en sélection. Des études menées respectivement par Ranvir *et al.* (1982) et Topal *et al.* (2004) ont montrées des variances d'ASC supérieures aux variances d'AGC pour le nombre de grains par épi du blé.

Maloo et Mehrotra (1984), ont montré que la variance d'AGC est supérieure à celle de la variance d'ASC entre deux dates de semis du blé, ce qui révèle la prépondérance des effets additifs pour le contrôle du caractère. Les corrélations entre hautement significatives et significatives sont trouvées ($r = 0,885^{**}$; $r = 0,806^{**}$; $r = 0,769^{**}$; $r = 0,735^{**}$; $r = 0,581^*$ et $r = 0,570^*$) en F_1 entre les valeurs propres (li) des parents et les AGC des caractères longueur de la paille, longueur du col de l'épi, poids de mille grains, poids des grains de l'épi, nombre de d'épis et indice de récolte, indiquent que dans ce cas les parents ne peuvent pas être choisis sur leur valeur propre qui reflète une bonne balance interne (Demarly, 1977). David *et al.*, en 1999 n'ont trouvé aucune corrélation significative entre les parents et leurs AGC. Ces résultats montrent l'importance de la dominance et de l'épistasie dans le fonctionnement génétique de ces caractères. Une corrélation conséquente a été trouvée entre l'AGC parentale et l'ASC pour le rendement en grain du blé par Abdus *et al.*, (2003).

Un programme de sélection comprenant les hybrides GE/EX, H3/EX, NE/H3, AR/H3, AC/NE et NE/GE qui ont montré de fortes ASC peut aboutir à de bons résultats concernant les caractères longueur de la paille, longueur du col de l'épi, nombre de grains par épi et indice de récolte. Une forte variance d'ASC oriente la sélection vers les croisements (Demarly, 1977).

L'héritabilité au sens large trouvée au niveau des parents pour la majorité des caractères est très élevée (allant de 0,803 à 0,995) signifiant ainsi l'effet de l'ensemble des actions des gènes (additivité, dominance et épistasie) dans l'expression des caractères de l'étude. Une héritabilité au sens large moyenne 0,36 est trouvée pour le rendement du blé par Blonco *et al.* (1996). Khan *et al.* (2003) ont trouvé des héritabilités de 0,77 ; 0,75 et 0,68 respectivement pour le poids de mille grains, hauteur de la paille et nombre de grains par épi. Bouzerzour en (1991) a trouvé une héritabilité au sens large de 0,91 pour le nombre de grains par épi et 0,75 pour le poids de mille grains de l'orge. L'héritabilité en conditions humides et de température en plein champ varie de 0,62 à 0,68 pour le blé (David *et al.* 1999). L'héritabilité prend des valeurs différentes d'un endroit à un autre (Barnard *et al.*, 2002).

IV.4. Etude de l'hétérosis

IV.4.1. Au niveau F₁

IV.4.1.1. Biomasse totale, rendement en grain et en paille

Tableau 17. Hétérosis des différents caractères par rapport au parent moyen en F₁ et F₂

Caractères	Année 1			Année 2		
	Moyenne F ₁	Moyenne parentale	Hétérosis moyen (%)	Moyenne F ₂	Moyenne parentale	Hétérosis moyen (%)
Rendement en paille	751,70	963,79	-22,00	888,56	961,01	-7,54
Rendement en Grain	212,16	275,05	-22,86	391,19	306,53	+27,61
Biomasse Totale	979,12	1239,24	-21,00	1280,26	1267,58	+1,00
Indice de Récolte	21,73	22,19	-2,00	30,55	24,18	+26,34
Talles herbacées	6,67	7,00	- 4,71	7,95	6,35	+25,12
Nombre d'épis	3,42	3,23	+2,40	4,96	3,49	+12,06
Longueur de la paille	87,92	90,82	-3,20	82,37	83,60	-1,47
Longueur de la feuille E.	15,17	15,52	-2,25	13,77	17,42	-20,95
Longueur du col de l'épi	19,35	22,09	-12,40	14,94	21,83	-31,56
Poids de mille grains	28,15	31,39	-10,30	29,58	32,81	-9,84
Nombre de grains par épi	1,92	1,71	+12,28	2,32	1,67	+39,92
Poids des grains de l'épi	26,00	29,59	-12,13	26,74	26,81	-0,20

Les moyennes des hybrides F₁ sont inférieures à celles des parents pour le rendement en paille, le rendement en grain et la biomasse totale. Les résultats montrent des hétérosis moyens négatifs avec des valeurs de -22; -22,86 et -21 respectivement pour le rendement en paille, le rendement en grain et la biomasse totale (Tab.17). Un hétérosis positif de 15 %, et un autre négatif de -59,10 sont trouvés chez la biomasse aérienne par Hanifi-Mekliche *et al.* (2008), ces mêmes auteurs ont trouvé un hétérosis moyen positif de 15,7 % pour la biomasse aérienne. Un hétérosis positif pour le rendement en grain d'une valeur de 27,71% est trouvé par (Hanifi- Mekliche *et al.* 2008). Certains hybrides manifestent leur vigueur hybride par un développement végétatif accru, leur tallage est plus fort et la taille des feuilles et des tiges plus grande (Auriau et al, 1975 ; Lefort et al 1985).

IV.4.1.2. Indice de récolte

L'indice de récolte des hybrides F₁ montre un hétérosis négatif par rapport à la moyenne parentale de -2 %. Les croisements AR/EX, AC/EX, NE/EX, NE/AC, GE/EX, GE/NE, H3/EX, H3/AR, EX/AR, EX/AC, EX/GE, EX/H3, AR/NE, AR/GE, AR/H3, AC/NE et NE/H3 ont enregistré un hétérosis négatif situé entre -2 et -40 % par rapport au parent moyen. Un hétérosis positif est trouvé chez les hybrides F₁ issus de 6 cultivars de blé par Larik (1995). Un hétérosis positif est noté chez les hybrides GE/AR, GE/AC, AC/AR, NE/AR, H3/NE, H3/GE, AR/AC, AC/GE, AC/H3 et NE/GE situé entre 3 et 57 %. Parmi ces croisements, neuf ont obtenu un hétérosis positif situé entre 4 et 30 % par rapport au parent le plus performant AC/AR, H3/GE, AR/AC, AC/NE, AC/H3, AC/GE, NE/GE, NE/AR et GE/AC (Tab.18).

Un hétérosis de 17 % pour l'indice de récolte est trouvé chez le blé par Stoddart en 2003. Hanifi-Mekliche *et al.* (2008) ont trouvé un hétérosis positif de 19,35 % pour l'indice de récolte chez

le blé dur. Un hétérosis est trouvé entre le rendement et l'indice de récolte sans donner de chiffres (Maria, 1984).

IV.4.1.3. Talles herbacées

Un hétérosis moyen négatif de -4,71 %, est trouvé chez les talles herbacées. On note l'obtention d'un hétérosis positif par rapport au parent moyen de 3 ; 6 ; 7 ; 10 ; 15 ; 18 et 30 % respectivement pour les combinaisons H3/AR, AC/GE, NE/AR, AR/AC, EX/H3, H3/NE, NE/H3 et AR/GE. Les croisements H3/AR, NE/AR et AR/GE ont montré un hétérosis positif par rapport au parent le plus performant évalué à 6,13 et 15 % (Tab.18). Dhonukshe et Rao en 1979, montrent un hétérosis par rapport au parent le plus performant situé entre -3,5% et 13,67 % chez le blé dur de certains caractères morphologiques.

IV.4.1.4. Nombre d'épis

Un hétérosis moyen de + 2,40 % est obtenu pour ce caractère. Un hétérosis positif par rapport au parent moyen de 8 ; 9 ; 12 ; 15 ; 17 ; 23 ; 26 et 33 % est trouvé respectivement chez les combinaisons F₁ GE/AC, GE/AR, GE/NE, AC/EX, EX/GE, AC/AR, AC/H3 et AR/NE. Parmi ces croisements trois AC/H3, AC/AR, AC/GE et ont noté un hétérosis positif par rapport au parent le plus performant respectivement de 3 et 10 % pour les deux derniers. Bataillon (2004) a noté un hétérosis chez les blés tétraploïdes d'hiver conduits en conditions contrôlées.

IV.4.1.5. Longueur de la paille

On a relevé un hétérosis négatif par rapport au parent moyen qui varie de -2 % à -38 % chez les croisements (EX/NE, H3/GE, NE/GE, NE/AR, AR/EX, H3/EX, EX/H3, GE/EX, NE/EX, GE/AR, EX/AR, AR/NE, AC/GE, GE/H3, H3/AC, AC/AR, AR/H3, GE/NE et NE/H3) (Tab.18). Ces derniers enregistrent même un hétérosis négatif par rapport au parent ayant la hauteur de la paille la plus courte excepté AR/EX. Paquet (1961) a trouvé un hétérosis négatif pour la longueur de la paille chez le blé tendre sans citer de valeurs. Les hybrides suscités excepté AR/EX, H3/EX et EX/H3, ont obtenu un hétérosis négatif par rapport au parent moyen et par rapport au parent le plus performant qui varie entre -3 % et -58 % pour le caractère longueur du col de l'épi. Un hétérosis négatif variant de -32,32 % et -0,17 % pour la hauteur de la plante a été trouvé chez des hybrides F₁ du blé dur par Hanifi-Mekliche *et al.* (2008).

La réduction de la longueur de la paille chez ces combinaisons peut être due à la conjugaison du raccourcissement de la longueur de la paille et celle du col de l'épi. Un raccourcissement de la hauteur de la paille risque d'entraîner une réduction des autres organes de la plante (épis et grains) et peut même avoir des conséquences quant à la sensibilité aux maladies ainsi qu'à la qualité technologique (Paquet, 1961). Il semble que ce raccourcissement de la hauteur de la paille est dû en partie à la diminution de la longueur du col de l'épi des hybrides. Kayyal en 1973 n'a pas trouvé d'hétérosis pour la hauteur de la paille.

IV.4.1.6. Poids de mille grains

Un hétérosis positif par rapport au parent moyen est obtenu et varie de + 3 à + 30 % chez les hybrides AR/AC, AR/GE, H3/NE, H3/AC, GE/AC, AC/GE et GE/H3. Ces hybrides ont réalisé un hétérosis positif situé entre 4 et 20 % par rapport au parent le plus performant (Tab.18). Un hétérosis de 3 à 7 % pour le poids de mille grains a été obtenue mais sans effet sur le rendement chez le blé

tendre (Trottes et Laurent, 1999). Ces croisements ont même obtenu un hétérosis positif par rapport au meilleur parent

IV.4.1.7. Poids des grains de l'épi

Un hétérosis moyen positif de -12,28 % par rapport au parent moyen est obtenu pour ce caractère. Sur les trente hybrides vingt ont montré un hétérosis positif allant de 2 à 56 % par rapport au parent moyen. Treize croisements (AR/EX, AC/EX, AC/AR, NE/EX, NE/AR, H3/AR, H3/GE, EX/AR, EX/NE, AR/AC, AC/NE et NE/H3) ont montré un hétérosis positif par rapport au parent le plus performant compris entre 7 et 41 % (Tab.18). Un hétérosis de 39 % chez le rendement par plant et 53 % pour le rendement du maître-brin du blé ont été trouvé par Kayyal en 1973.

IV.4.1.8. Nombre de grains par épi

Le nombre de grains par épi montre un hétérosis positif par rapport au parent moyen en F_1 de 5 ; 6 ; 9 ; 10, 15 et 17 % chez les croisements suivants NE/AR, EX/H3, GE/AC, AR/H3, GE/NE et AC/NE. Les hybrides GE/AC, AR/H3 et GE/NE ont enregistré un hétérosis positif par rapport au meilleur parent de 4 à 10 % (Tab.18).

Une augmentation de 28 % et 44 % de certains hybrides chez le nombre de grains par épi et le poids de mille grains du blé dur Haurani a été obtenu (Kayyal, 1973). Un hétérosis positif de 7,18 % est trouvé chez le nombre de grains par épi du blé dur (Hanifi Mekliche *et al.* 2008).

IV.4.2. Au niveau F_2

IV.4.2.1. Biomasse totale, rendement en grain et en paille

Le rendement en paille a enregistré un hétérosis négatif de -7,54 % par rapport au parent moyen (Tab.17). Le rendement en grain et la biomasse totale ont montré un hétérosis positif respectivement de 27,61 % et 1 % par rapport au parent moyen. Amaya *et al.* (1972) ont observé un hétérosis de 84 % par rapport au parent le plus performant chez le rendement en grain du blé en deuxième génération.

Kaltsikes et Schmidt (1971) n'ont pas trouvé d'hétérosis du caractère rendement en paille du blé dur. L'importance de l'hétérosis trouvée au niveau du rendement en grain peut s'expliquer par l'importance de l'hétérosis du nombre d'épis et du poids des grains de l'épi.

IV.4.2.2. Indice de récolte

L'indice de récolte montre un hétérosis moyen positif par rapport au parent le plus performant de 26,34 %. Tous les hybrides F_2 ont enregistré un hétérosis positif qui varie de 2 % à 65,46 % par rapport au meilleur parent. Les croisements AR/H3 et AC/H3 ont obtenu un hétérosis négatif par rapport au parent moyen. Un hétérosis de 17 % a été obtenu chez l'indice de récolte du blé par Studeto *et al.* (1986).

Les dix-sept combinaisons AC/EX, AC/AR, NE/AR, GE/AR, GE/AC, H3/EX, H3/AR, H3/AC, EX/AR, EX/AC, EX/NE, EX/GE, AR/NE, AR/GE, AC/NE, NE/GE et GE/H3 ont enregistré un hétérosis positif par rapport au meilleur parent en F_2 chez l'indice de récolte (Tab.19). Une étude relative au blé yougoslave a montré la présence d'une relation entre le rendement et l'indice de récolte chez les hybrides (Knezevic *et al.* 2001).

IV.4.2.3. Talles herbacées

Un hétérosis positif moyen par rapport au parent moyen de 25,12 % est obtenu pour les talles herbacées. Les hybrides AC/GE, GE/EX, H3/AC, AR/EX, EX/GE, H3/NE, AR/GE, GE/AR, NE/GE, H3/EX, H3/AR et H3/GE ont enregistré un hétérosis positif par rapport au parent moyen qui varie de 5 à 45 %. Toutes ces combinaisons ont montré un hétérosis positif par rapport au meilleur parent qui se situe entre 2 et 34 % excepté AC/GE et H3/AC (Tab.19).

IV.4.2.4. Nombre d'épis

Un hétérosis moyen de + 12,06 % est obtenu. Sur les trente hybrides il n'y a que sept qui ont obtenu un hétérosis négatif par rapport au parent moyen chez le caractère nombre d'épi. Le reste des hybrides ont obtenu un hétérosis positif variant entre 13 et 77 % (Tab.19). Un hétérosis est trouvé chez les hybrides F₂ issus de 6 cultivars de blé par Larik (1995).

IV.4.2.5. Longueur de la paille

Un hétérosis moyen négatif de -1,47 % par rapport au parent moyen. Les hybrides ayant obtenu une longueur de paille négative par rapport au parent moyen sont : AR/EX, AC/AR, NE/AR, GE/EX, GE/AR, GE/AC, GE/NE, H3/EX, H3/AR, H3/AC, H3/NE, EX/AR, EX/NE, EX/GE, EX/H3, AR/NE, AR/GE, AR/H3, AC/H3, AC/GE, AC/H3, NE/GE, NE/H3 et GE/H3 (Tab.19). Toutes ces combinaisons ont obtenu un hétérosis négatif qui varie de -3 à -33 % par rapport au parent le plus performant. Ourry *et al.* (1993) ont montré la supériorité des hybrides F₂ par rapport à leurs parents chez le blé dur. Les croisements ont obtenu un hétérosis négatif chez la hauteur de la paille, ont réalisé un hétérosis négatif allant de -3 à -73 % par rapport au parent le plus fort chez la longueur du col de l'épi. Un hétérosis négatif est trouvé allant de -9 à -23,5 %, chez des hybrides F₂ de la fève par rapport au parent moyen (Salem, 2009).

IV.4.2.6. Poids de mille grains

Le poids de mille grains enregistre un hétérosis moyen négatif de -9,84 par rapport au parent moyen. Les combinaisons GE/EX, GE/AC, H3/NE, AR/GE et AC/GE ont donné un hétérosis positif qui varie de + 2 à + 9 % par rapport au parent moyen. L'hybride AC/GE a obtenu un hétérosis positif de +2 % par rapport au parent le plus performant (Tab.19). D'après Housmand et Vanda (2008), le caractère qui induit un rendement en grain élevé est le poids de mille grains.

IV.4.2.7. Poids des grains de l'épi

L'hétérosis moyen trouvé pour ce caractère est de -0,20 %. Sur les trente hybrides F₂, vingt-six ont obtenu un hétérosis positif qui varie de 7 à 88 % par rapport au parent moyen. Les hybrides : AR/EX, AC/EX, AC/AR, NE/EX, NE/AR, NE/AC, H3/EX, H3/AR, H3/AC, H3/GE, EX/AR, EX/AC, EX/NE, AR/AC, AR/NE, AR/H3, AC/NE, AC/H3, NE/H3 et GE/H3 ont enregistré un hétérosis positif par rapport au meilleur parent qui varie de + 5 à +70 %.

IV.4.2.8. Nombre de grains par épi

Un hétérosis négatif moyen de -39,92 % est trouvé entre la moyenne des hybrides et le parent moyen du caractère. On relève un hétérosis positif par rapport au parent moyen situé entre + 1 et + 76 % chez les croisements AC/H3, GE/H3, EX/NE, H3/AC, NE/H3, GE/NE, AC/NE, AR/AC, H3/AR, GE/AR, AC/AR, AR/GE, H3/GE, NE/AR et AR/NE. Les combinaisons suivantes : GE/H3, GE/NE, AC/NE, H3/AR, GE/AR, AC/AR, AR/GE, H3/GE, NE/AR et AR/NE ont montré un hétérosis positif

par rapport au meilleur parent variant de + 5 à + 46 % (Tab.19). Les combinaisons qui ont obtenu un hétérosis négatif par rapport au parent le plus performant sont AC/H3, EX/NE, H3/AC, NE/H3 et AR/AC.

IV.4.3. Analyse de l'hétérosis des hybrides

Le rendement en paille a vu son hétérosis moyen passé de -22 à -7,54 %. Par contre le rendement en grain et la biomasse totale ont amélioré leur hétérosis respectivement de -22,86 à +27,61 et de -21 à + 1 % entre la première et la deuxième année. Cet hétérosis montre l'écart à l'additivité du caractère. L'étude menée par Legouis *et al.* en 2000 montre une augmentation de l'indice de récolte du blé, tandis que la production de biomasse et de matière sèche aérienne est restée stable. Un hétérosis positif est trouvé en F₁ chez l'orge (Mekliche et Gallais, 1999). L'indice de récolte montre une évolution de l'hétérosis moyen entre la F₁ et la F₂ passant de -21,66 à + 40,22 %. Les croisements AC/AR, NE/AR, GE/AR, GE/AC et NE/GE ont obtenu un hétérosis positif variant de + 3 à +58 % par rapport au parent moyen pendant les deux générations et de 2 à 44 % par rapport au parent le plus performant. Ces croisements peuvent faire l'objet de sélection ayant pour but l'amélioration de l'indice de récolte.

L'indice de récolte et le rendement en grain des parents et des hybrides F₁ et F₂ ont évolué entre la première et la deuxième année, cette augmentation est due à la biomasse totale. D'après Housmand et Vanda (2008), le caractère qui induit un rendement en grain élevé est l'indice de récolte. Les variétés locales présentent les plus faibles indices de récoltes par rapport aux génotypes introduits. Un indice de récolte élevé et une réduction de la surface transpirante sont associés très souvent à un évitement de la contrainte hydrique (Keim et Kroustad, 1981 ; Fussel *et al.* 1991).

Les combinaisons H3/AR, H3/NE, AR/GE et AC/GE ont montré un hétérosis positif qui varie selon les hybrides entre 3 et 44 % par rapport au parent moyen en F₁ et en F₂ chez les talles herbacées. L'hétérosis moyen est passé de -4 % à + 25,12 % entre la F₁ et la F₂ chez le nombre d'épis. L'accroissement du rendement est dû à la densité de plants par mètre carré (Koksal, 2009).

La longueur de la paille a observé un hétérosis moyen plus stable entre la première et la deuxième génération de -3,20 à - 1,47 %. Parmi les vingt combinaisons ayant obtenu un hétérosis négatif situé entre -2 et -24 % par rapport au parent moyen en F₁, on relève les onze hybrides AC/AR, NE/EX, GE/NE, H3/AC, EX/AR, EX/NE, AR/NE, AR/H3, AC/GE, NE/GE et NE/H3 qui ont confirmé cette infériorité en F₂.

Le caractère longueur du col de l'épi montre une régression de l'hétérosis moyen négatif de - 12,40 à -31,56 %. Les croisements AC/AR, NE/GE, GE/NE, EX/AR, EX/NE, AR/NE, AR/GE, AR/H3, AC/H3 et NE/H3 ont dégagé un hétérosis négatif par rapport au parent moyen ainsi que par rapport au parent le plus performant durant les deux générations. Ces hybrides ont enregistré des hétérosis négatifs pour les caractères longueur de la paille et longueur du col de l'épi.

L'hétérosis moyen négatif du poids de mille grains est passé de -10,30 en F₁ à -9,84 en F₂ entre les deux générations. Les croisements GE/AC, H3/NE et AC/GE ont montré un hétérosis positif situé entre 4 et 7 % durant les deux générations chez le poids de mille grains. L'augmentation du rendement est le résultat du poids de mille grains pour Koksal (2009), tandis que pour Stanger *et al.* (2008), l'augmentation du rendement est le résultat d'une fertilisation azotée équilibrée.

Le nombre de grains par épi a vu son hétérosis par rapport au parent moyen passer de -12,13 à -0,20 % respectivement pour la F₁ et la F₂. La comparaison entre les hybrides F₁ et F₂ pour le poids

des grains de l'épi a révélé que l'hétérosis obtenu durant les deux générations est resté négatif pour ce caractère. Selon Koksai (2009), un rendement élevé est le résultat du poids des grains par épi. Un hétérosis calculé par rapport au meilleur parent chez le rendement en grain du blé de 137,50 % par Verma et Luthra en 1983.

En conclusion, le passage de la F_1 à la F_2 montre en principe une dépression de consanguinité. Selon Falconer (1974), la valeur de l'hétérosis présentée par la F_2 est seulement moitié de celle présentée par la F_1 lorsqu'il n'y a pas d'épistasie. La fixation de l'hétérosis est possible à long terme dans la mesure où le taux de recombinaison entre gènes ou allèles ne soit pas nul (Sedcole, 1980).

Les résultats obtenus pour la majorité des caractères ne vérifient pas cette affirmation car ces deux générations n'ont pas été cultivées dans le même environnement, il s'agit de deux années différentes (2007 et 2008 respectivement pour les F_1 et les F_2) qui induisent des variances du milieu différentes et d'un effet d'interaction génotype \times milieu. Selon Yan *et al.* (2000) le changement du classement des cycles végétatifs des génotypes d'une année à l'autre est un indicateur de la présence d'interactions. Tous les caractères ont montré un hétérosis important par rapport au parent moyen ce qui suggère la présence de dominance des caractères. Il faut accorder plus d'attention à la descendance présentant l'hétérosis le plus élevé (Benmahammed, 2005).

Conclusion Générale

Et

Perspectives

Conclusion générale et perspectives

L'étude des caractères morphologiques et agronomiques et de leur déterminisme génétique chez six variétés de blé dur, dont deux locales à paille haute, à indice de récolte faible et possédant un potentiel d'adaptation très élevé aux conditions locales. Les quatre autres variétés sont introduites de France et renferment le gène de nanisme et produisent une biomasse importante en conditions favorables.

Les cycles végétatifs des génotypes et une dizaine de caractères morphologiques et agronomiques (nombre de talles herbacées, nombre de talles-épiss, longueur de la paille, longueur de la feuille étandard, longueur du col de l'épi, poids de mille grains, poids des grains de l'épi, nombre de grains par épi, rendement en paille, rendement en grain et la biomasse totale ainsi que l'indice de récolte) ont fait l'objet de cette étude.

Un croisement diallèle complet (hybrides et réciproques) a été réalisé sur le terrain et dans les conditions du haut Chéllif, entre six génotypes. Trente hybrides ont été obtenus. Ces hybrides ont été étudiés en F_1 et en F_2 . Le coefficient de variation génétique obtenu pour chaque caractère : longueur du col de l'épi, rendement en grain, longueur de la feuille étandard, nombre d'épiss, poids des grains de l'épi, talles herbacées, indice de récolte, et longueur de la paille (44,68 ; 43,18 ; 43,04 ; 30,26 ; 26,09 ; 25,49 ; 21,28 ; 19,52) respectivement indique une grande diversité chez les génotypes utilisés.

La durée du cycle végétatif de la deuxième année était plus longue que celle de la première année pour l'ensemble des génotypes de l'essai, ceci peut être le résultat de la bonne pluviosité de l'année. L'écart de précocité noté est important au stade montaison-épiaison soit 12 jours entre les variétés locales et introduites. Les variétés introduites réalisent précipitamment la phase épiaison ce qui leur permet d'éviter la période des chaleurs de fin de cycle qui caractérise la région de l'essai.

Les résultats obtenus sur la durée des cycles végétatifs des différents génotypes montrent une faible perturbation de leur classement entre les deux années. On a constaté une certaine stabilité dans le classement de la durée des cycles végétatifs des variétés locales. Ces dernières sont plus tardives que les variétés introduites. Le cycle court des variétés introduites peut s'avérer intéressant dans la mesure où on cherche à éviter les chaleurs de fin de cycle du blé.

Le rendement en grain et la biomasse totale ont vu leur moyenne évoluée entre la première et la deuxième année. Une augmentation du rendement en grain entre la première et la deuxième année est notée pour l'ensemble des génotypes excepté Ardente et Hedba 3. En dehors de l'effet génotype, le facteur milieu peut être un élément clef dans le fonctionnement du peuplement végétal. Les génotypes Excalibur et Guem Goum Erkhama ont produit une biomasse totale élevée durant les deux années. La biomasse totale s'est accrue entre la F_1 et la F_2 pour l'ensemble des hybrides excepté les croisements AC/GE et GE/EX. La forte biomasse végétative des variétés locales est due à une hauteur de la paille et du col de l'épi importants.

Chez les hybrides, un accroissement de la moyenne entre la première et la deuxième génération pour les talles herbacées, le nombre d'épiss, le poids de mille grains, le poids des grains de l'épi, le nombre de grains par épi ainsi que l'indice de récolte a été trouvé. Cette constatation est due au fait que le milieu de culture est différent d'une année à l'autre.

Les variétés locales ont enregistré les plus faibles indices de récolte moyens avec des valeurs de 12,45 et 18,61 % respectivement pour Guem Goum Erkhama et Hedba 3 durant les deux années d'essai. Contrairement aux génotypes introduits qui ont enregistré des indices de récolte moyens avec des valeurs de 22,21 et 31,49 %. Les génotypes Guem Goum Erkhama, Nefer, Acalou et Ardente ont vu

un accroissement de leur indice de récolte, tandis qu'Excalibur et Hedba 3 ont enregistré une baisse de leur indice de récolte en deuxième année. L'ensemble des hybrides ont montré un accroissement de leur indice de récolte entre la première et la deuxième génération à l'exception des croisements AC/GE et AC/H3.

Une très grande variation a été observée chez les géotypes pour le caractère poids de mille grains. Les différences enregistrées entre les deux années pour ce caractère, pourrait être dues aux quantités totales de pluies tombées pendant les deux années (398,1 mm en 2007 et 450,1 mm en 2008). Il semble que les faibles précipitations et les brusques élévations de température au moment du pallier hydrique sont les causes probables du ralentissement de la vitesse de migration des réserves vers le grain, ce qui s'est répercuté sur la biomasse totale et le rendement en grain en première année.

Les variétés introduites produisent plus de talles herbacées dont un nombre réduit peut épier. L'indice de tallage des géotypes introduits est de 23 %, contrairement à celui des géotypes locaux qui est de l'ordre de 40 %. Cependant, le nombre d'épis des variétés introduites reste supérieur à celui des variétés locales. Durant les deux campagnes, les variétés Excalibur et Acalou ont donné un nombre de grains par épi élevé comparées aux variétés locales qui enregistrent un nombre de grains par épi stable et faible durant les deux années.

L'obtention d'un hétérosis positif par rapport au parent moyen situé entre 2,40 et 12,06 % en F_1 et 12,28 à 39,92 % en F_2 respectivement pour le nombre d'épis et le poids des grains de l'épi, nous renseigne sur la possibilité d'amélioration de ces caractères. Les hybrides F_1 et F_2 (NE/H3 : -19%, GE/EX : -18 % et H3/EX : -14 %) ont produit un hétérosis négatif chez la longueur de la paille, ils ont même donner un hétérosis négatif par rapport au parent le plus performant. Ils sont susceptibles de donner des plantes à paille courte dans les générations suivantes, ceci reste tributaire de la stabilité et de la fixation de cet hétérosis. Ces trois croisements ont aussi révélé un hétérosis négatif durant les deux générations chez la longueur du col de l'épi. La réduction de la hauteur de la paille est liée à la réduction de ce caractère. Les corrélations significatives ($r = 0,436^*$ et $0,495^*$), notées entre ces caractères en F_1 et F_2 , confirment cette liaison entre les deux caractères. L'hétérosis élevé par rapport au meilleur parent trouvé au niveau des caractères indice de récolte, nombre de grains, poids des grains de l'épi, poids de mille grains et talles herbacées durant les deux générations est un indicateur de la présence d'effet de dominance.

Les trois croisements sus cités révèlent une évolution de leur indice de récolte et de leur biomasse totale. Ces deux derniers caractères déterminent la valeur de l'indice de récolte. Les corrélations observées entre l'indice de récolte et le rendement en grain en F_1 est de $0,903^{**}$ et entre l'indice de récolte et la longueur de la paille est négative de $-0,372^*$.

Les caractères nombre d'épis, nombre de grains par épi et poids de mille grains ont enregistré un hétérosis important en F_2 , il est probable que l'accumulation de gènes ou de linkats non allèles favorables sont à l'origine de l'expression de ces caractères.

L'analyse de l'hérédité des caractères selon Hayman a montré une dominance incomplète en F_1 et en F_2 pour le nombre d'épis, la longueur de la feuille étendard, la longueur du col de l'épi et le poids des grains de l'épi et une superdominance pour le poids de 1000 grains et le nombre de grains par épi. Pour le nombre de talles herbacées et la longueur de la paille une superdominance a été obtenue en F_1 et une dominance incomplète en F_2 .

La longueur de la feuille étendard, le poids de 1000 grains et le nombre de grains par épi montrent une action négative des gènes dominants et positive pour le poids des grains de l'épi en F_1 et

en F₂. Pour les autres caractères (talles herbacées, nombre d'épis, longueur de la paille et longueur du col de l'épi), les résultats dépendent de la génération et donc de l'année.

Des possibilités de transgressions sont possibles en F₁ et en F₂ pour les caractères nombre d'épis, longueur de la paille, poids de 1000 grains et poids des grains de l'épi. Pour la longueur de la feuille étandard et la longueur du col de l'épi, les résultats montrent que quelle que soit la génération, il n'y a pas de possibilité de transgression. Pour les autres caractères (talles herbacées, nombre d'épis et nombre de grains par épi), les résultats sont contradictoires. Cette différence d'expression entre la F₁ et la F₂ serait due au fait que les deux générations ont été cultivées dans deux milieux différents. La présence de gènes dominants favorables à la diminution de la longueur de la paille des variétés Nefer et Acalou ont probablement été à l'origine de l'obtention d'hybrides à paille courte. Le regroupement de gènes dominants favorables à la réduction de la paille des variétés Ardente et de Nefer et les gènes récessifs favorables pour la réduction de la paille de Guem Goum Erkham et de Hedba 3 sera intéressant pour l'obtention de plantes à paille courte.

Que ce soit en F₁ ou en F₂, les variétés Nefer et Ardente pour le nombre d'épis, Hedba 3 pour la longueur de la paille, Hedba 3 et Acalou pour la longueur de la feuille étandard, Hedba 3 et Guem Goum Erkham pour la longueur du col, Guem Goum Erkham et Hedba 3 pour le poids de mille grains et le poids des grains de l'épi, Acalou et Nefer pour le nombre de grains par épi, Hedba 3, Guem Goum Erkham et Excalibur et Nefer pour l'indice de récolte transmettent leurs valeurs élevées à leur descendance.

Tandis que Hedba 3 pour le nombre d'épis, Nefer et Ardente pour la longueur de la paille, la longueur de la feuille étandard et la longueur du col de l'épi, Ardente pour le poids de mille grains, Ardente, Excalibur et Acalou pour le poids des grains de l'épi, Hedba 3 et Excalibur pour le nombre de grains par épi, Hedba 3 et Guem Goum Erkham pour l'indice de récolte transmettent leurs faibles valeurs à leur descendance.

Les caractères talles herbacées, longueur de la paille, longueur du col de l'épi, poids de mille grains et indice de récolte ont enregistré des effets d'AGC significatifs en F₁ et en F₂ et révèlent des effets additifs dans leur expression génétique. Ces effets additifs sont confirmés par l'analyse Hayman uniquement chez la longueur de la paille, le poids des grains de l'épi et l'indice de récolte.

La prédominance de la variance d'ASC sur la variance d'AGC est notée chez tous les caractères à l'exception des talles herbacées, nombre d'épis et le poids des grains de l'épi en F₁. En F₂, la prédominance des ASC sur les AGC est confirmée pour tous les caractères excepté les talles herbacées. La sélection du nombre d'épis, du poids des grains de l'épi et des talles herbacées se fera à partir des parents du moment que leur AGC sont prédominantes. Par contre pour les autres caractères aux ASC prédominantes leur sélection se fera au niveau des hybrides performants.

Les rapports AGC/ASC élevés trouvés chez les caractères nombre de talles herbacées, nombre d'épis et poids des grains de l'épi en F₁ et le caractère talles herbacées en F₂ mettent en évidence l'importance de l'additivité dans le contrôle de ces caractères ceci nous suggère une sélection de ces trois caractères à partir des parents.

Un schéma de sélection avec les hybrides NE/H3, GE/EX et H3/EX qui montrent des résultats intéressants concernant la réduction de la hauteur de la paille, doit être mené afin de confirmer les objectifs fixés à savoir l'obtention de lignées à paille courte et à indice de récolte élevé. Ces hybrides NE/H3, GE/EX et H3/EX, qui ont montré une nette amélioration de leur indice de récolte par rapport aux parents peuvent être intégrés dans un schéma de sélection.

Les faibles ASC de ces hybrides plaident pour leur choix dans un programme de sélection prévoyant des individus à paille courte et un indice élevé.

Pour les parents, le choix portera sur Guem Goum Erkham, Hedba 3 et Excalibur qui présentent des possibilités de transgression chez les caractères indice de récolte, paille courte et poids de mille grains élevé ces résultats sont confirmés par l'analyse de Hayman. Aucun parent n'est favorable pour tous les caractères, probablement les géniteurs les mieux équilibrés pour améliorer l'indice de récolte, l'obtention d'une paille courte et d'un poids de mille grains élevé sont Guem Goum Erkham, Hedba 3 et Excalibur.

Les gènes récessifs favorables à l'expression du poids des grains de l'épi de Hedba 3 et ceux de Guem Goum Erkham favorables pour le poids de mille grains associés aux gènes dominants favorables pour la réduction de la hauteur de la paille d'Excalibur et Nefer, peuvent donner des hybrides intéressants tels que NE/H3, GE/EX et H3/EX. L'augmentation du poids de mille grains et une baisse de la paille se répercutera sur l'augmentation de l'indice de récolte.

L'amélioration du nombre d'épis et du nombre de grains par épi peut être possible par l'utilisation des génotypes Excalibur, Nefer et Ardente.

La variété Nefer et quatre de ses descendants (AR/NE, NE/AR, GE/NE et AC/NE) en F₁ et F₂ sont en tête du classement pour le caractère nombre de grains par épi. Des recombinaisons entre les génotypes Nefer et Acalou d'une part et Guem Goum Erkham d'autre part peuvent donner des résultats prometteurs concernant le nombre de grains par épi, ceci peut être confirmé ou infirmé durant des cycles de sélection de ces hybrides.

La confirmation de la stabilité de réduction de la longueur de la paille et l'augmentation de l'indice de récolte chez les hybrides NE/H3, GE/EX et H3/EX, pourra se faire sur plusieurs années et dans des environnements différents pour bien comprendre leur comportement sur plusieurs générations.

L'utilisation de nouvelles méthodes de marquage moléculaire pour la sélection du blé n'est pas facile à cause de la grandeur du génome, mais cela n'empêche pas de tenter des actions en ce sens.

Le matériel végétal utilisé dans ce travail ne doit pas constituer un modèle de choix pour un autre matériel, car les conclusions que nous tirons de cette étude n'est valide que pour ces génotypes.

Une collaboration de spécialistes en physiologie, biologie végétale et génétique pourrait certainement apporter plus de réponses au déterminisme génétique du matériel utilisé et vérifier si le gène de nanisme présent chez les variétés introduites a été transféré à leurs descendances.

La recherche de nouvelles variétés renfermant des caractéristiques d'adaptation appartenant aux variétés locales tout en leur intégrant certaines caractéristiques leur faisant défaut appartenant à des variétés étrangères (rendement élevé et résistance aux maladies) est impérative.

Les variétés locales doivent être considérées comme de la matière première de base par les sélectionneurs des plantes pour la création de nouvelles variétés.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

- Abbassene F.; Bouzerzour H. et Hachmi L. (1998). Phénologie et production du blé dur (*Triticum durum* Desf.) en zones semis arides d'altitude. A. Agron. INRA (18) 24-36.
- Abdelguerfi A. (1988). Pourquoi un séminaire national sur les ressources phylogénétiques et leur valorisation. Annales de l'INA El-Harrach. Vol. 12, Tome 1, p. 10-13.
- Abdus S. K. ; Muhammad A. et Muhammad A. A. (2003). A correlation and path coefficient analysis for some yield components in bread wheat. Asian Journal of plant science 2(8): 582-584.
- Acevedo E. (1992). Improvement of winter wheat crops in Mediterranean environment: use of yield morphological traits. Physiology breeding of winter cereals. Les colloques de l'INRA. 55. 273-305;
- Addiscott T.M.; Whitmore A. P. et Powlson D.S. (1991). Farming fertilisers and the nitrate problem. CAB International, Wallingford. Agron. J. 74. 955-958.
- Ahmed H. M.; Khan B.M.; Khan S.; Kissana N.; et Laghari S. (2003). Path coefficient analysis in bread wheat. Asian J. of Plant Sci 2(6) 491-494.
- Alem C.; Labhilili M. ; Brahmi K. ; Jlibene M. ; Nasrallah N. et Filali M. A. (2002). Adaptation hydrique et photosynthétique du blé dur et du blé tendre au stress salin. C.R. Biologies 325. 1097-1109.
- Alexandra S. (1999). Influence des cinétiques de développement de piétin échaudage sur la croissance, la nutrition azotée et élaboration du rendement du blé d'hiver. These de doctorat INAPG 135p.
- Ali Dib T. ; Monneveux P. et Araus J.L. (1992a). Adaptation à la sécheresse et notion d'idéotypes chez le blé dur caractères d'adaptation physiologique. Agro. 12. p. 381-393.
- Ali A.; Ali N.; Nimatullah F. M. et Adnan A. Z.S. (2013). Effect of drought stress on the physiological and yield of the Pakistani wheat germoplasm. International J. of Adv RES; Technol. Vol 2(7) 2278-2283.
- Allan R.E. et Vogel O.A. (1963). F2 monosomic analysis of awn length in wheat crosses involving semi dwarf Norin 10 Bren 14 and the Chinese spring series. Crop Sci. 3: 538-540.
- Amaya A.A.; Busch R.H. et Lebsok K.L. (1972). Estimates of genetic effects of heading date, plant height and grain yield in durum wheat. Crop Sci., 12: 478-481.
- Anadif N. ; El Huse M. et Lahrouni A. (2000). Modélisation du tallage du blé semé à faible densité en climat semi-aride. Cahiers de l'agriculture 9. 475-483.
- Annicchiarico P. ; Abdellaoui Z. ; Melouki M. et Zerargui H. (2005). Grain yield straw yield and economic values of tall semi dwarf Durum wheat cultivars in Algeria. J. Agri Scie. 143 : 54-64.
- Anonyme (2005). Rapport du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. Alger, 15 p.
- Anonyme (2007). Www/CEHEAM/IAMM.
- Anonyme (2009). La politique du renouveau de l'économie agricole et rurale. Document du Ministère de l'Agriculture et du développement Rural. Vol.1 p.13-16. Revue N°52.
- Anonyme (2012). Rapport du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. 23p. Alger.
- Anonyme (2013). Rapport de l'Institut Technique des Grandes Cultures. 24p. Alger.

- Anonyme (2013). Bulletin des grandes cultures. ITGC. P-8.
- Ansart C. (2007). Quelques points de repères. Revue Perspectives agricoles. P.23-28. N° 377.
- Arvalis Institut du végétal (2004). Caractéristiques variétales. Perspectives Agricoles N°302. P34-43.
- Atare P. (2006). Semis direct dans la vallée moyenne de l'Ebre : résultats et analyse économique. Troisièmes rencontres méditerranéennes du semis direct. Zaragoza Ed. Options méditerranéennes, série A, N°69, p. 77-80.
- Auriau P.H. ; Pluchard P. et Masseret (1975). Recherche sur la vigueur hybride chez le blé. Résultats d'essais réalisés en 1971-1972 et 1972-1973.
- Auriau P.H. (1978). Rôle du col de l'épi et le remplissage du grain. An. Am. Des Plantes. P. 85-93.
- Austin R. B.; Ford M.; Edrich, J. et Lack Well R. (1976). The nitrogen economy of winter Wheat j. Agro sciences Camb P. 159-167.
- Bacci L.; Benincaso F.; Muracchi G. et Zip O. G. (1991). Ground based remote sensing measurement for early detection of plant stress. Bull. ocp. 21, 673-681.
- Badoux S. (1979). L'amélioration des plantes à la station fédérale de recherches agronomiques de Changins. Revue suisse Agric. 11(2) 77-88.
- Baillaud E. (1911). Les blés d'Algérie et de Tunisie. Bull soc ; Revue des agriculteurs d'Algérie.
- Baker R.J. (1978). Issues in diallel analysis. Crop Sci. 18: 533-536.
- Baldy C. (1974). Quelques réflexions concernant les caractères du rendement des blés. An. Am. Des Plantes 24. (2) 193-199.
- Baldy C. (1984). Contribution à l'étude fréquentielle des conditions climatiques et leur influences sur la production des principales zones céréalières. Doc. Projet céréales.170.
- Bamoun A. (1997). Induction de mutations morpho-physiologiques chez le blé et l'orge, utilisation pour l'amélioration génétique de la tolérance à la sécheresse. P. 16-19.
- Bar C. (1995). Contrôle de la qualité des céréales et protéagineux. Lavoisier, Paris, p. 215.
- Barbotin F.; Marie-France L. et Pierre R. (2005). Le point de départ. Blé objectif, qualité. Ed. ITCF. P. 4-35.
- Barnard A.D.; Labuschagne M.T. et Niekerk H.A. (2002). Heritability estimates of bread wheat Quality traits in the Western Cape province of South Africa. Euphytica. 127. 115-122.
- Barrière Y. ; Gallais A. et Derieux P. A. (1987). Etude de la valeur agronomique en plante entière au stade de récolte ensilage de différentes variétés sélectionnées entre 1950 et 1980. J. Agronomie. 7(2) 73-79.
- Bartos P.; Sip V.; Vacke J.; Stuchlikova E.; Blaskova V. et Charpova J. (2000). Erfolge und perspectiven der weizenzuchtung auf krankheitsresistenz. Ed. Bal. Gumpenstein, 111-118.
- Bataillon T. (2004). Mutation spontanée et gestion des ressources génétiques. Approche théoriques et expérimentales sur le blé dur (*Triticum durum*). Thèse de docteur de l'INAPG.

- Beker H.C. et Leon J. (1988). Stability analysis in plant breeding. *Plant Breed.*, 101, 1-23.
- Belaid D. (1986). Aspect de la céréaliculture en Algérie. Ed. OPU. 1986.
- Belaid A. (2000). The economics of durum wheat production in wana past trends and future prospects in proceeding of the symposium blé 2000 enjeux et perspectives. 49-70.
- Belahcene N. ; Benbelkacem A. ; Brinis L. ; Bouzerzour H. et Zelti A. (2009) Etude de la variabilité agronomique des nouvelles selections de blé dur (*Triticum durum* Desf.) dans la région d'El Khroub Constantine. Recherche Agronomique INRA. N° 23 : 49-57.
- Benabdellah M. et Bensalem M. (1993). Paramètres morpho- physiologiques de sélection pour la résistance à la sécheresse des céréales. Ed. INRA, Paris, P. 195-205. (Les colloques N°64).
- Benbelkacem A. (1993). La recherche variétale sur les blés en Algérie. *Revue Céréaliculture* N° 26.3 8.
- Benbelkacem A. et Kellou K. (2000). Evaluation du progrès génétiques chez quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) cultivées en Algérie. *Ciheam Option Méditerranéennes*. P. 105-110.
- Bencheikh M.; Abed A. et Bousalhih B. (2008). Différences variétales pour le fonctionnement du blé dur à la nutrition azotée. Séminaire International sur le blé en Algérie. P 1-9.
- Benchohra B. et Khalouffi B. (2000). Impact de risque climatique sur le rendement de blé étendre (*Triticum durum* L.) en zone semi-aride appelé écophysiologie. *Rev. Sech.* 11.45-51.
- Bénédicte D. (2001). Déterminisme génétique de la valorisation de l'azote. p. 67. INRA.
- Benlaribi M. et Monneveux P. (1988). Etude comparée du comportement, en situation de déficit hydrique, de deux variétés algériennes de blé dur (*Triticum durum* Desf.). *C.R. Séances Acad. Algérie* F. 274 (5) 73-83.
- Benlaribi M. ; Monneveux P. et Grignac P. (1998). Étude des caractères d'enracinement et de leur rôle dans l'adaptation au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum durum* desf.). *Rev. Agronomie* .10. p. 305-322.
- 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 (*Hordium vulgare* L.). Thèse de Doctorat d'état. Université de Constantine. 125 p.
- Bensalem M. ; Acevedo E. et Srivastava J.P. (1991). La sélection des céréales dans les zones arides. *Rev. Sécheresse* N°1(2) p.3-8.
- Bensalem M. ; Vieira J.P. et Da Silva. (1991). Polymorphisme variétal de résistance à la sécheresse chez les céréales à paille cas du blé. *John Libbey Eurotext Paris*. P. 25-34.
- Berbigier A. (1964). Etude d'un croisement diallèle chez l'orge. *An. Am. Des plantes* N°14. P. 245-259.
- Berbigier A. (1968). Derniers résultats de l'étude d'un croisement diallèle chez l'orge. *An. Am. Des plantes* N°18. P. 139-157.
- Berthelem P. et Le Guen, J. (1974). Rapport d'activité de la station de Rennes, I.N.R.A., 171-174.
- Bircher J.A. ; Hong Y. ; Sivanandan C. L. ; Daniel V et Reiner A.V. 2010. Publié en ligne, <http://dx.doi.org/10.1105/tpc.110.076133> The Plant Cell Juillet 2010 Vol. 22 N°. 7 2105-2112.

Bhullar G.S.; Gill K. S. et Bhatia A. (1977b). Combining ability over successive generation in diallel crosses of bread wheat. *Cereal Res. Comm.* 7: 207-247.

Bhullar G.S. Gill K.S. et Khehra A.S (1988). Combining ability in a diallel cross of diverse durum wheat genotypes. *Crop Improv.* 15(1)53-56.

Blanco A.; Tanzerella O.A. ; Cairo F. et Scarascia M. (1996). Inheritance of plant height in durum wheat (*Triticum durum* desf.) genet. *Agr.* 36. 393-406.

Blum A. (1988). Plant breeding for stress environment Boca Raton 4 CRC Presse Florida USA PP.223.

Blum A. et Prunel Y. (1990). Physiological attributes associated with drought resistance of wheat cultivars in Mediterranean environment. *Aust. J. A gri. Rec.* 41 : 799-890.

Bœuf F. (1948). Objectifs de la recherche agronomique, méthodes d'expérimentation. *Nouvelles encyclopédies agricoles.* P. 481.

Boissard P. ; Vouillot M.O. ; Huet P.H. ; Akkal M. et Helbert J. (2000). Caractérisation de l'état azoté d'un peuplement de blé par des variables physiologiques et radiométriques. Simulation de l'Indice Foliaire et de la réflectance pour une modélisation de la structure tridimensionnelle du blé. Ed.INRA.Paris. Les colloque N°93.

Bonjean A. et Picard (1990). Les céréales à paille. Origine, histoire, économie et sélection. Ed. Soffward/group/ITM. p. 205.

Bonjean A. (2000). L'histoire des blés des limagrain d'auvergne. Ed. Limagrain. 98p.

Bouchard C. (1997). Influence de dynamique variable de nutrition azotée, sur la croissance et l'élaboration du rendement de culture de blé tendre d'hiver (*Triticum aestivum* L.) Thèse INAPG. 76 p.

Boufenar F.Z. et Zaghouane O. (2004). La production de semence de pré base de céréales durant la période 1994-2003 : Amélioration des performances et consolidation du programme de multiplication. *Rev. Céréaliculture* p. 5-12.

Bouzerzour H. (1991). Variabilité génétique héritabilité et corrélation entre caractères mesures sur orge en milieu semi-aride. *Rev. Céréaliculture* N° 30 p. 11-15.

Bouzerzour H. (1992). Synthèse des essais menés dans le cadre du thème d'écophysiologie en orge. Doc interne FEA. P.21. Setif.

Bouzerzour H. et Dekhili M. (1995). Heritability grain from relation and genetic correlation for grain yield of barley grown in two contrasting environments. *Field Crop Research.* 41: 173-178.

Bouzerzour H. et Benmahamed, A. (1996). Analyse graphiques d'un croisement diallèle sur l'orge (*Hordeum vulgare* L.). *Céréaliculture* N° 28, p 8-12.

Bouzerzour H.; Benmahamed A. et Hassous K.L. (1997). Variabilité génétique et corrélation entre caractères mesurés sur orge en milieu semi-aride. *Rev. Céréaliculture* N°30 p 11-14.

Bouzerzour H.; Djekoune A.; Benmahammed A. et Hassous K.L. (1998). Contribution de la biomasse aérienne, de l'Indice de récolte et de la précocité à l'épiaison au rendement de l'orge en zone semi-aride d'altitude. *Cahiers agriculture* (8) 307-317.

Bouzerzour H.; Benmahamed A.; Makhoulf A. et Harzallah D. (1998). Evaluation de quelques techniques de sélection pour la tolérance aux stress chez le blé (*Triticum durum* Desf.) en zone semi-aride d'altitude. Rev. Céréaliculture N° 33, p. 27-33.

Boyeldieu J. 1980. Les cultures céréalières ed. Hachette, France, p. 255.

Brancourt H. ; Doussinault G. ; Leconte B. P. ; Lebuanec B. et Trottet M. (2003). Genetic improvement of agronomic traits of winter wheat cultivars released in France from 1946-1992. Crop science. 93 p. 37-45.

Brisson N. et Delecolle R. (1993). Utilisation des modèles mécanistes de culture comme outil de raisonnement de la composante génétique de la résistance à la sécheresse. P. 117-125. Ed. INRA, Paris (les colloques, n° 64).

Cantero M.C.; Villard J.M.; Romagoza I. et Fereres E. (1995). Growth and yield responses of two contrasting barley cultivars in a Mediterranean environment. Eur. J. Agron. 317-323.

Cauderon Y. (1958). Etude cytogénétique des agropyrum français et leurs hybrides avec le blé. An. Am. Des plantes N°4. p 44-70.

Cauderon Y. (1978). Hybridation interspécifique et amélioration du blé. An. Am. Des plantes N°8 (2) p. 15-41.

Chaker A. et Brinis, L. (2005). Impact d'un stress thermique au froid sur la physiologie de quelques génotypes de blé dur à un stade précoce. Rev. Céréaliculture N°17. P. 5-17.

Chakib A. M. ; Labhilili K. ; Brahmi M. ; Jlibene N. ; Nasrallah A. et Maltouf F. (2002). Adaptation hydrique et photosynthétique du blé dur et du blé tendre au stress salin. C.R. Biologies 325, 1097-1109. Ed. Scientifique et médicale Elsevier. SAS.

Charcosset A. (1990). Etude de l'hétérosis chez le maïs: prédiction de la valeur des hybrides F₁ sur la base d'informations agronomiques, biochimiques et moléculaire. Thèse de l'INAPG. P. 123.

Chaulet C. ; Baziz Y. et Bencharif A. (1993). Etude sur les stratégies d'entreprises dans la filière céréales en Algérie : consommation des produits céréaliers : dynamique et comportement des consommateurs. ENIAL Alger/ CIHEAM-IAM, Montpellier. P. 12.

Chehat F. (2007). Les politiques céréalières en Algérie. Rapport annuel. Agri Med. Agriculture, pêche, alimentation et développement rural durable dans la région méditerranéenne. Ed. CIHEAM P. 66-70.

Chevalier R. (1957). Echaudage chez les blés tendres et poids de mille grains. An. Am des plantes. N°4 (B) p. 413-430.

Choo T.M. et Reinbergs E. (1988). Diallel analysis of heading date in barley using doubled haploid lines. Estratto da Genetica Agraria. Vol. XLII, Fasc.2: p. 201-212.

Chowdhry M.A.; Ali M.; Subhani G.M. and Khaliq I. (2000). Path coefficient analysis for water use efficiency, evapo-transpiration efficiency and some yield related traits in wheat. Pakistan J. Biol. Sci. 3:313-317.

Clarcke J.M.; Romagoza I.; Jauce S.; Srivastava J.P. et Mecaïd T.N. (1989). Relation of exceed leaf weather loss and yield of durum wheat in diverse environment. J. Plant sci. 69: 1057-1081.

Cliquet J. ; Oury A. et Boucard J. (2001). Mobilisation des réserves azotées chez les plantes herbacées, assimilation azotée chez les plantes. Ed Morot J-P Paris INRA. P. 282-294.

Combe L. (1982). Effet du gaz carbonique et de la culture en climat artificiel sur la croissance et le rendement d'un blé d'hiver. Rev. Agricole, p. 177-186.

Cockerham C.C. (1961). Implications of genetics variances in a hybrids breeding program. Crop. Sci. 1.47.52.

Coumans M.P. ; Boutouchent F. ; Dusautoir J.C. et Kaan F. (1993). Obtention d'embryons par croisements interspécifiques entre le blé dur et d'autres céréales. Ed. INRA Paris colloques 64.

Cousin R. (1969). Les essais diallèles. Ed. Le sélectionneur français N°7 P. 75-96.

Couvreur F. et Masse J. (1983). Formation du rendement et niveau de production. Rev. Perspective N°32. P. 8-32.

Crepieux S. (2005). Etude méthodologique et expérimentation de la détection de QTL pour des populations issues de sélection généalogique exemple du blé tendre. Thèse pour l'obtention du titre de Docteur de l'Institut National Agronomique Paris Grignon. p. 132.

Cres C. E. (1966). Hétérosis of the hybrid related to gene frequency differences between two populations. Genetics, 53: 269-274.

Dalling M. and Peoples M. (1988). The interplay between proteolysis and amino acid metabolism during senescence and nitrogen reallocation, senescence and aging in plants node L et Leopold A. Ed. Academic Press. p. 181-217.

D'Amato F. (1989). The progress of Italian wheat production in the first half of the century, the contribution of breeders. Agr. Med. 119. P. 157-174.

David J.L.; Dusautoire J.C.; Rayanand C. and Roumet P. (1999). Heritable variation with ability to produce haploid embryos via pollinisation with maize and embryo rescue in durum whe Mat genome. 267-271.

Debacke A.J.; Nadji I.; Mahalaz K. and Shani Peacock V.I. (1996). Morphophysiological traits associated with adaptation of durum wheat to harsh mediterranean environment, aspect of applied biology. 34: 297-307.

Deghais M. (1993). Sélection de variétés de blé pour la tolérance à la sécheresse ; effet de trois méthodes de sélection sur la hauteur de la paille précocité de l'épiaison le rendement biologique et l'indice de récolte. INRA de Tunisie les colloques N°64. 773-778.

Demarly Y. (1963). Génétique des tétraploïdes et amélioration des plantes. An. Am. Des Plantes N°13 (4) p.307- 498.

Demarly Y. (1977). Génétique et amélioration des plantes Ed. Masson p. 520.

Dennis G, John D, Jean-Marc B (2012). Understanding African Farming Systems Science and Policy Implications. Australian Center of International Agricultural Research, p. 1-63.

Desimir K.; Veselinka Z.; Nevena D.; Dusan M.; Milankio P.; Daniea M.; Vesma U.; Miroslav K. et Sardian J. (2009). Harvest index and yield component in 12 Yugoslav winter wheat cultivars. Institute of agricultural research Serbia p. 312-325.

Devienne D. (1998). Notion de base génétique quantitative. Document. 219-222.

- Dickinson A.G. et Jinks J.L. . (1956). A generalised analysis of diallel crosses. *Genetics* 41: 65-77.
- Dhonukshe B. L. et Rao M. V. (1979). "Heterosis in durum wheat", *Indian J. Genet. PL Breed*, 39. pp. 285-291.
- Donmez E.; Sears R.G.; Shroyer P. et Paulsen G.M. (2001). Genetic gain in yield attributes of winter wheat. *Crop sciences*. 425: 1432-1419.
- Doussinault G. et Dosba F. (1988). Température et son influence sur la nouaison. *Rev. Agro*. N° 8(4), p. 35-43.
- Dracea I.; Butnaru G.; Nedelea G. and Moisuc A. (1966). Morphological and cytological changes determined in various wheat hybrids. *Institute Agronomic Timissora: Sci. Agron.*, 9, 105-117.
- Ducellier L. (1930). *Espèces et variétés de blés cultivés en Algérie*. Alger.
- Dunder (1976). Précis de programmation amélioration des variétés intensives de blé tendre d'hiver de Moscou V.I.R. P. 25-35.
- East E.M. (1916). Studies on size inheritance in nicotia. *Génetics*. I. 164-176.
- Ecochard R. (1961). Les bases cytogénétiques de l'introgession chez le blé. *An. Am. Des Plantes* N°11 (3) p.301- 312.
- El Fakhri M. Saïd M. ; Mounif B. et Nasserelhaq N. 2010. Effet du stress hydrique sur les caractéristiques d'enracinement du blé dur (*Triticum durum* Desf.). *Nature et Technologie* N° 3. P 6-12.
- El Haddad A. (1975). Genetical analysis of diallel crosses in spring wheat. *Egypt. J. Genet. Cytol.* 4. 174-188.
- Erroux J. (1958). Note sur les blés des Oasis du Sahara algérien. Extrait du bulletin de la société d'histoire naturelle de l'Afrique du nord T. 49 p. 180-195.
- Evans L.T. (1998). *Feeding the ten billion* Cambridge University. Press Cambridge. 13p.
- Fahkfar M.; Daaloul A. ; Rezgui S. et Yahiaoui A. (1998). Evaluation des associations entre le rendement en grain et les caractères morphologiques chez le blé dur dans les régions semi arides. *Rev. de l'institut national agronomique de Tunisie* 13(2) 43-51.
- Falconer D.S. (1972). *Introduction to quantitative genetics*. Paroliver and Royd ed. Masson et Cie. p 284.
- Falconer D.S. (1981). *Introduction to quantitative genetics*. Longman in London on New York.P. 248
- Feyerherm A.M.; Kemp K.R. et Paulsen G.M. (1989). Genetic contribution to increased wheat yield in the USA. P. 242-245.
- Feild C. et Ney H. (1986). *The photosynthesis nitrogen relationship in wild plants-* Cambridge uni presse 1986 P.25-55.
- Feliachi K.; Ameroun R. et Khaldoun A. (2001). Impact de la sécheresse sur la production des céréales cultivées dans le nord de l'Algérie. *Rev. Cerealiculture* N°35, p.28-34.
- Fischer R.A. (1985). Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *I. Agri. Sci. Camb.* 105:447-461.

- Foolad M.R. (1999). Comparison of salt tolerance during seed germination and vegetative growth in tomato by QTL mapping. *Genome* (2) 727-734.
- Fossati D. et Brabant C. (2003). La sélection des blés en Suisse. *Rev. Suisse agri.* 35 (4) 169-180.
- Fusheng Li ; Shaozhong Kang et Jianhua Zhang, 2003. CO₂ Enrichment on biomass accumulation and Nitrogen nutrition of spring Wheat under different soil nitrogen and water status. *J. of Plant Nutrition*; Vol.26, N°. 4, pp. 769-788;
- Fussel L.K. ; Bidinger F.R. et Bieler P. (1991). Crop physiology and breeding for drought tolerance research and development. *Field crop res.* 27.183.199.
- Gallagher J.N.; Niscoe P.V. et Hunter B. (1976). Effects of drought on grain growth. *Nature.* 264. 541-546.
- Gallais A. (1967) Modèle pour l'étude des effets génétiques. *An. Am. Des plantes.* N°17 (3), p. 229-241.
- Gallais A. (1974). Sur la signification de l'aptitude générale à la combinaison. *Station d'amélioration des plantes fourragères.* INRA de Lusignan. P.11.
- Gallais A. (1977). Contribution à l'étude théorique et expérimentale de l'hétérosis chez une plante allogame. Thèse doctorat d'état. Paris VI.306.
- Gallais A. (1978). Amélioration des populations, méthodes de sélection et création de variétés. Bases théoriques pour l'étude de la sélection récurrente réciproque. *An. Am. des plantes* N° 28 p. 637-666.
- Gallais A. et Bannerot H. (1992). Amélioration des espèces végétales cultivées. Objectifs et critères de sélection. Ed. INRA p. 243-260.
- Garcia Del Moral, et Ramos J.M. 1989. Identification des parametres morphologiques d'adaptation aux contraintes environnementales adaptation de l'orge dans le sud de l'Espagne. *Les colloques* N°64. INRA Paris.
- Gardner C.O et Eberhart S.A. (1966). Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. *Biometrics* 22:439-452.
- Gastel F. et Lemaire G. (1997). Nutrition azotée et croissance des peuplements végétaux cultivés en assimilation de l'azote chez les plantes. *Les colloques* N° 64 .P. 321-325.
- Gâte P. (1995). *Ecophysiologie du blé.* Ed. INRA Versailles, tome I et 2. P. 312
- Gate P. (2007). Les mécanismes physiologiques. *Rev. Pers. Agri.* N°336.
- Gate P. et Giban M. (2003). Stades du blé. *Revue Arvalis ITCEF* p. 63.
- Gate P. ; Bouthier A. ; Casabianca J. et Deleens E. (1993). Caractères physiologiques décrivant la tolérance à la sécheresse des blés cultivés en France. Interprétation des corrélations entre rendement et la composition isotopique du carbone des grains. Ed. INRA (Les colloques N°64) Paris.
- Gay J.P. (1984). *Fabuleux maïs, histoire et avenir d'une plante.* Ed. AGPM, PAU. P. 293.
- Gebhardt M. D. (1990). A note on the application of diallel crosses for the analysis of genetic variation in natural population. *J.O.P. Sciences.* 216(2) 261-266.

- Ghaouar W. (2006). Effet du cumule de pluies hivernales sur la réponse du cultivar Waha (*Triticum durum* Desf.) à la fertilisation azotée. Mémoire de Magister. INA. Université de Batna. P. 60.
- Gholamin R. et Khayatnezhad M. (2010). Study of some physiological responses of drought stress in hexaploïd and tetraploïd wheat in Iran. J. Sci. Res; 6, 246-250.
- Gill K.S.; Bhullar G.S.; Mahal G. S and Bhardwaj H.L. (1983). Gene's system governing yield and other characters in durum wheat. Genet. Agri. 37: 105-114.
- Gillet M. (1980). Les graminées fourragères. Description fonctionnement application à la culture. P. 306.
- Girard M.L., (1997). Modélisation de l'accumulation de biomasse et d'azote dans les graines de blé tendre d'hiver (*Triticum aestivum* L.), simulation de leur teneur en protéine à la récolte. Thèse de doctorat INRA. Paris. P. 135.
- Gonzalez M. et Cabrera A. (1999). Identification of wheat and tritordeum chromosomes by genomic in situ hybridization using total hordeum chuleuse DNA as probe. Genome. 42(6) 1194-1200.
- Greenwood D.J.; Lemaire G.; Gosse G.; Cruz P.; Draycott and Neeteson J.J. (1990). Decline in percentage N of C3 and C4 crops with increasing plant mass. Ann. Bot. 66. 425-436.
- Griffing B. (1956). Concept of général and spécifique combining ability in relation to diallel crossing system Abstract .J. Biol. sciences .9. P. 463-493.
- Grignac P. (1970). Amélioration de la qualité des variétés de blé dur. An. Am. des plantes N° 20. (2) p.223-235.
- Grignac P. (1978). Les blés durs. Monographie succincte. An. Am. des plantes. N°8 (2) P.33-97
- Guerif M. et Seguin B. (2001). Estimation de la biomasse et du rendement des cultures à partir du satellite spot : résultats d'une expérimentation sur blé dur en Camargue. Séminaire Méditerranéen N°4. Montpellier CIHEAM. P. 115-127.
- Hachemi M. et De Béranger (1977). Influence de l'apport de l'azote sur la qualité du grain, mitadinage et protéine. Rev. Céréaliculture N°5. p. 15-17.
- Hadj Youcef - Taïbi Y. ; Khadoun A. et Mekliche A. (2003). Étude Superlative de la tolérance à la sécheresse de 8 variétés de blé dur (*Triticum durum*. Desf) et 4 variétés d'orge (*Hordeum vulgare*), analyse de la stabilité du rendement avec étude multilocale. Rev. Céréaliculture N°38 26-31.
- Hafsi A., et Bouzerzour H., (1993). Diagnostic de comportement variétal du blé dur dans les hautes plaines de Sétif Ed. INRA Paris (Les colloques N° 63) 205-216.
- Hakimi A. et Monneveux P. (1993). Caractères d'enracinement et capacité de maintien de la turgescence chez les espèces primitives tétraploïdes de blé. Utilisation de ces caractères pour l'amélioration génétique de la tolérance à la sécheresse chez le blé dur. Ed. INRA Paris les colloques N°64. p. 234-244.
- Hamadache A. 2001. Stades et variétés de blé. Ed. ITGC.
- Hamadou D. ; Djennadi F. ; Dehnoun Z. ; Djennadi R., et Ledra M. (2012). Evaluation des opérations d'entretien des cultures céréalières : cas de la fertilisation de fond et de couverture. Rev. Céréaliculture N° 59. p. 62-68.

- Hanifi-Mekliche L. (1983). Etude agronomique, analyse diallèle et cytogénétique de 4 variétés de blé tendre cultivées en Algérie. Thèse de Magister INA El Harrach. 149 p.
- Hanifi-Mekliche L. ; Boukecha D. et Mekliche A. (2008). Analyse agronomique et génétique de quelques variétés de blé dur et de leurs hybrides F1 en conditions pluviales. Sciences et Technologie C N° 27, 9-14.
- Harlan J.R. (1976). Genetic resources of wild relatives of crops sci. 16. 329-333.
- Hayman B.I. (1954a). The theory and analysis of diallel crosses. Genetics N°39. P. 789-809.
- Hayman B.I. (1956b). The theory and analysis of diallel crosses. Genetics N°85. p. 155-171.
- Hazmoune T. (1991). Erosion des variétés de blé dur cultivées en Algérie; CIHEAM Option Méditerranéennes. P. 291-293.
- Hervieu B.; Capone R. et Abis S. (2006). The challenge posed by the cereals sector in the Mediterranean. Ciheam analytic Note N°9 P. 14.
- Hioun S.; Dekak A. et Khamar L. (2002). Effets des dates de semis et le traitement hydrique sur 12 variétés de blé dur en zone semi-aride. Rev. Céréaliculture N° 37. P 17-23.
- Hirel B. ; Bertin Quilleré I. ; Bourdoncle W. ; Attagnant C. ; Dellay O. ; Gouy A. ; Cadiou G. ; Retaillau C. ; Falque M. et Gallais A. (2003). toward a baker inder standing of the genetic and physiological basis for nitrogen use efficiency in maize. Plant physio. 125 1258-1270.
- Hill J.; Wagoire W.W.; Ortiz R. et Stolen O. (2001). Analysis of a combined F1/F2 diallel cross in wheat. Theor appl Genet (102: 1076-1081.
- Hoshino T. et Tahir M. (1987). Relationship between ear primordia development and growth attributes of wheat cultivar in dray areas of North Africa and West Asia. JARQ. 21: 226-232.
- Houassine D. (2004). Adaptation au stress hydrique de quelques variétés du blé dur (*Triticum durum* Desf.). Rev. Cereal. 42. 29- 32.
- Houshmand S. et Vanda M. (2008). Estimate of genetic parameters of grain yield and some agronomic traits in durum wheat using diallel. College of Agriculture, Shahrekord University. Iran. P 1-3.
- Huang B. et Gao H. (2000). Root characterstics associated with drought resistance in tall fescue cultivard. Crop sci. 40: 196-203.
- Ianamullah H.A.; Fida M. S.; Ghulam H. et Rahmani G. (2006). Diallel analysis of the inheritance pattern of agronomic traitsof bread wheat. Pak.J. Bot., 38(4) 1169-1175.
- Ingoat G. et Couvreur F. (1979). Du nouveau sur la croissance du blé. Extrait Rev. Perspectives Agricoles N° 32. P. 3-8.
- Institut de Développement des Grandes Cultures (1975). Les espèces et variétés de blé rencontrées et cultivées en Algérie. P. 31.
- Institut Techniques des Grandes Cultures (1980). Les varéités de blé cultivées en Algérie. P.23.
- Jaradat A. et Duwayri M. (1981). Effect of different moisiture dificits on durum wheat seld germination and seedling. Cereal. Res. Commun. 9: 55-62.

- Jedynski S. (2001). Heritability and path-coefficient analysis of yield components in spring wheat. N° 218: 203-209.
- Jeuffroy M.H. (2004). Nouveau outils de gestion de la fertilisation azotée du blé. Comment concilier rendement qualité et environnement ? INRA .UMR d'agronomie Grignon. 37-39.
- Jezequel M. (2010). Promotion de la qualité des blés durs. Forum d'Annaba. p. 4.
- Jordacijevic. (2009). Harvest index and yield component in 12 Yugoslav winter wheat cultivars. P. 312-315. Institut of Agricultural Research Serbia.
- Joshi S.K.; Sharma S.N.; Sin Ghania et Sain R.S. (2004). Combining ability in F1 and F2 generations of diallel cross in hexaploid wheat (T. a L.). Hereditas, 141: 115-121.38.
- Jouve P. et Daoudi A. (1989). Effet de la position du cycle cultural sur l'élaboration du rendement du blé et de l'orge en zones semi arides et arides marocaines Agro. Tropicales 39. (3)3 216-228.
- Justes E.; Jeuffroy M. et Mary B. (1997). Wheat barley and durum wheat in diagnosis of the nitrogen status in crops. P. 73-91.
- Kaltsikes P.J. et Schmidt, J.W. (1971). Quantitative inheritance in durum wheat. Can. J. Genet. Cytol. 13: 210-218.
- Kashif M. et Khaliq I. (2004). Heritability correlation and path coefficient analysis for some metric trait in wheat. In. J. Agri. Biol. 1. 138-142.
- Kashif M. Javed A. Chowdhry M. A. and Perveen K. 2003. Study of Genetic Architecture of Some Important Agronomic Traits in Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.). Asian Journal of Plant Sciences.708-712.
- Kayyal H. (1973). Caractéristiques agro écologiques du type variétal Haurani de *Triticum durum* Desf. et les possibilités de son amélioration. An. Am. Des Plantes 23 (3), 245-257.
- Keim D.L. et Kroustad W.E. (1981). Drought responses of winter wheat cultivars grown under field stress conditions. Crop. Sci., Vol. 21. 11-14.
- Kerby K. et Kuspira J. (1987). Biochimical data bearing on the relationships between the génom of urartu. Genome 30. 576-581.
- Khaldoun A.; Bellah F. et Mekliche L. (2006). L'obtention variétale en Algérie, cas des céréales à paille. p.82 Ed. INRA.
- Khan A.S.; Ashfak M. et Asad M.A. (2003). A correlation and path coefficient analysis for some yield components in bread wheat. Asian J. of Plant Scie. 2(8) 582-584.
- Kheredine N. et Daaloul A. (1998). Etude des potentialités genetiques de rendement en grain et des composantes de rendement et leurs relations chez 15 varietes de ble dur en Tunisie. Rev de l'institut national agronomique de Tunisie 13: 33-48.
- Kleder G. (2002). Sélection des variétés de blés pour la qualité boulangère. Revue suisse Agric. 34 (6). 253-259.
- Knezevic D. ; Zecevic V. ; Diimitrijevic M. et Petrovic S. (2001). Harvest index and yield components in 12 Yugoslav winter wheat cultivars. Annual Wheat Newsletter 47: 312-315.

- Koksal Y. (2009). Path coefficient analysis of some yield components in durum wheat (*Triticum durum Desf*). Pak J. Bot, 41 (2) 745-751.
- Kouk M. (1993). Analyse de quelques facteurs de rendement de 5 variétés de blé dur (*Triticum durum Desf*) dans des conditions de culture mémoire de 3 cycles de l'INRA. 235p. Labo. de cytogénétique. Cote d'ivoire.
- Ladraa N. et Ounane G. (2013). Qualité technologique de quelques variétés de blé dur cultivées en Algérie Rev. Céréaliculture N° 60, p 5-29.
- Lamont P. et Erroux J. (1961). Mémoire de la société d'histoire naturelle de l'Afrique du Nord. Inventaire des blés dur rencontrés et cultivés en Algérie. p. 93. Série N°5.
- Lang L.; Balla L. et Bedo Z. (1989). Hybrid wheat breeding and its perspectives Agricultural Rorschach. 121-124.
- Larik A. (1995). Heterosis and combining ability estimates in diallel cross es of six cultivars of spring wheat. Wheat inform Serv. 80. 12-19.
- Lawlor D.W. (1995). Photosynthesis productivity and environment J. exp. Bot 46. 1449-1461. Mihamou Ziyat Aatika, 1992.
- Lebail. M. (1997) Itinéraire technique et maîtrise du taux de protéines. Résultats de recherche du département système agraire et développement. INRA Façade N°8 p. 1-4.
- Lebonvallet S. (2002). Simulation de l'azote chez le blé dur et impacts des changements climatiques. Mémoire pour l'obtention du diplôme d'études approfondies. INRA d'Avignon. P.85..
- Ledent J. F. (1978). Etude interpariétales des relations entre rendement par épi et les caractères morphologiques chez le blé dur d'hiver, relation morphologique à la floraison. An. Am. Des plantes. VOL. 29. 625-640.
- Lefort G. (1977). Remarques sur la modélisation de l'interprétation des dispositifs diallèles. An. Amel des plantes. 27 (2). 171-202.
- Lefort G. (1985). Les distances génétiques estimation et application ed. INRA, France, p. 103-114.
- Lefort-Buson et Marianne Dattée Y. (1985). Etude de l'hétérosis chez le colza oléagineux d'hiver (*Brassica napus L.*) 1 Comparaison de deux populations, l'une homozygote et l'autre hétérozygote. Agronomie, 5 (2) 101-110.
- Le Gouis J. (1992). Genetic variation for nitrogen uptake and nitrogen utilisation efficiency in winter wheat (*Triticum aestivum l.*). Eur J. Agron 12 :163-173. 92 221-224.
- Le Gouis J. (2002). Etude des bases génétiques de la tolérance aux stress azotés chez le blé tendre. Rapport d'activité INRA .p. 19.
- Le Gouis, J. ; Jeuffroy M.H. ; Heumez E. ; Pluchard P. (2000). Différences variétales pour le fonctionnement du blé tendre en conditions de nutrition azotée sub-optimale. Euphytica. p. 34-39.
- Lerner I.M. (1958). The genetic basis of selection. Jojn Wiley Sons, New York. 298 p.

- Leterme P. ; Manichou, E. et Roger, J. (1994). Analyse intégrée des rendements du blé tendre et de leurs causes de variation dans un réseau de parcelles d'agriculture du Thymerais. Agr. N° 14, Elsevier INR, Pp 341-361.
- Levitt J. (1980). Responses of plants of environmental wather radiation salt and other stress. Ed. Academic press. Vol.II. 225-282.
- Lind V. (2000). Analysis of diallel crosses between wheat genotypes with genetically different resistance to *Pseudocercospora herpotrichoides* (From) Deighton. Plant Breeding 119, 449-453.
- Lints. F. (1987). Génétique Ed. Masson. P. 539.
- Lupton F.G.H. (1987). Wheat breeding its scientific basis. Chapman and hall London .P. 8.
- Maillard P. et Bonhomme R. (1998). Fonctionnement des peuplements végétaux sous contraintes environnementales. Paris ed. INRA (les colloques N° 64) Paris. P. 15.
- Maloo S. R. et Mehrotra H.N. (1984). Combining ability for grain protein content in durum wheat under normal and late planting. Indian J. Genetic., 44 (2) 266-269.
- Maloo S.R. (1987). Combining ability for grain yield and its contributory characters in durum wheat. Indian J. of Agricultural Sciences 57 (8) 535-538.
- Maria A. (1984). Heritability and correlation study of grain yield and harvest index. Field crops research 9. 109.118.
- Masle J.G. 1982. Comment se fait le rendement. Extrait de la revue agricole. p 107-116.
- Masle J.G. et Doussinault Sun, B. (1989). Response of wheat genotype to temperature and photoperiod in natural condition. Crop. Sci. (29) 712-721.
- Mather K. et Jinks. (1982). Biometrical genetics, 3rd ed. Chapman and Hall, London.
- Mayo (1980). The theory of plant breeding Clarendon. Press oxford p. 293.
- Mckey J. (1968). Species relation in triticum. Proe 2eme international wheat genetic symposium hereditas. 2: 237-276.
- Megersa G. (2014). Genetic erosion of barley in North Shewa Zone of Oromiya Region, Ethiopia. International Journal of Biodiversity and Conservation. 6(3), pp. 280-289.
- Mekliche L. et Jean R. (1993). Comparaison de la variabilité électrophorétique des hordienes des lignées DH et de la plante F2 issues d'un unique hybride inter variétal d'orge. Ed INRA, (Colloques, N°64). Paris. P. 239-354.
- Mekliche L. et Gallais A. (1999). Hétérosis genetic effets and value of F2S and doubled haploid lines in barley breeding. Rev. Agronomie 19 (1999). P 509-520.
- Mekhlouf A.; Bouzerzour H.; Benmahammed A.; Hadj Sahraoui A. et Harkati N. (2006). Adaptation des variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) au climat semi-aride; Sécheresse 17 (4): 507-13.
- Meynard J.M., Debaeke P., Dejoux J.F., Saulas P. 1994. La fertilisation azotée dans les nouveaux itinéraires techniques des lignées DH et de la plante F2 issues d'un unique hybride inter variétale d'orge. Ed. INRA Paris. Les Colloques N°4). 6, 426-430.

- Messiaen C. 1981. Les variétés résistantes, méthodes de la lutte contre les maladies et ennemis des plantes. Édition INRA Paris.
- Meziane A. (2002). Contribution à la détermination de caractères d'adaptation de blé dur. Rev. Céréaliculture N°37. P. 14-16.
- Mihamou Ziyat A. (1992). 1. Réaction aux températures élevées du blé tendre (*Triticum aestivum* L.) au cours de l'androgenèse in vitro et conséquences sur la physiologie des plantes régénérées.
2. Recherche sur les méthodes de production d'haploïdes doubles de blé dur (*Triticum durum* Desf.). Thèse pour l'obtention du grade de docteur en science Université Paris Sud Centre d'Orsay. P. 200.
- Monneveux P. (2002). Bilan d'activité du laboratoire sur le thème amélioration de la tolérance à la sécheresse du blé dur. UER de génétique et amélioration des plantes. ENSA-INRA de Montpellier.
- Morel R. (1996). Les sols cultivés. Deuxième édition Lavoisier P. 188-197.
- Morris R. et Sears E.R. (1967). The cytogenétique of wheat and its relatives. Society of agronomy. Madison wisc. P. 19-87.
- Mousseddaq F. et Moughli L. (1999) : Fertilisation azotée des céréales I. Agro et Vétérinaire Hassan II Madrpm/Derd. N°62(4). 132-142.
- Nabi T.G. ; Chowdhry M.A. ; Aziz K. et Bhutta W.M. (1998). Interrelationship among some polygenic traits in hexaploid spring wheat (*Triticum aestivum* L.) Pakistan J. Biol Sci. 1. 299-302.
- Nachit M.M. et Jarrah M. (1986). Association of some morphological characters to grain yield in durum wheat under Mediterranean dryland conditions rachis 5. 33-35.
- Najimi B.; El-Jaafari S. ; Jlibenr M. et Jacquemin J.M., 2003. Application de marqueurs moléculaires dans l'amélioration du blé tendre pour la résistance aux maladies et aux insectes. Biotechnol. Agron. Environ. 7:17-35.
- Naresh Pratap Singh; Pramod Kumar Pal et Sandeep Kumar V. (2014). Morpho-physiological of Indian wheat genotypes and their evaluation under drought condition. Afr J. of Biot N° 13(20), p. 2022-2027.
- Narwal N. ; Verma P.K. et Narwal M.S. (1999). Genetic variability, correlation and path coefficient analysis in bread wheat. India Agri. Sci. Digest, Karnal. 19: 73-76.
- Nastasi V. 1964. Wheat production in Ethiopia. Improv. (FAO), 1 (3).
- Nelson C. (1994). Nitrogen use within the growing leaf blade of tall fescue. Plant Physiol. P. 191-197.
- Negassa M. (1986). Estimates of phenotypic diversity and breeding potential of Ethiopian wheats. Hereditas 104: 41-48
- Nolo J.M. (1993). L'analyse des interactions génotypes environnement : l'approche agro physiologique. Les colloques. N° 64. Ed INRA Paris.
- Office Algérien Interprofessionnel des Céréales, Note de conjoncture. (2015) p. 24.
- Okamoto M. (1957). Asynaptic effect of chromosomes V wheat inf serv. 5-6.
- Orlov A.A., (1923). The geographical center of origin and the area of cultivation of durum wheat. Bull. Of applied botany and plant breeding, 13th, v. 1. Petrograd. P. 63.

Osteroom V.E.; Ceccareli S. et Peacock J.M. (1993). Yield response of barley to rainfall and temperature in Mediterranean environment. *J. Agri Sci* 121: 307-313.

O'toole J.C. et Gruz R.T. (1980). Responses of leaf water potential stomatal resistance and leaf rolling to water stress. *Plant physiology* 51: 993-997.

Ourry F.; Brabant P.; Pluchard P.; Berard P. et Rousset, M. 1993. Etude de la supériorité des blés hybrides au niveau des capacités de remplissage du grain d'une expérimentation multi locale. *Agronomie N° 13*. 381-393.

Paquet J. (1961). Etude de quelques problèmes posés par une sélection pour le nanisme chez le blé tendre. *An. Am. des plantes* 18 (3) p. 237-260.

Paquet J. (1968). Action d'une élévation brusque de température sur l'évolution de la teneur en protéines du grain de blé tendre. *An. Am. des plantes* 18(1), 17-27.

Pasqualone A.; Lottic Bruno A. et Devita P. (2000). Use of issr markrs of cultivars identification in durum Wheat CIHEAM-option méditerranéennes. p157.161.

Pepe J.F. et Welsh H.R. (1979). Soil water depletion patterns under dryland field conditions of closely related height lines of winter wheat. *CROP Sci.* 19: 55-62.

Perkins J.M. et Jinks J.L. (1968). Environnement and génotype environnemental components of variability III Multiples lines and crosse H23. 339.356. *Heredity*.

Picard E. (1991). Stratégies de sélection pour les céréales. Intégration de biotechnologie en amélioration des céréales. Conférence de Saragosse. INRA/ICARDA. P14.

Pochaba L. Wegrzyn S. (2001). Variability of some characters in winter wheat and their relations. *Pak. J. Agric. Sci.*, 19: 145-153.

Porceddu E. and Pérrino P. (1983). Wheat in Etyhopia preliminary. Report of a collecting mission. 33-36.

Qixin Sun L.; Wu Zhongfu N.; Faurong M. Z.W. et Zhan Lin. (2004). Differential genes expression patterns in leaves between hybrids and their parental inbreds are correlated with heterosis in a wheat diallel cross. 166: 651-657.

Rachidi M.F. (2003). Les céréales en Algérie. Problématique et options de reforme. *Rev. Céréaliculture.N°38*, p. 12. 19.

Ranvir Singh G.S.; Bhullar K.S. Gill et Mahal G.S. (1982) Combining ability in durum wheat. *Indian J. Genet.* 43:134-140.

Reed A.; Bellow F. et Hagenam R. (1980). Grain protein accumulation and the relationship between leaf intrate reductase and proteas activités du ring grain development in maize. *Variation Between genotypes- physio.* P. 164-170.

Richard R.A.; Rebtzk G.J.; Van Herwaardlen A.F.; Dugganb B.L. et Gondon A.G. (1997). Improving yield in ranfed environment troughth physiological plant breeding. *Dryland agriculture.* 35: 254-266.

Riggs T. et Hayter M. (1973). Diallel analysis of the number of grains per year in spring barley. *Heredity* 31 (1) p 95-105.

Roumet (2006). Rapport de recherche sur le blé à la station de Montpellier. 23p.

Sadeghian S.Y. et Khodai H. (1988). Diallel cross analysis of seed germination traits in sugar beet. *Euphytica* 103. 259-263.

Salem S. A. (2009). Hétérosis and combining ability in a diallel cross of eight faba (*Vicia faba* L.) Genotypes. *Asian journal of Crop Science* 1(2): 66-76.

Sasukuma T.; Maan S.S. et Williams N.D. (1978). EMS induced male sterility in emplasmic and alloplasmic common wheat. *Crop Sci.* 18: 850-853.

Schmidt J.W. (1984). Genetic contributions to yield gains in wheat. In genetic contributions to yield gains five major crop plants. Madison, 89-101.

Schwendiman J. et Cateland B. (1976). Méthodologie pratique pour l'analyse d'un croisement diallèle. Labo de cytogénétique, Cote d'Ivoire. 40 p.

Scofield S. (1902). The Algerian durum wheat. Washington. P.6.

Sedcole J.R. (1980). A review of the theories of hétérosis. *Egypt. J. Genet. Cytol.* 10 (2), 117-146.

Sehebi M. et Mekliche L. 2001. Comparaison de l'effet du stress hydrique sur le rendement, les composantes du rendement et l'indice de récolte chez quelques variétés d'orge et leur descendance (F). *Céréaliculture.* 36, 44-49.

Seki M.; Namacaka M.; Ishida J.; Nanjo T. et Fujita M. (2002). Monitor the expression pattern of 7000 arabidopsis genes under drought, cold and high. Stress using a fulllength CDNA microarray. *Plant J.* 31. 279-292.

Selles F. et James D. (2000). Gestion du rendement et de la teneur en protéines par l'application d'engrais azoté en couverture. *Agroalimentaire.* Canada. P.7.

Selmi R. (2005). Fin du mythe de l'autosuffisance alimentaire et place aux avantages comparatifs. *Rev. Afrique Agriculture.* N°280, p. 30-32.

Shou Fu X.; FengJun W. and Runsheng J. 1997. Correlation analysis of several quantitative characters of barley. *Barley Genetics Newsletter:* p.27.

Simane B.; Peacock J.M. et Struik P.C. (1993). Differences in development plasticity growth rate average drought, resistant and susceptible cultivars of durum wheat (*Triticum durum* L. *Var durum*). *Plant and soil* 157: 155-166.

Simon H.; Codaccioni P. et Lecoeur X. 1989. Produire les céréales à paille, Agriculture d'aujourd'hui, science, techniques, applications. Ed J.B. Ballière ; 333p.

Simpson G.M. (1968). Association between grain yield per plant and photosynthetic area above the leaf in wheat. *Can. J. Plant Sci.* N°48. P. 253-260.

Sinclair T.R. (1998). Historical changes in harvest index and; crop nitrogen accumulation-crop. *Sci* 38.638-643.

Singh D. (1973). Diallel analysis for combining ability over several environments. *Indian J. Genet.* 33: 469-481.

- Singh M. et Singh R. K. (1984). A comparison of different methods of half-diallel analysis. *Theor-appl. genet* 323-326.
- Somerville C. et Somerville S. (1999). Plant functional genomics, *Sciences* 285: 380-383.
- Sourour A. et Slim-Amara H. (2008). Distribution and phenotypic variability aspects of some quantitative traits among durum wheat accessions. *Africa Crop Science Journal*, Vol 16 N° 4, p ; 219-224
- Spagnoletti Zeuli P.L. ; C. De Pace et Porceddu, E. (1985). Variation in durum Wheat populations from different geographical origins. *Z. Pflanzenzuchtg.* 94. 177-191.
- Staford R.E. et Seiler G.J. 1986. Path coefficient J. analysis of yeild components in guar. *Field Crops Research.* 14. 171-179.
- Stanger T.F.; Lauer J.G. et Chavas J.P. (2008). The profitability and risk of long terme cropping system featurity different rotation and nitrogen rotes *J. Agron.*100. 105-113.
- Stoddard F.L. (2003) Genetics of starch granule size distribution in tetraploid and hexaploid wheat. *Australian journal of agricultural Research* 54: 637-648.
- Studeto P.; Alvino A.; Maglinlo V. et Sisto L. (1986). Analysis of the physiological and reproductive response of five wheat varieties under rainfed and irrigated conditions in southern Italy in drought resistance in plants: physiological and genetic aspects. *EEC. Mtg Amalfi* 19. 131-149.
- Subhani G.M. et Chowdhry M.A. (2000). Correlationand path coefficient analysis in bread wheat under drought stres and normal condition. *Pakistan J. biol. Sci.* 3 72-77.
- Thomas A. (1987). Analyse diallèle, utilisation et interprétation des méthodes d'analyse diallèle. *Cours ENSA Montpellier* p.11.
- Topal C. ; Aydin N.; Akgun M. et Babaoglu M. (2004). Diallel cross analysis in durum wheat (*triticum durum* Desf.) identification of best parents for some kernel physical features. *Field Crops Research* 87. 1-12.
- Triboi E. et Ntonga J. (1997). Effet de l'azote et du rayonnement sur le developement des feuilles et de l'épi chez le blé d'hiver, mise en place de l'appareil foliaire et de la structure de l'épi. *Rev. Agronomie* 13, 235-265.
- Trottes M. et Luarent S. (1999). Sélection reccurrente des plantes exemple le blé tendre *Am. Des plantes* p. 51-63. INRA.
- Tubiello FN, Donatelli M, Rosenzweig C, Stockle CO (2000). Effects of climate change and elevated CO2 on cropping systems: model predictions at two Italian locations. *European Journal of Agronomy.*13, 179-189.
- Uddin M.J.; Mitra B.; Chowdhory M.A.Z. et Mitra B. (1997). Genetic parameters correlation path coefficient and selection indiles in wheat Bangladesh *J. Sci.Industrial Res.*32:528-538.
- Upadhyay M.P. et Paulsen G.M. (1988). Heritability and genetic variation for pre harvest sprouting in progenies. *Euphytica* 38: 93-100.
- Valdeyron G. (1961). Génétique et amélioration des plantes. Ed. J. Ballière et fils Paris p. 127-242.

- Van Ginkel M. et Scharen A.L. (1988). Diallel analysis of resistance to *Septoria tritici* isolates in durum wheat. *Euphytica* 38: 31-37.
- Verma P.K. et Luthra O.P. 1983. Hétérosis and combining ability analysis for yield and its attributes in macaroni wheat. *Indian J. agri. Sci.* 53 (6): 385-389.
- Verma P.K.; Luthra O.P.; Paroda R.S. et Sharma G.D. (1984). Genetic of yield and its component characters in durum wheat. *Cereal research Communication*. Vol. 12 N° 3-4.
- Verrier E. Brabant Ph. et Gallais A. (2001). Cours d'amélioration des plantes. INAPG, p. 101-124.
- Vilain M. (1989). Production végétale T2. La maîtrise technique de la production. Ed. J. Ballière et fils Paris p. 245-279.
- Wagoire W. (1999). Impact of genotype-environment interactions on the inheritance of wheat yield in low-yielding environments *Euphytica* 105/17623.
- Wardlaw I.F. and Willenbrink I. (2000). Mobilization of frustum reserves and changes in enzymes activities in wheat stress correlate, with wather stress during kernel filling. *New physiologist* N°148. P 413-422.
- Wladyslaw Long. (1988). A diallel analysis of useful traits of spring wheat (*T. Aestivum* L. Ssp vulgar) hybrids. *Genetica Polonica*. VOL 29. N°3-4.
- Yildirim M.; Bahar B; Genc I.; Hatipoglu R. and Altintas S. (2008). Reciprocal effects in anther cultures of wheat hybrids. *Biologia plantarum* 52(4): 779-782.
- Yan W.; Hunt L.A.; Sheng Q. et Szlavnic Z., (2000). Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GE biplot. *Crop Sci.*, 40, 597-605.
- Yuksel K. and Mevlut A., 2014. Effects of genotype and environment on grain yield and quality traits in bread wheat (*T. aestivum* L.) *Food Sci. Technol Campinas* vol.34 N.2.
- Zaghouane O. (2012). Conditions de développement de la campagne céréalière 2011-2012 et impact sur la production et la productivité. *Rev. Céréaliculture* N°59. P. 6-23.
- Zarkouna M.T. (1985). Etude de quelques critères de sélection pour le rendement chez le blé (*Triticum aestivum* L.), à l'aide d'un croisement diallèle entre 7 cultivars.

ANNEXES

Annexe 1. Analyse de la variance des différents caractères des parents en première année

Caractères	C.M			C.V (%)
	Génotype (ddl = 5)	Bloc (ddl= 1)	Résiduelle (ddl = 5)	
Cycle végétatif	228,68***	80,08	12,68	2,20
Semis - levée	0,73*	1,33	1,73	4,31
Tallage-montaison	9,35*	4,08	1,48	2,85
Montaison - épiaison	88,73**	0,33	5,53	5,10
Floraison - maturité	6,28**	24,08	0,28	1,00
Rendement en paille	11511,51***	8,55	73,21	0,9
Rendement en grains	38682,00***	197,42	126,93	3,7
Biomasse maturité	70959,55***	0,09	301,93	1,4
Indice de récolte	74,93**	8,33	2,73	7,00
Talles herbacées	7,21*	0,97	0,13	5,10
Nombre d'épis	1,55*	0,55	0,11	10,50
Longueur de la paille	620,56***	1,35	2,52	1,70
Longueur de la feuille étendard	41,83***	0,52	0,47	4,4
Longueur du col de l'épi	194,25***	0,10	0,67	3,70
Poids de mille grains	18,44ns	14,74	2,30	4,80
Nombre de grains par épi	45,05ns	0,36	4,12	6,90
Poids des grains de l'épi	0,59***	0,01	0,02	3,10

*, ** et *** significatif à $p < 0,05$, $p < 0,01$, $p < 0,001$ respectivement, ns = non significatif

Annexe 2. Analyse de la variance des différents caractères des parents en deuxième année

Caractères	C.M			C.V%
	Génotype (ddl = 5)	Bloc (ddl= 1)	Résiduelle (ddl = 5)	
Cycle végétatif	153,93***	8,33	18,93	2,60
Semis - levée	2,00ns	1,33	0,93	4,40
Tallage-montaison	6,73ns	0,33	1,73	2,50
Montaison - épiaison	65,20**	1,33	6,13	6,70
Floraison - maturité	1,73*	5,33	1,53	2,40
Rendement en paille	5680,17***	443,45	215,39	1,5
Rendement en grains	18734,51***	29,95	91,19	3,5
Biomasse maturité	19114,42***	0,04	51,51	0,6
Indice de récolte	79,75**	4,08	3,88	8,1
Talles herbacées	7,53**	0,21	0,77	13,90
Nombre d'épis	2,99**	0,50	0,44	18,90
Longueur de la paille	283,34***	1,35	2,52	1,70
Longueur de la feuille étendard	35,96**	1,53	0,76	6,00
Longueur du col de l'épi	187,48***	2,01	0,40	2,90
Poids de mille grains	14,98**	8,50	4,38	6,40
Nombre de grains par épi	75,45**	0,92	1,17	4,00
Poids des grains de l'épi	0,28**	0,01	0,01	5,10

*et ** significatif à $p < 0,05$, $p < 0,01$ respectivement, ns : non significatif

Annexe 3. Analyse de la variance des différents caractères des parents des deux années

Caractères	C.M				C.V (%)
	Génotype (ddl = 5)	Environnement (ddl = 1)	Génotype* Environnement (ddl = 5)	Effet blocs ddl = 2	
Cycle végétatif	416,94***	2,34	3,31	13,04	2,20
Semis-levee	2,17ns	0,17	0,57	1,37	5,20
Tallage-montaison	15,54**	0,04	0,54	1,71	2,40
Montaison-épiaison	149,57***	4,37	0,17	4,17	5,50
Floraison maturité	6,24ns	1,78	0,37	3,21	3,40
Rendement en paille	41117,062***	58,188***	59558,705***	455,757	74,98
Rendement en grain	340223,580***	1353,602***	6367,214***	207,428	3,94
Biomasse maturité	273849,619***	5401,800***	140215,08***	18,463	11,50
Indice de récolte	626,665***	10,454**	147,132***	29,242	3,95
Talles herbacées	59,926***	1,972*	0,176*	1,462	26
Nombre d'épi	21,817***	0,167*	1,024*	1,308	46,4
Longueur de la paille	6378,556***	6,263**	6,737**	5,222	5,20
Longueur de la feuille E,	750,304***	78,048***	69,245***	7,325	42
Longueur du col de l'épi	1937,447***	1,368*	1,725*	3,337	11
Poids de mille grains	171,831***	10,127**	3,449**	25,781	17,80
Nombre de grains par épi	350,961***	46,510**	251,591***	1,278	18,23
Poids des grains de l'épi	4,106*	0,007ns	0,213ns	0,070	13,36

*, ** et *** significatif à $p < 0,05$, $p < 0,01$, $p < 0,001$ respectivement, ns : non significatif

Annexe 4. Coefficients de variation génétique et héritabilité des différents caractères calculés sur les deux années au niveau des parents

Caractères	Coefficient de variation Résiduelle	Coefficient de variation Génétique	Héritabilité au sens large
Talles herbacées	8,12	25,49	0,946
Nombre d'épis	14,63	30,26	0,823
Longueur de la paille	1,57	19,52	0,995
Longueur de la feuille étendard	15,55	43,04	0,803
Longueur du col de l'épi	3,49	44,68	0,995
Poids de mille grains	5,65	9,06	0,809
Nombre de grains par épi	5,77	7,90	0,158
Poids des grains de l'épi	4,24	26,09	0,891
Rendement en paille	1,25	0,15	-0,181
Rendement en grain	3,53	43,18	0,960
Biomasse totale	1,25	6,52	0,321
Indice de récolte	24,69	21,28	0,437

Annexe 5. Analyse de la variance des différents caractères des hybrides F₁

Caractères	C.M			C.V (%)
	Génotype (ddl = 29)	Bloc (ddl=1)	Résiduelle (ddl = 30)	
Talles herbacées	1,82*	3,18	0,78	13,20
Nombre d'épis	0,46ns	0,05	0,39	18,20
Longueur de la paille	128,36***	16,40	106,12	11,70
Longueur de la feuille étendard	17,04***	0,01	0,71	5,50
Longueur du col de l'épi	76,63***	0,18	0,42	3,30
Poids de mille grains	47,43***	0,75	0,60	2,70
Nombre de grains par épi	25,31***	0,16	0,60	3,00
Poids des grains de l'épi	0,24*	0,01	0,01	3,10
Rendement en paille	20642,53***	89,00	161,78	1,70
Rendement en grains	11939,45***	16,16	29,50	2,60
Biomasse totale	41129,93***	55,00	43,66	0,70
Indice de récolte	69,37**	0,07	0,38	2,90

*et *** significatif à p<0,05 et p<0,001 respectivement, ns : non significatif.

Annexe 6. Analyse de la variance des différents caractères des hybrides F₂

Caractères	C.M			C .V %
	Génotypes (ddl = 29)	Blocs (ddl = 1)	Génotypes /Bloc (ddl = 29)	
Talles herbacées	95,34***	16,63	1830,50	6,86
Nombre d'épis	33,90***	0,01	24,05	6,32
Longueur de la paille	7047,07***	10,17	10110,41	5,48
Longueur de la feuille étendard	298,20***	8,89	186,31	6,75
Longueur du col de l'épi	480,50***	95,26	214,39	7,90
Poids de mille grains	948,62***	210,68	1332,11	5,60
Nombre de grains par épi	763,76***	41,67	1017,98	5,56
Poids des grains de l'épi	5,46ns	0,07	7,16	5,42
Rendement en paille	10638,19***	377,25	707,53	3,00
Rendement en grains	30860,12***	100,56	42,56	1,70
Biomasse totale	40876,46***	209,13	241,47	1,60
Indice de récolte	2302,20***	45,06	929,69	3,36

*, ** et *** significatif à p<0,05, p<0,01, p<0,001 respectivement, ns : non significatif

Annexe 7. Corrélations entre les composantes de la biomasse et de l'indice de récolte en F₁ et F₂

Hybrides	Composantes de la biomasse	Rendement en paille	Rendement en grains	Biomasse Totale	Indice de récolte
F ₁	Rendement en paille	1	0,050	0,710**	-0,344
	Rendement en grains		1	0,662**	0,903***
	Biomasse totale			1	0,294
	Indice de récolte				1
F ₂	Rendement en paille	1	0,085	0,686**	-0,228
	Rendement en grains		1	0,784**	0,923***
	Biomasse totale			1	0,532**
	Indice de récolte				1

** et *** significatif à p<0,01, p<0,001

Annexe 8. Analyse de la variance d'AGC et d'ASC au niveau F₁

Caractères	C.M						C.V (%)
	AGC (ddl=5)	ASC (ddl=9)	Effets réciproques		Traitements (ddl=29)	Blocs (ddl=1)	
			Généraux (ddl=5)	Spécifiques (ddl=10)			
TH	6,56***	0,94ns	0,67ns	0,80ns	1,81**	0,54ns	0,857
NE	2,26**	0,38 ns	0,53 ns	0,21ns	0,67*	0,31 ns	0,997
LP	344,97***	154,64**	66,93**	64,73**	141,33***	7,34*	0,469
LFE	31,92***	9,22*	13,78**	18,47 **	17,11***	3,30 ns	0,832
LCE	263,05***	76,37**	23,22**	13,22**	77,62***	0,23 ns	1,874
PMG	40,20***	58,38**	17,42**	73,41**	53,37***	1,56 ns	0,503
PGE	39,27***	14,72*	40,62**	13,61**	23,04***	59,82**	11,74
NGE	9,28**	38,78**	12,96*	31,72*	26,81***	0,07 ns	0,261
IR	95,06***	72,78**	103,51**	29,31**	66,93***	1,02 ns	8,196

*, ** et *** significatif à p<0,05, p<0,01, p<0,001 respectivement, ns : non significatif

Annexe 9. Analyse de la variance d'AGC et d'ASC au niveau F₂

Caractères	C.M						C.V (%)
	AGC (ddl=5)	ASC (ddl=9)	Effets réciproques		Traitements (ddl=29)	Blocs (ddl=1)	
			Généraux (ddl=5)	Spécifiques (ddl=10)			
TH	5,66**	2,19ns	18,50*	6,07*	6,94*	2,51ns	0,669
NE	1,82*	4,03ns	5,30*	1,35ns	2,94ns	2,13 ns	0,609
LP	115,38***	203,29***	166,20**	245,77**	196,39**	17,87*	0,291
LFE	3,99*	6,99ns	13,63*	5,27*	7,03*	2,74ns	0,319
LCE	60,73***	19,49*	9,99*	20,32**	81,25**	29,51*	1,174
PMG	69,61***	22,18**	15,21*	38,94**	35,03**	17,45*	0,629
PGE	16,60**	16,77**	14,02*	15,97**	15,99*	33,15*	3,926
NGE	161,01***	55,37**	36,72**	25,89**	60,20**	0,98 ns	1,061
IR	924,07***	353,07***	70,30**	215,26***	355,00***	1,96 ns	1,690

*, ** et *** significatif à p<0,05, p<0,01, p<0,001 respectivement, ns : non significatif

Annexe 10. Estimation des rapports AGC/ASC en F₁ et F₂

Caractères	F ₁			F ₂		
	AGC (1) $\frac{1}{5} \sum g_i^2$	ASC (2) $\frac{2}{18} \sum S_{ij}^2$	(1)/(2)	AGC (1) $\frac{1}{5} \sum g_i^2$	ASC (2) $\frac{2}{18} \sum S_{ij}^2$	(1)/(2)
Talles herbacées	0,915	0,635	1,44	0,355	0,044	8,07
Nombre d'épis	0,222	0,174	1,28	0,105	1,628	0,06
Longueur de la paille	33,635	73,006	0,46	7,936	83,632	0,09
Longueur de la feuille étendard	3,098	4,090	0,76	0,324	3,117	0,10
Longueur du col de l'épi	26,140	37,361	0,70	6,058	9,669	0,63
Poids de mille grains	3,903	28,608	0,14	6,938	11,127	0,62
Nombres de grains par épi	0,825	18,872	0,04	6,92	23,586	0,29
Poids des grains de l'épi	2,870	2,072	1,38	0,964	4,902	0,20
Rendement en grain	0,147	0,306	0,48	0,307	1,009	0,30
Indice de récolte	9,439	36,058	0,26	92,284	175,920	0,52

Annexe 11. Corrélations entre les différents caractères des hybrides F₁

Caractères	TH	TE	LP	LFE	PMG	NGE	PGE	LCE	IR
TH	1	0,369*	-0,113	0,140	-0,060	0,179	-0,211	-0,124	0,545**
NE		1	-0,094	0,076	-0,133	0,340	-0,116	-0,311	0,717**
LP			1	0,022	0,092	-0,145	0,186	0,436*	-0,372*
LFE				1	0,091	0,350	0,045	0,375*	0,150
PMG					1	-0,049	0,100	0,342	0,210
NGE						1	-0,193	0,168	0,308
PGE							1	0,360	-0,090
LCE								1	-0,228
IR									1

*, ** significatif à p<0,05 et p<0,01 respectivement

Annexe 12. Corrélations entre les différents caractères des hybrides F₂

Caractères	TH	TE	LP	LFE	PMG	NGE	PGE	LCE	IR
TH	1	0,342	-0,203	0,248	-0,105	0,001	0,051	0,135	0,243
NE		1	-0,307	-0,105	-0,114	0,449*	-0,031	-0,466**	0,845**
LP			1	0,091	0,197	-0,487**	-0,188	0,495*	-0,362*
LFE				1	0,296	0,047	0,257	0,332	-0,041
PMG					1	-0,055	0,004	0,511**	-0,065
NGE						1	0,064	-0,255	0,740**
PGE							1	0,034	0,021
LCE								1	-0,343
IR									1

*, ** significatif à p<0,05 et p<0,01 respectivement

Annexe 13. Numéros des croisements

Hybrides	Numéro	Hybrides	Numéro	Hybrides	Numéro
AR/EX	1	H3/EX	11	AR/AC	21
AC/EX	2	H3AR	12	AR/NE	22
AC/AR	3	H3/AC	13	AR/GE	23
NE/EX	4	H3/NE	14	AR/H3	24
NE/AR	5	H3/GE	15	AC/NE	25
NE/AC	6	EX/AR	16	AC/GE	26
GE/EX	7	EX/AC	17	AC/H3	27
GE/AR	8	EX/NE	18	NE/GE	28
GE/AC	9	EX/GE	19	NE/H3	29
GE/NE	10	EX/H3	20	GE/H3	30

ملخص

، اثنان منها محلية و ذات ساق طويلة ومؤشر (*Triticum durum Desf.*) اعتمادا على ستة أصناف من القمح الصلب (هذه الأنماط .) Nanisme قصيرة مستوردة من فرنسا و تحتوي كذلك على جينات التقصير (حصاد ضعيف و الباقي منها ذات ساق الواقعة بمنطقة شبه جافة في الوراثة تحتوي على تنوع وراثي هام. البذر أنجز في محطة البحث بمعهد تقنيات الزراعات الكبرى، إن نتائج الدراسة المقارنة للدورة النباتية بين الأصناف سهل الشلف العالي. الأصناف الستة تم بذرها كلية في مجموعات "اعتباطية". المحلية و الأصناف المستوردة بينت بكرية الأصناف المستوردة التي تتخلص في مرحلة صعود الساق و خروج السنبله ، حيث كانت المدة قصيرة مقارنة مع الأصناف المحلية.

و حسب نتائجنا فإن الدورة النباتية بدت متأثرة بالعوامل الوراثية أكثر من تأثرها بعوامل المحيط. في حين أنّ الأصناف المحلية لم تتأثر في تركيبة مرد وديتها خاصة فيما تعلق بعدد حبات السنبله أو بوزن الألف حبة و ذلك خلال سنتين متتاليتين، الأولى عرفت جفافا في آخر الدورة و الثانية كانت ممطرة.

. (n-1) كامل بين الأصناف الستة، حسب المعادلة التالية diallèle) أثناء خروج السنبله أجرينا تهجينا مختلف اللواقح (لكل تصالب، و هذه الأخيرة (القمحات) بعد بذرها مرة f1 بعد جني السنبال الملقحة تحصلنا ما بين 5 إلى 12 قمحه في الجيل الأول (المتحصل عليها بينت وجود اختلافات معتبرة لمجمل f2 و f1). وفحص السنتين هجينا (f2 أخرى أعطت قمحات الجيل الثاني (النماذج المدروسة.

(يُحتمل أن يعود إلى التنوع الموجود في الأنماط الوراثية المجرب عليها. فارق التهجين hétérosis ظهور فارق التهجين (فإنّ .) EX/H3 و NE/H3 ، NE/GE % ملاحظ عند العناصر الهجينة التالية (19 السالب لطول الساق الذي يتراوح ما بين 13% و العمل الإضافي للجينات السائدة الموجودة في ذات التأثير الموجب للصنفين قم قوم الرخام و حذبة 3 المتحذبة تفوق الجينات إن تراجع الساق) هي التي يحتمل أن كانت سبب الحصول على هجينات ذات الساق القصير. Néfer ، Ardent الأصناف الوراثية (H3 و H3/EX. و GE/EX/NE و F2 و F1 متبوع بزيادة مؤشر الحصاد في العناصر الهجينية

العالية الملاحظة عند الأصناف المحلية (AGC) لم يتغير من الجيل الأول إلى الجيل الثاني. فالـ (AGC) إنّ ترتيب الـ تبين حضور عناصر إضافة عند التعبير عن الخصائص التالية : طول الساق، طول الورقة الأخيرة ، طول عنق السنبله ، وزن الألف (ASC) أعلى من مربعات المحيد النموذجي (variance AGC) مربعات المحيد النموذجي (قمحة وأخيرا منتج القطعة الواحدة. و هذا ASC أكثر ارتفاعا من مربعات المحيد النموذجي AGC إنّ النتائج تبين مربعات المحيد النموذجي في الـ عند كل الخصائص. لأنواع المختلفة و كذلك الدور الذي تلعبه AGC ما يكشف عن دور العناصر الإضافية، و في هذا الحال فإنّ التناسبات الملاحظة بين (تظهر وجود مورثات هي المسؤولة عن التعبير عن الخصائص additivité.الإضافة الجينية)

عند السمات طويلة العنق للسنبله، وزن الألف قمحة و طول ورقة الأخيرة يدعم AGC/SCE إن التناسبات العالية لـ خصائص AGCF2/AGCF1 إنّ التناسبات بين الفكرة التي هي أنّ تعبيرات هذه الخصائص هي تحت تأثير العناصر المضافة. التفرخ الخضري و التفرخ السنبلي و عدد قمحات السنبله تعبيرها تتحكم فيه عوامل الوسط.

من خلال النتائج المتحصل عليها، نستطيع أن نضع خطاظة الانتقاء من أجل الحصول على هجائن تتضمن مؤشر البذر، ساق قصيرة و وزن الألف حبة المرتفع الذي يستدعي الأنماط الوراثية قم قوم الرخام و حذبة 3 التي تظهر قابلية التحسن هامة زيادة التي أعطت نتائج معتبرة. يجب H3/EX و H3 و GE/EX/NE على عاملية الإضافة لهذه الخصائص. مخطط انتقاء الهجائن إن تحسين التفرخ السنبلي و عدد قمحات السنبله حسب تأكيد الأهداف المسطرة في تقليص طول الساق و زيادة مؤشر الحصاد. التي هي قابلة للتحسن بالنسبة لهذه الخصائص (Ardent, Excalibur et Nefer) دراستنا يستحسن استعمال الأصناف

Summarizes

From six varieties of durum wheat (*Triticum durum* Desf.), two local high straw and a low harvest index and four other introduced short straw imported from France, a diallel cross was carried out. These genotypes contain important genetic diversity. The test was conducted in a complete random block experimental design with three replications at the level of the Institute Techniques des Grandes Cultures of Khemis Miliana research station, located in the semi arid region the Chelif top.

The results of the comparative study of vegetative cycles between genotypes, shows a precocity of introduced a variety which is due to the duration of the phase bolting-inflorescence very short compared to landraces. According to our results, the vegetative cycle appears to be influenced by the varietal effect. The end of the first cycle drought did not affect the number of grains per Spike and thousand grain weight of local varieties unlike those of introduced varieties.

Just at the time of the release of their last sheath cobs, we conducted complete diallel hybridization between six varieties, according to the conventional formula $n(n - 1)$. This operation has resulted in the obtaining of 30 crosses. For each we got between 5 and 12 seeds forming the seed of the first generation. These seeds have been seeding and collected in second generation. Statistical tests of the first hybrids (F_1) and second generation (F_2), showed significant differences for all of the characters examined.

The development of heterosis is probably the result of the diversity found among the genotypes of the test. Negative heterosis of the height of the straw between -13% and -19% is noted in the hybrids GE/EX, NE/H3 and H3/EX in F_2 . The preponderance of recessive genes to affirmative action by Guem gum Erksam and Hedba3 as well as additive action of dominant genes of the Excalibur and Nefer genotypes probably favored getting short straw hybrids. Straw and the col de spike, regression has been accompanied by an increase in harvest in the combinations index: GE/EX, NE/H3 and H3/EX to second generation (F_2), this can be explained by the negative regression of $= -0,372 *$ found between harvest index and the length of the straw. Opportunities for transgressions are possible in F_1 and F_2 for the characters number of cobs, straw length, 1000-grain weight and weight of the grains of the spur.

Variety Nefer and four of his descendants ((AR/NE, NE/AR, GE/NE and AC/NE)) in F_1 and F_2 are at the top of the rankings for the character number of grains per spike. Recombination between genotypes Nefer, Acalou on the one hand and Guem gum Erksam on the other hand can give promising results concerning the number of grains per spike.

Characters grass tillers, length of straw, neck of the spur length, thousand kernel weights and harvest index recorded the significant effects of AGC in F_1 and F_2 reveal additive effects in their gene expression. These additive effects are confirmed by Hayman analysis only in the length of the straw, the Spike grain weight and harvest index.

Résumé

A, partir de six variétés de blé dur (*Triticum durum Desf.*), dont deux locales à paille haute et d'un indice de récolte faible et quatre autres introduites à paille courte importées de France, on a réalisé un croisement dialléle. Ces génotypes renferment une diversité génétique importante. L'essai a été réalisé dans un dispositif expérimental en bloc aléatoire complet avec trois répétitions, au niveau de la station de recherche de l'Institut Techniques des Grandes Cultures de Khemis Miliana, située dans la région semi aride du haut Chéelif.

Les résultats de l'étude comparative des cycles végétatifs entre les génotypes, montre une précocité des variétés introduites qui est due à la durée de la phase montaison-épiaison très courte par rapport à celle des variétés locales. D'après nos résultats, le cycle végétatif semble être influencé par l'effet variétal. La sécheresse de fin de cycle de la première n'a pas affecté le nombre de grains par épi et le poids de mille grains des variétés locales contrairement à ceux des variétés introduites.

Juste au moment de la sortie des épis de leur dernière gaine, nous avons effectué l'hybridation dialléle complète entre les six variétés, selon la formule conventionnelle $n(n-1)$. Cette opération s'est soldée par l'obtention de trente croisements. Pour chacune d'elle nous avons obtenu entre 5 et 12 graines constituant la semence de la première génération. Ces graines ont été semées et récoltées en deuxième génération. Les tests statistiques des hybrides de la première (F_1) et la deuxième génération (F_2), ont montré des différences significatives pour l'ensemble des caractères étudiés.

L'appariation d'hétérosis est probablement le résultat de la diversité trouvée chez les génotypes de l'essai. L'hétérosis négatif de la hauteur de la paille situé entre -13% et -19% est noté chez les hybrides GE/EX, NE/H3 et H3/EX en F_2 . La prépondérance des gènes récessifs à action positive de Guem Goum Erkham et Hedba3 ainsi que l'action additive des gènes dominants des génotypes Excalibur et Nefer ont probablement favorisé l'obtention d'hybrides à paille courte. La régression de la paille et du col de l'épi, a été accompagnée par un accroissement de l'indice de récolte chez les combinaisons: GE/EX, NE/H3 et H3/EX en deuxième génération (F_2), cela peut s'expliquer par la régression négative de $-0,372^*$ trouvée entre l'indice de récolte et la longueur de la paille. Des possibilités de transgressions sont possibles en F_1 et en F_2 pour les caractères nombre d'épis, longueur de la paille, poids de 1000 grains et poids des grains de l'épi.

La variété Nefer et quatre de ses descendants (AR/NE, NE/AR, GE/NE et AC/NE) en F_1 et F_2 sont en tête du classement pour le caractère nombre de grains par épi. Des recombinaisons entre les génotypes Nefer, Acalou d'une part et Guem Goum Erkham d'autre part peuvent donner des résultats prometteurs concernant le nombre de grains par épi.

Les caractères talles herbacées, longueur de la paille, longueur du col de l'épi, poids de mille grains et indice de récolte ont enregistré des effets d'AGC significatifs en F_1 et en F_2 révèlent des effets additifs dans leur expression génétique. Ces effets additifs sont confirmés par l'analyse Hayman uniquement chez la longueur de la paille, le poids des grains de l'épi et l'indice de récolte.

Aucun parent n'est favorable pour tous les caractères, probablement les géniteurs le mieux équilibrés pour améliorer l'indice de récolte, obtention de paille courte et un poids de mille grains élevé sont Guem Goum Erkham et Hedba3 et Excalibur. Ces génotypes Guem Goum Erkham, Hedba3, Excalibur et Nefer qui présentent une transgressivité importante ainsi que des effets additifs des gènes récessifs et des gènes dominants favorables à ces caractères.

La prédominance de la variance d'ASC sur la variance d'AGC noté chez tous les caractères à l'exception du nombre d'épis et le poids des grains de l'épi en F_1 . En F_2 la prédominance des ASC sur les AGC est confirmé pour tous les caractères excepté le caractère talles herbacées. La sélection du nombre d'épis, le poids des grains de l'épi et les talles herbacées se fera à partir des parents du moment que leur AGC sont prédominantes. Par contre pour les autres caractères aux ASC prédominantes leur sélection se fera au niveau des hybrides.

Les rapports AGC/ASC élevés trouvés chez les caractères nombre d'épis, poids des grains de l'épi en F_1 et le caractère talles herbacées en F_2 mettent en évidence l'importance de l'additivité dans le contrôle de ces caractères ceci nous suggère la sélection de ces trois caractères à partir des parents. Un programme de sélection comprenant les hybrides NE/H3, GE/EX et H3/EX, qui ont montré des résultats intéressants, peut être mené afin de confirmer dans les générations futures le comportement et la stabilité de l'hétérosis trouvé.

Corrections

Les corrections sont en rouge dans le texte.

Page de garde : Thème j'ai rajouté le lieu de l'expérimentation (demandé par Mr Aidaoui).

Page 9 : Etude des hybrides F₁ et F₂ au lieu de comparaison des hybrides F₁ et F₂.

Page 10 : Etude des hybrides F₁ et F₂ au lieu de comparaison des hybrides F₁ et F₂.

Page 12 : J'ai supprimé l'année 1986 et je l'ai remplacé par une phrase, j'ai supprimé la référence Bahlouli 2005. Demandé par MM. Aissat et Aidoui,

Page 14 : J'ai cité les noms de variétés, et pourquoi l'utilisation de variétés à paille courte, dans le but de lutter contre la verse dont les variétés sont très sensibles (demandé par Mr Aissat).

Page 31 : J'ai ajouté la hauteur chiffrée des variétés (demandé par Mr Aissat).

Page 35 : J'ai ajouté ; les fleurs du milieu entre en compétition avec les fleurs castrées (demandé par Mr Aissat).

Page 37 : J'ai ajouté les formules de la méthode Hayman. Cette méthode est basée sur les formules suivantes : Parabole : $Wr^2 = V_0V_r$;
droite de régression : $Wr = bV_r + c$, droite de régression : $(Wr + Vr) = bt + c$. (demandé par Aidaoui).

Pages 52 et 55 : Tableaux 9 et 10 J'ai met plus de gras pour longueur de la paille et de l'indice de récolte (demandé par Mr Aissat).

Page 72 : J'ai supprimé comparaison et les remplacé par étude de la F₁ et F₂ (demandé par Mr Aissat).

Page 100 : J'ai supprimé la référence bibliographique Bahlouli et al, 2005.