

UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA 1

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biotechnologie

THESE DE DOCTORAT EN SCIENCES

Spécialité : Amélioration des productions végétales

ETUDE DE COMPORTEMENT ET DE LA QUALITE TECHNOLOGIQUE DU GRAIN DE CULTIVARS D'ORGE INTRODUITS ET DE LA VARIETE LOCALE SAIDA. HYBRIDATION DIALLELE ET ANALYSE GENETIQUE DES DESCENDANCES

Par

BOUCHETAT Fawzia

Devant le jury composé de

M.M. BENMOUSSA	Professeur, USD Blida	Président
M.L. REGUIEG	Professeur, ENSA Alger	Examineur
M. M. MEFTI	Maître de conférences, ENSA Alger	Examineur
M. B. BOUSALHIH	Maître de conférences, UDB KHEMIS	Examineur
M ^{me} . R. BELGUENDOZ	Maître de conférences, USD Blida 1	Examinatrice
M.A. AISSAT	Maître de conférences, USD Blida 1	Promoteur

Blida, Mars 2020

Remerciements

Au terme de cette recherche, j'adresse mes remerciements à الله qui m'a donné la santé et la volonté pour pouvoir achever cette thèse.

Je tiens à exprimer mes remerciements à **M. A. AISSAT**, qui a bien voulu m'encadrer.

Mes remerciements les plus profonds et toute ma reconnaissance s'adressent à **M. M. BENMOUSSA**, qui me fait l'honneur de présider ce jury. Sa compétence, son soutien moral et scientifique ainsi que ses précieux conseils m'ont permis de mener à terme ce projet. Qu'il trouve ici, le témoignage d'une profonde gratitude.

Mes remerciements les plus chaleureux s'adressent à **M. L. REGUIEG**, qui me fait l'honneur d'être examinateur dans ce jury. Qu'il reçoive ici, l'expression de mon plus grand respect.

A **M^{me}. R. BELGUENDOUZ**, qui me fait l'honneur par sa présence pour examiner ce travail. Qu'elle trouve ici, l'expression de ma sincère reconnaissance.

A **M. M. MEFTI**, qui me fait l'honneur d'examiner ce travail. Qu'il trouve ici, l'expression de ma sincère reconnaissance

A **M. B. BOUSALHIH**, qui me fait l'honneur d'examiner ce travail. Il a été d'un apport à la réalisation de ce travail. Qu'il trouve ici, l'expression de ma sincère reconnaissance

Mes sincères remerciements s'adressent également :

A **tout le personnel de la DSA de la wilaya de Mila**, en particulier **M. B. NEDJAR**

A **tout le personnel de l'ITGC de Sétif et de Constantine**, en particulier **M. HASSOUS** et **M. BENBELKACEM**.

A tous le personnel de la ferme pilote Amira Ahmed et de la ferme pilote Bahri Mebarak, en particulier **M. RAHMANI** et **M. HADJALI**.

Mes profonds remerciements vont à ma chère **MAMA** à mon mari et mes enfants pour leur soutien et leur confiance en moi, ainsi qu'à mes proches et à tous ceux qui ont servis, de près ou de loin à la réalisation de cette thèse.

Résumé

En Algérie, l'orge (*Hordeum vulgare* L.) est souvent considérée comme une céréale secondaire à l'inverse des blés, alors qu'elle a d'énormes potentialités voisines. En effet, traitée et entretenue comme les blés, l'orge peut réaliser des rendements équivalents. Dans une perspective visant à évaluer les potentialités d'adaptation de quelques variétés d'orge et à exploiter le matériel génétique local, représenté par les deux variétés/populations Saida et Tichedrett une étude expérimentale a été conduite sur plusieurs sites expérimentaux, au niveau de la wilaya de Mila, durant plusieurs campagnes agricoles successives (2014-2019). La mise en évidence des effets génétiques par l'analyse détaillée de croisements diallèles complets a été effectuée par le modèle GRIFFING et confirmée par le modèle HAYMAN. Les résultats relatifs aux paramètres mesurés sur le plan agronomique et technologique montrent que chaque variété s'exprime par un comportement particulier par rapport aux contraintes environnementales. Pour les croisements réalisés, les résultats obtenus révèlent l'existence d'une grande variabilité génétique entre les hybrides et entre leurs géniteurs; des effets génétiques additifs et non additifs sont impliqués dans le contrôle des variables évaluées. Le rapport de variance (AGC/ASC) est inférieur à une unité ce qui explique la prépondérance des gènes dominants avec une superdominance impliquée dans l'expression de certains paramètres. Par contre, une dominance complète et partielle contrôle l'expression d'autres caractères.

Mots clés : Orge (*Hordeum vulgare* L.); comportement ; diallèle complet; déterminisme génétique; génotypes autochtones et introduits

Abstract

In Algeria, barley (*Hordeum vulgare* L.) is often considered a secondary cereal unlike wheat, although it has enormous similar potential. Indeed, treated and maintained like wheat, barley can achieve equivalent yields. With a view to evaluating the adaptation potential of a few varieties of barley and to exploiting the local genetic material, represented by the two varieties / populations Saida and Tichedrett, an experimental study was carried out on several experimental environments, at the level of the city of Mila, during several successive agricultural seasons (2014-2019). The demonstration of the genetic effects by the detailed analysis of complete diallel crosses was carried out by the GRIFFING model and confirmed by the HAYMAN model. The results relating to the parameters measured at the agronomic and technological level show that each variety is expressed by a particular behavior with respect to environmental constraints. For the crosses carried out, the results obtained reveal the existence of a great genetic variability between the hybrids and between their parents; additive and non-additive genetic effects are involved in the control of the variables assessed. The (GCA / SCA) variance ratio is less than one, which explains the preponderance of dominant genes with a superdominance involved in the expression of certain parameters. On the other hand, a complete and partial dominance control the expression of other characters.

Keywords: Barley (*Hordeum vulgare* L.); behavior; full diallel; genetic determinism; local and introduced genotypes

الخلاصة

في الجزائر ، غالبًا ما يُعتبر الشعير (*Hordeum vulgare L*) نوعًا من الحبوب الثانوية على عكس القمح ، في حين أن لديه إمكانات مماثلة. في الواقع، يمكن أن يحقق الشعير، عند معالجته وصيانته عوائد مكافئة مثل القمح.

يهدف تقييم إمكانية التكيف لبعض أصناف الشعير واستغلال المادة الوراثية المحلية المتمثلة في الصنفين /المحليين سعيدة وتيشدرت ، أجريت دراسة على عدة مواقع تجريبية على مستوى ولاية ميله خلال عدة مواسم زراعية متتالية (2014-2019).

تم إجراء عرض التأثيرات الوراثية من خلال تحليل التهجين التبادلي الكامل بواسطة نموذج GRIFFING وأكدته نموذج HAYMAN. تظهر النتائج المتعلقة بالصفات المقاسة -على المستوى الزراعي والتكنولوجي- أن كل صنف يتم التعبير عنه بسلوك معين بحسب القبود البيئية المؤثرة فيه. بالنسبة لعملية التهجين التي تم إجراؤها ، كشفت النتائج المحصل عليها عن وجود تباين وراثي كبير بين الأصناف الهجينة وآبائها؛ حيث أن التأثيرات الجينية المضافة وغير المضافة تشارك في التحكم في المتغيرات المقاسة. حيث أن نسبة التباين (AGC / ASC) أقل من الوحدة، وهو ما يفسر غالبية الجينات السائدة حيث أن السيادة الفائقة تهيمن في التعبير عن بعض الصفات المقاسة؛ في المقابل ، تتحكم الهيمنة الكاملة والجزئية في التعبير عن صفات أخرى.

كلمات مفتاحية: الشعير (*Hordeum vulgare L.*) سلوك؛ Diallel الكامل. الحتمية الجينية ؛ الأنماط الوراثية المحلية والمستورة

Sommaire

REMERCIEMENTS	
RESUME	
ABSTRACT	
الخلاصة	
SOMMAIRE	
LISTE DES TABLEAUX	
LISTE DES FIGURES	
LISTE DES PUBLICATIONS ET DES COMMUNICATIONS	
INTRODUCTION GENERALE	15
ETAT DES CONNAISSANCES	20
CHAPITRE I. GENERALITES SUR LA CULTURE DE L'ORGE	21
1. PRESENTATION DE L'ESPECE	21
2. SITUATION DE LA CULTURE DE L'ORGE DANS LE MONDE	22
3. SITUATION DE L'ORGE EN ALGERIE	33
4. SITUATION DE LA CULTURE DE L'ORGE DANS LA WILAYA DE MILA	39
CHAPITRE II. ADAPTATION DE LA CULTURE DE L'ORGE À L'ENVIRONNEMENT .	43
1. ENVIRONNEMENT	43
2. LE GENOTYPE	44
3. PHENOTYPE.....	44
4. INTERACTION GENOTYPE X MILIEU	45
5. BASES GENETIQUES DE L'INTERACTION GENOTYPE X MILIEU	45
6. PRENDRE EN COMPTE L'ADAPTATION EN SELECTION	47
7. CARACTERES INFLUENÇANT L'ADAPTATION.....	48
8. SELECTION DIRECTE DE L'ORGE.....	49

CHAPITRE III. CREATION VARIETALE ET MODE D'ANALYSE GENETIQUE	52
1. LES VOIES DE LA VARIABILITE GENETIQUE	52
2. L'HYBRIDATION	53
3. PRESENTATION DES PRINCIPAUX TRAVAUX PORTANT SUR L'EVALUATION DU DETERMINISME GENETIQUE DE L'ORGE	63
CHAPITRE IV. MATERIEL ET METHODES	66
1. ÉTUDE DE COMPORTEMENT	67
2. HYBRIDATION DIALLELE ET EVALUATION DE DETERMINISME GENETIQUE	78
CHAPITRE V. ETUDE DE COMPORTEMENT ET DE LA QUALITE TECHNOLOGIQUE DU GRAIN DE CULTIVARS D'ORGE INTRODUITS ET DE LA VARIETE LOCALE SAIDA.....	89
1. LA MISE EN EVIDENCE DE L'INTERACTION GENOTYPE X SITE.....	90
2. VALORISATION DES RELATIONS EXISTANT ENTRE LA PRODUCTIVITE ET LES VARIABLES EVALUEES	103
3. ÉVALUATION DE LA RESISTANCE A LA VERSE ET AUX MALADIES CRYPTOLOGIQUES	111
4. ÉVALUATION DES PARAMETRES TECHNOLOGIQUES	116
5. BILAN DE L'ETUDE.....	118
CHAPITRE VI. HYBRIDATION DIALLELE ET ANALYSE GENETIQUE DES DESCENDANCES	121
1. ÉVALUATION DE LA PREMIERE POPULATION DE LA GENERATION F1	121
2. ÉVALUATION DE LA DEUXIEME POPULATION DE LA GENERATION F1	140
CONCLUSION GENERALE	158
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES
ANNEXES.....
TABLE DES MATIERE

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.01. Evaluation progressive, des superficies des productions et des rendements de l'orge dans le monde	023
Tableau 1.02. Les principaux pays producteurs de l'orge dans le monde	025
Tableau 1.03. Les principaux pays exportateurs de l'orge dans le monde	026
Tableau 1.04. Evolution progressive des superficies, des productions et des rendements de l'orge en Algérie.	035
Tableau 1.05. Evolution progressive des superficies, des productions et des rendements de l'orge dans la wilaya de Mila.	041
Tableau 3.06. Valeurs caractéristiques des paramètres des n parents du diallèle selon Hayman.	062
Tableau 4.07. Etude granulométrique du sol réalisée au niveau du site 1	073
Tableau 4.08. Etude granulométrique du sol réalisée au niveau du site 2	074
Tableau 4.09. Croisement diallèle complet.....	080
Tableau 4.10. Analyse de variance et espérance des carrés moyens pour une expérience avec des génotypes répartis en parcelles et avec des répétitions complètes.....	081
Tableau 4.11. Analyse de la variance d'après GRIFFING [184], cas d'une table diallèle complète avec les réciproques et sans la diagonale	082
Tableau 5.12. Analyse de la variance (carrés moyens) des différents caractères.	091
Tableau 6.13. Valeurs moyennes des caractères mesurés chez les lignées parentales	122
Tableau 6.14. Valeurs moyennes des caractères mesurés chez les hybrides F1.....	123

Tableau 6.15. Mise en évidence des effets génétiques des hybrides F1	124
Tableau 6.16. Analyse des variances du diallèle : Modèle de GRIFFING.....	125
Tableau 6.17. Valeurs des aptitudes générales à la combinaison (AGC) de chaque géniteur	126
Tableau 6.18. Valeurs des aptitudes spécifiques à la combinaison (ASC) de différents hybrides testés	127
Tableau 6.19. Degrés d'hétérosis globale et du parent moyen.....	137
Tableau 6.20. Degrés d'hétérosis du parent supérieur.....	138
Tableau 6.21. Degrés d'hétérosis économique	138
Tableau 6.22. Valeurs moyennes des caractères mesurés chez les lignées parentales	141
Tableau 6.23. Valeurs moyennes des caractères mesurés chez la génération F1.....	142
Tableau 6.24. Mise en évidence des effets génétiques des hybrides F1	143
Tableau 6.25. Analyse des variances du diallèle : Modèle de GRIFFING	143
Tableau 6.26. Valeurs des aptitudes générales à la combinaison (AGC) de chaque géniteur	144
Tableau 6.27. Valeurs des aptitudes spécifiques à la combinaison (ASC) de différents hybrides testés	145
Tableau 6.28. Estimation des composantes de la variation génétique et de l'écart type de divers traits évalués	152

LISTE DES FIGURES

Figure 1.01. Répartition de la production mondiale des céréales.....	023
Figure 1.02. Valeur économique de l'orge dans le monde	027
Figure 1.03. Evolution des prix de l'orge dans le monde.....	028
Figure 1.04. Représentation de la production de l'orge dans les communes de la wilaya de Mile.....	040
Figure 3.05. Les effets géniques pour un locus donné.....	061
Figure 4.06. La carte de la wilaya de Mila avec ses treize daïras	067
Figure 4.07. Image satellite de la parcelle de l'essai à Oued Seguen	068
Figure 4.08. Image satellite de la parcelle de l'essai à Oued Endja	069
Figure 4.09. Bilan des températures	070
Figure 4.10. Répartition des précipitations	072
Figure 4.11. Graines germées après trois jours à l'étuve	076
Figure 4.12. Interprétation graphique de la méthode de HAYMAN	084
Figure 4.13. Régression, taux de dominance et valeur du parent	085
Figure 5.14. Interaction génotype x site pour l'expression du caractère HPF	092
Figure 5.15. Interaction génotype x site pour l'expression du caractère LE	094
Figure 5.16. Interaction génotype x site pour l'expression du caractère LB.	095
Figure 5.17. Interaction génotype x site pour l'expression du caractère COL. ...	096
Figure 5.18. Interaction génotype x site pour l'expression du caractère NTE. ...	098
Figure 5.19. Interaction génotype x site pour l'expression du caractère NGE....	099
Figure 5.20. Interaction génotype x site pour l'expression du caractère PMG. ..	101
Figure 5.21. Interaction génotype x site pour l'expression du caractère PRO....	102

Figure 5.22. Relation entre la productivité et la hauteur des plantes.....	104
Figure 5.23. Relation entre la productivité de la plante et la longueur de la barbe.....	105
Figure 5.24. Relation entre la productivité de la plante et la longueur de l'épi. ..	105
Figure 5.25. Relation entre la productivité de la plante et la longueur du col de l'épi.....	106
Figure 5.26. Relation entre la productivité de la plante et le nombre de talles épis.	107
Figure 5.27. Relation entre la productivité de la plante et le nombre de grains par épi.	108
Figure 5.28. Relation entre la productivité de la plante et le PMG.....	109
Figure 5.29. Degré d'intensité de la verse chez les variétés étudiées.....	112
Figure 5.30. Analyse en composantes principales effectuée sur les données relatives à la verse, aux maladies cryptogamiques, à la productivité et aux paramètres agronomiques	114
Figure 5.31. Degré d'intensité de a). La rouille ; b). L'oïdium sur les feuilles	115
Figure 5.32. Taux de a).La faculté germinative (FG) ; b). L'humidité (THM) ; c).Protéines (TP) ; d). La cellulose brute (TCB).	117
Figure 6.33. Représentation graphique de W_r en fonction de V_r du caractère hauteur des plantes à la floraison. W_r : covariance entre parent r et de ses descendants ; V_r : variance d'un parent r et de ses descendants.	128
Figure 6.34. Représentation graphique de la quantité (W_r+V_r) en fonction de (x) : valeurs parentales du caractère hauteur des plantes à la floraison. (W_r+V_r) : ordre parentale de dominance.....	128
Figure 6.35. Représentation graphique de W_r en fonction de V_r du caractère longueur de l'épi.....	129
Figure 6.36. Représentation graphique de la quantité ($W_r + V_r$) en fonction de (x) : valeurs parentales du caractère longueur de l'épi.....	129

Figure 6.37. Représentation graphique de W_r en fonction de V_r du caractère précocité à l'épiaison.....	130
Figure 6.38. Représentation graphique de la quantité ($W_r + V_r$) en fonction de (x) : valeurs parentales du caractère précocité à l'épiaison.	130
Figure 6.39. Représentation graphique de W_r en fonction de V_r du caractère nombre d'épis/plante.....	131
Figure 6.40. Représentation graphique de la quantité ($W_r + V_r$) en fonction de (x) : valeurs parentales du caractère nombre d'épi/Plante.....	131
Figure 6.41. Représentation graphique de W_r en fonction de V_r du caractère nombre de grains/épi	132
Figure 6.42. Représentation graphique de la quantité ($W_r + V_r$) en fonction de (x) : valeurs parentales du caractère nombre de grains /épi.	132
Figure 6.43. Boite à moustache de performances des hybrides selon le sens de croisement du caractère HPF.....	133
Figure 6.44. Boite à moustache de performances des hybrides selon le sens de croisement du caractère LE	133
Figure 6.45. Boite à moustache montrant la performance des hybrides selon le sens de croisement pour le caractère LB	134
Figure 6.46. Boite à moustache montrant la performance des hybrides selon le sens de croisement pour le caractère COL	134
Figure 6.47. Boite à moustache de performances des hybrides selon le sens de croisement du caractère SFE.....	134
Figure 6.48. Boite à moustache de performances des hybrides selon le sens de croisement du caractère PRE	134
Figure 6.49. Boite à moustache de performances des hybrides selon le sens de croisement du caractère NTE.....	135
Figure 6.50. Boite à moustache de performances des hybrides selon le sens de croisement du caractère NG/E	135
Figure 6.51. Boite à moustache de performances des hybrides selon le sens de croisement du caractère PMG.....	136

Figure 6.52. Boite à moustache de performances des hybrides selon le sens de croisement du caractère PRO	136
Figure 6.53. Représentation graphique de W_r en fonction de V_r du caractère hauteur des plantes à la floraison. W_r : covariance entre parent r et de ses descendants ; V_r : variance d'un parent r et de ses descendants.....	147
Figure 6.54. Représentation graphique de la quantité (W_r+V_r) en fonction de (x) : valeurs parentales du caractère hauteur des plantes à la floraison. (W_r+V_r) : ordre parentale de dominance.....	147
Figure 6.55. Représentation graphique de W_r en fonction de V_r du caractère longueur de l'épi.....	148
Figure 6.56. Représentation graphique de la quantité $(W_r + V_r)$ en fonction de (x) : valeurs parentales du caractère longueur de l'épi.....	148
Figure 6.57. Représentation graphique de W_r en fonction de V_r du caractère nombre de thalles épis/plante.	148
Figure 6.58. Représentation graphique de la quantité $(W_r + V_r)$ en fonction de (x) : valeurs parentales du caractère nombre de thalles épis/plante.	148
Figure 6.59 Représentation graphique de W_r en fonction de V_r du caractère nombre de grains/épi.	149
Figure 6.60. Représentation graphique de la quantité $(W_r + V_r)$ en fonction de (x) : valeurs parentales du caractère nombre de grains /épi.	149
Figure 6.61. Représentation graphique de W_r en fonction de V_r du caractère poids de mille grains	150
Figure Figure 6.62. Représentation graphique de la quantité $(W_r + V_r)$ en fonction de (x) : valeurs parentales du caractère poids de mille grains.....	150
Figure 6.63. Représentation graphique de la quantité $(W_r + V_r)$ en fonction de (x) : valeurs parentales du caractère productivité de la plante	151
Figure 6.64. Représentation graphique de W_r en fonction de V_r du caractère productivité de la plante	151

LISTE DES PUBLICATIONS ET DES COMMUNICATIONS GENEREES PAR CE TRAVAIL

Les articles

- BOUCHETAT Fawzia et AISSAT A. (2018).Analyse génétique de quelques génotypes d'orge (*Hordeum vulgare* L.) et de leurs descendants en vue d'une évaluation de quelques caractères a intérêt agronomiques, *Agrobiologia*, (2018), 8(1) : 792-801
- BOUCHETAT Fawzia et AISSATA. Evaluation du déterminisme génétique d'une génération F1 d'orge (*Hordeum vulgare* L.) résultant d'un croisement diallèle complet entre des cultivars autochtones et introduits. *Heliyon* 5 (2019) e02744 .<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02744>
- BOUCHETAT, Fawzia & AISSAt, Abdelkader & BOUTELLAA, Sana & BELLAH, Safa. (2020). Analysis of the main agronomic characters of some barley varieties and the genetic characterization of their descendancy after a full diallel cross. *Acta Scientifica Naturalis*. 7. 98-111. 10.2478/asn-2020-0010.

Les communications

- *Communication orale* : BOUCHETAT Fawzia et AISSAT A. « PRODUCTION D'HYBRIDES F1 D'ORGE (HORDEUM VULGARE L.) EN VUE DE L'INDUCTION D'UN EFFET HETEROSIS EXPLOITABLE EN PRODUCTION DE SEMENCE », *Première Journée Scientifique du Département des Sciences Agronomiques Sétif Algérie, le 25 avril 2012.*
- *Communication orale* :BOUCHETAT Fawzia et AISSAT A. « LA PRODUCTION DE SEMENCE D'ORGE (HORDEUM VULGARE L.) ETAT DES LIEUX DANS QUATRE WILAYAS DE L'EST ALGERIEN », *Premier Séminaire National sur L'état des Lieux, Conservations et Possibilités de Valorisation des Ressources Biologiques dans l'Est Algérien, Département des*

Sciences de la Nature et de la Vie Centre Universitaire de Mila, 11-12 mars 2014

- *Communication affichée: BOUCHETAT Fawzia et AISSAT A. « VALORISATION DES PARAMETRES AGRO- TECHNOLOGIQUES DE SIX VARIETES D'ORGE (HORDEUM VULGARE L.) CULTIVEES DANS LA MITIDJA » Séminaire International sur les Sciences Alimentaires, 14-16 octobre 2014, Constantine, Algérie.*

- *Communication affichée : SEDIRA Houria, BOUCHETAT F. et AISSAT A. « VALORISATION DES HYBRIDES F1 ISSUS DE CROISEMENTS ENTRE TICHEDRETT ET CINQ VARIETES D'ORGE (HORDEUM VULGARE L.), LOCALES ET INTRODUITES », Premier Séminaire National sur L'Etat des Lieux, Conservations et Possibilités de Valorisation des Ressources Biologiques dans l'Est Algérien, département des Sciences de la Nature et de la Vie Centre Universitaire de Mila, 11-12 mars 2014.*

- *Communication affichée : BOUCHETAT Fawzia et AISSAT A. « DIALLEL HYBRIDIZATION AND BEHAVIORAL STUDY OF THREE BARLEY VARIETIES (HORDEUM VULGARE L.) GROWN IN EASTERN OF ALGERIA », 29^{ème} congrès international des sciences biologiques et de biotechnologie, Tunisian Association of Biological Sciences, 26-29 mars 2018.*

- *Communication affichée : BOUCHETAT Fawzia, AISSAT A. et BELATTAR H. « CONTRIBUTION A L'ETUDE DES DEUX VARIETES POPULATIONS D'ORGE (HORDEUM VULGARE L.) PAR L'EXPLOITATION DE LEUR MATERIEL GENETIQUE DANS LA CREATION DES HYBRIDES EN VUE DE DIVERSIFIER LA GAMME VARIETALE EXISTANTE », 3^{ème} colloque national sur la biodiversité en Algérie, université de Larbi Ben M'Hidi d'Oum Elbouaghi, 25 avril 2018*

- *Communication affichée : BOUCHETAT Fawzia et AISSAT A. « EVALUATION DE DETERMINISME GENETIQUE DE QUELQUES GENOTYPES D'ORGE (HORDEUM VULGARE L.) ET DE LEURS DESCENDANTS », the International Seminar on GENOME AND WHEAT SEQUENCING, at UPMC1, Constantine Algeria, 28-29 january 2019*

INTRODUCTION GENERALE

L'orge (*Hordeum vulgare* L.) est l'une des plus importantes cultures céréalières à l'échelle mondiale, sa production étant estimée à (141 Mt) [1], essentiellement vouée à l'alimentation du bétail et à la fabrication du malt [2]. De plus, elle peut constituer un complément précieux en tant qu'ensilage de plantes entières pour la production des bioénergies [3]. En effet, l'orge représente (15 %) de la consommation mondiale de céréales [4]. Cette espèce est cultivée dans un large éventail d'environnement, elle s'adapte aux zones très fertiles à forte production mais aussi elle s'insère bien dans les milieux caractérisés par une grande variabilité climatique [5]. Cette adaptation est liée à un cycle de développement court et à une vitesse de croissance appréciable, en début de cycle [6]. Cette importance de l'orge est due d'une partie à l'amélioration de la conduite culturale, mais aussi au progrès génétique dans le domaine de la création variétale [7]. Par conséquent, le choix de la variété est une majeure adaptation des itinéraires techniques aux contraintes climatiques.

Cependant, au bout d'une certaine période, les performances d'une variété donnée peuvent diminuer. De plus, les cultivars autochtones sont sensibles aux maladies et à la verse ainsi que les cultivars introduits sont très touchés par les variations environnementales [8].

En effet, dans un programme de sélection, la bonne compréhension de l'environnement et de l'ampleur de l'interaction génotype x environnement est essentielle pour toutes les céréales [9] ; [10]. En outre, la comparaison des performances génotypiques dans des environnements favorables et défavorables est souvent utilisée pour identifier les génotypes tolérants et productifs, exprimant les plus hauts rendements. Cette approche vise à minimiser les baisses de rendements en grain dans les environnements contraignants relativement aux rendements obtenus aux milieux convenables [11] ; [12]. L'augmentation de la

productivité de l'orge peut se réaliser par la recherche de génotypes tolérants et performants [13] ; [9], car le rendement en grain élevé est l'objectif principal de toute amélioration céréalière [14] ; [15]. De ce fait, l'augmentation de la production serait possible tout en adoptant un itinéraire technique plus intensif dans les plaines intérieures où les conditions de production sont nettement moins avantageuses ; et par l'adoption de cultivars plus flexibles vis-à-vis des aléas climatiques tout en prenant en considération la préparation correcte du lit de semences ; le désherbage chimique au moment opportun ; la fertilisation azotée adéquate et la lutte contre les maladies cryptogamiques par l'utilisation des fongicides à action rapide .Par conséquent, Une stratégie de sélection fondée sur des rendements moyens à travers des conditions environnementales différentes est efficace [16] ;[17]. De plus, l'amélioration de l'orge nécessite l'exploitation de sa variabilité génétique afin de garantir les capacités d'adaptation, assurer la possibilité d'introduire de nouveaux critères de sélection et enfin, permettre l'augmentation du gain génétique au cours des générations suivantes. Selon GALLAIS [18], l'amélioration génétique de l'orge vise à réunir dans un même génotype, la variété, le maximum de gènes favorables. La recherche doit tendre vers la sélection de variétés tolérantes aux stress biotique et abiotique; productives et stables dans leur production [19]. Parallèlement, la sélection des hybrides plus performants que leurs géniteurs est très pratique [20]. Par conséquent, cette voie prend assez de temps mais, la prédiction des performances des hybrides pourrait être analysée dès la première génération F1. En effet, la capacité de combinaison générale est considérée comme un critère indirect utile pour le choix des géniteurs [20], les parents ayant des valeurs AGC élevées pourraient être utilisés dans la création des lignées améliorées [21]. La capacité de combinaison spécifique ASC permet de sélectionner les meilleurs allèles favorables [22]. Lorsqu'un hybride ne se combine bien que dans certains croisements, cela signifie qu'il a un bon ASC [23]. Chez une génération F1, l'étude des paramètres agronomiques ainsi que le rendement en grains sont très importants pour l'analyse de déterminisme génétique des hybrides, le mode d'action des gènes renseigne sur les formes de transgression des caractères, [24]. En effet, le mode d'action des gènes chez les hybrides F1 est classé comme ayant une expression additive et non additive, l'expression génique additive se situe là où le niveau d'expression génique des hybrides F1 est égale au niveau

d'expression génique du parent moyen [25]. Par contre, l'expression génique non additive se produit lorsque le niveau d'expression des gènes chez les hybrides F1 est différent du parent moyen [26]. Grâce à l'utilisation des puces à ADN puis, le séquençage de RNAseq, les gènes potentiellement impliqués dans l'expression des caractères ont été identifiés [27]. Aujourd'hui, beaucoup d'études se focalisent sur l'analyse de transcriptome pour comparer les lignées parentales à leurs hybrides F1. D'un autre côté, la génétique quantitative reste un outil puissant dans l'étude des lignées parentales et de leurs descendants [28].

En effet, la présente recherche a été initiée dans le but i) d'étudier l'effet de l'interaction génotype x environnement sur les caractères agronomiques de quelques variétés d'orge ceci dans deux sites différents dans la wilaya de Mila à savoir, une région-humide (Oued Endja) et une région semi-aride (Oued Seguen), cette étude va nous permettre de sélectionner les meilleurs génotypes dans chaque environnement ii) d'associer dans une même combinaison le maximum d'allèles favorables iii) d'avoir une idée sur le mode d'action des gènes et de transgression des caractères iv) de sélectionner les meilleurs géniteurs et les meilleurs hybrides.

Dans cette thèse six chapitres seront présentés, trois chapitres renfermeront une revue bibliographique ; un chapitre sera réservé au matériel et méthodes et deux chapitres seront consacrés à la présentation des résultats.

Le chapitre I présentera des généralités sur la culture de l'orge. Tout d'abord, une analyse détaillée de la situation de la culture de l'orge, dans le monde, a été réalisée à partir de l'étude du contexte agricole et politico-économique puis, la mise en valeur de la culture de l'orge tout en mettant l'accent sur la composition du grain et de la partie végétative, les transformations microbiologiques et nous terminerons par les usages multiples de l'orge en alimentation animale. De même pour la situation de la culture de l'orge en Algérie, car le contexte agricole et politico-économique ont été analysés, les différents usages et la mise en évidence de la gamme variétale utilisée ont été étudiés. Enfin, un aperçu sur la situation de la culture de l'orge dans la wilaya de Mila a été réalisé afin de montrer la place prépondérante qu'occupe l'orge dans la wilaya.

Le chapitre II portera sur l'étude de l'adaptation de l'orge à l'environnement, car plusieurs notions ont été expliquées tels que l'environnement, le génotype, l'adaptation et l'interaction génotype x milieu tout en analysant les bases génétiques de l'interaction génotype x milieu puis, une partie montrera le rôle primordiale de la sélection sur la base de l'adaptation tout en présentant les caractères influençant cette sélection. Enfin, nous terminerons par les avantages et les limites de la sélection directe.

Le chapitre III se focalisera sur la création variétale et les différentes méthodes d'analyse génétique, où une grande partie présentera la technique d'hybridation et les principaux résultats publiés par des chercheurs travaillant sur le croisement entre différents géniteurs pour faire sortir l'importance de la vigueur hybride. Dans un autre point, les différentes méthodes de la génétique quantitative seront analysées pour pouvoir évaluer le déterminisme génétique de plusieurs caractères ce qui permettra la mise en évidence des effets génétiques impliqués dans l'hérédité de ces caractères. Une dernière partie qui s'intéressera aux explications du modèle de GRIFFING, (1956) et de HAYMAN, (1954) où toute l'analyse statistique et l'interprétation génétique ont été détaillées. Enfin, ce chapitre s'achèvera par la présentation des principaux résultats obtenus par plusieurs auteurs analysant les divers plans du croisement diallèle.

Le chapitre IV sera consacré à la présentation des sites expérimentaux et de leurs caractéristiques pédoclimatiques, aux dispositifs adoptés, à la conduite des essais et aux méthodes analytiques utilisées. Les traitements statistiques appliqués pour l'analyse du plan de croisements et l'estimation des paramètres génétiques seront détaillés.

Le chapitre V se focalisera sur i) l'étude de comportement de quelques génotypes d'orge cultivés dans deux zones différentes afin d'évaluer les sources de variations génétique et environnementales ii) la valorisation des relations existant entre la productivité de l'orge et les paramètres agronomiques iii) la mise en évidence de la verse et des maladies cryptogamiques iv) l'évaluation des paramètres technologiques du grain des cultivars. Les résultats obtenus laissent apparaître les génotypes les plus performants sur le plan agronomique et technologique.

Le chapitre VI présentera l'étude complète portera sur l'hybridation diallèle et l'analyse génétique de la descendance où deux populations de la génération F1 ont été créés par un croisement diallèle complet. Les deux populations ont été analysées séparément afin d'évaluer leur déterminisme génétique par la mise en évidence de plusieurs caractères à intérêt agronomique. Les résultats permettront de conclure sur l'efficacité du programme de croisement diallèle complet qui permettra de sélectionner les meilleurs parents et les meilleures combinaisons.

In fine, dans le cadre d'une discussion générale, les avancées de ce travail seront reprises sur i) l'étude de comportement et de la qualité technologique du grain de cultivars d'orge introduit et la variété locale Saida afin de sélectionner les génotypes les plus appropriés ii) l'hybridation diallèle et l'analyse génétique de la descendance pour sélectionner les meilleurs géniteurs et les meilleurs hybrides. Ainsi l'ensemble de cette recherche préconise une suite vers l'haplodiploïdisation pour pouvoir fixer les caractères en ségrégation des hybrides élites.

ETAT DES CONNAISSANCES

Avant-propos

L'orge cultivée (*Hordeum vulgare* L.) est aussi ancienne que les origines de l'agriculture elle-même. Des orges à deux rangs remontant au néolithique (7000 ans avant Jésus Christ) ont été trouvées dans le croissant fertile, au Moyen Orient [29]. Elles sont considérées comme étant les restes les plus anciens de l'orge cultivée. *Horde vulgare* est issue de formes sauvages d'*Hordeum spontaneum* qui a été découvert pour la première fois en Turquie, par le botaniste allemand CARL KOCH et décrit par ce dernier comme une espèce distincte que l'on trouve encore aujourd'hui au Moyen Orient [30]. D'après JESTIN [31], *Hordeum spontaneum*, orge à deux rangs, est reconnue comme étant la forme ancestrale de l'orge cultivée. D'ailleurs, elles sont parfaitement inter-fertiles [32]. Aujourd'hui, l'orge est l'une des plus importantes cultures céréalières à l'échelle mondiale d'où la nécessité d'augmenter sa quantité et d'améliorer sa qualité. L'application de la sélection génétique dans les meilleures populations, au début du XX^e siècle, est à l'origine de la création de variétés de type lignée pure, beaucoup moins sensibles à la verse. Une autre étape, marquée par d'importants progrès en matière de résistance à la verse et à l'expression de hauts rendements, a été franchie par la sélection généalogique après hybridation. En effet, la sélection a eu un effet très positif sur la variabilité de l'orge, notamment grâce aux croisements, à la mutagénèse induite et surtout aux brassages génétiques réalisés avec des variétés d'origines très diverses. Selon DORE et *al.*, [33], de nombreux gènes d'intérêt ont ainsi introduit par des croisements avec des types exotiques. Des analyses ont montré que, par exemple, des populations exotiques d'orge contenaient des gènes de résistance à la sécheresse. La création de variétés plus performantes a été un moteur de l'extension de la culture de l'orge. Donc, la diversité génétique de l'orge mérite encore d'être étudiée et davantage exploitée.

CHAPITRE I. GENERALITES SUR LA CULTURE DE L'ORGE

1. Présentation de l'espèce

L'orge (*Hordeum vulgare* L.) est une plante annuelle, au stade herbacé, elle se distingue principalement des autres céréales par un feuillage vert clair, la présence d'une ligule très développée, des oreillettes glabres et un fort tallage herbacé. L'inflorescence est un épi, le plus souvent barbu. Le rachis porte sur chaque article trois épillets mono-flore, un médian et deux latéraux. Le grain est vêtu par des glumelles qui ne s'en séparent pas lors du battage, ce qui augmente la teneur en cellulose brute. Cette monocotylédone diploïde ($2n=14$) appartenant à la famille des poacées et à la sous famille des festucoidées [34]. Malgré son complément chromosomique limité, la taille du génome du *H.vulgare* est considérable puisqu'elle est estimée à $(5,44 \times 10^3 \text{ Mb})$ [35]. Sa classification est basée sur la fertilité des épillets latéraux, la densité de l'épi et la présence ou l'absence des barbes [36]. En effet, on distingue deux sous espèces, selon que l'épi porte deux ou six rangées de grains [37]. Chez l'orge à deux rangs, *H.vulgare*ssp. Distichum, chaque nœud du rachis comporte trois épillets dont un seul est fertile [38]. L'alternance de nœuds d'un côté et de l'autre du rachis produit un épi à deux rangs. Chez l'orge à six rangs, *H.vulgare* ssp. Hexastichum, les trois épillets de chaque nœud contiennent des fleurs fertiles ce qui donne naissance à trois rangées de grains de chaque côté du rachis [39]. On peut également classifier l'orge en fonction de son cycle végétatif, c'est-à-dire selon qu'elle est semée à l'automne ou au printemps. L'orge d'hiver a un cycle végétatif de (210 à 270 jours), pour une somme de 1900 à 2000 degrés-végétatif [40], avec un zéro de germination proche de (0°C). Le cycle végétatif de l'orge de printemps varie entre (90 et 150 jours), selon le génotype, le climat et la latitude, ce qui correspond à une somme de 1500 à 1700 degrés-jours [40].

2. Situation de la culture de l'orge dans le monde

Selon le classement des cultures céréalières effectué par l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture [1], l'orge se classait au quatrième rang mondial, tant qu'en quantité produite (136 millions de tonnes) qu'en superficie emblavée (566 000 km²). De 2017 à 2018, la production mondiale d'orge était estimée à (144 Mt), soit environ (30 %) de celle du maïs [1]. L'orge pourrait constituer une source de nourriture pour des millions de personnes, même si, aujourd'hui, elle est principalement utilisée pour l'alimentation animale et la fabrication du malt. En effet, récemment, plus de (70 %) de la récolte d'orge a été utilisée pour l'alimentation animale; environ (21 %) étaient destinés aux industries de maltage, de brassage et de distillation; moins de (6 %) a été consommé par la population humaine [41]. L'importance de l'orge en tant qu'aliment est principalement due à ses potentialités dans la production d'aliments sains, en tant qu'excellente source de fibres alimentaires et en tant qu'ingrédient alimentaire fonctionnel tel que le β -glucane [33]. En outre, l'intérêt croissant pour les énergies renouvelables a conduit à une utilisation modeste du grain d'orge pour la production d'éthanol-carburant [42].

2.1. Contexte agricole mondial de la culture de l'orge

L'orge est l'une des plus importantes cultures céréalières à l'échelle mondiale, sa production étant estimée, en 2017, à (141 Mt) dont l'Europe est le plus grand producteur suivi de l'Asie. Selon les données de la FAO, Elle représente (15 %) de la consommation mondiale de céréales, devancée uniquement par, le maïs (1060 Mt), le blé (749 Mt) et le riz (741 Mt), (Figure 1.1). Au cours des 50 dernières années, bien que la superficie récoltée ait été réduite, la production a été augmentée en raison de l'amélioration des rendements, qui sont passés d'environ (1,4 en 1960 à 3 t / ha) en 2017 [43]. De 1960 à la fin des années 1970, les superficies récoltées d'orge ont connu une tendance discontinue nettement croissante. Au cours des 30 dernières années, la superficie récoltée est passée de près de (80 millions d'hectares) à environ (47 millions d'hectares) [42], (Tableau 1.1).

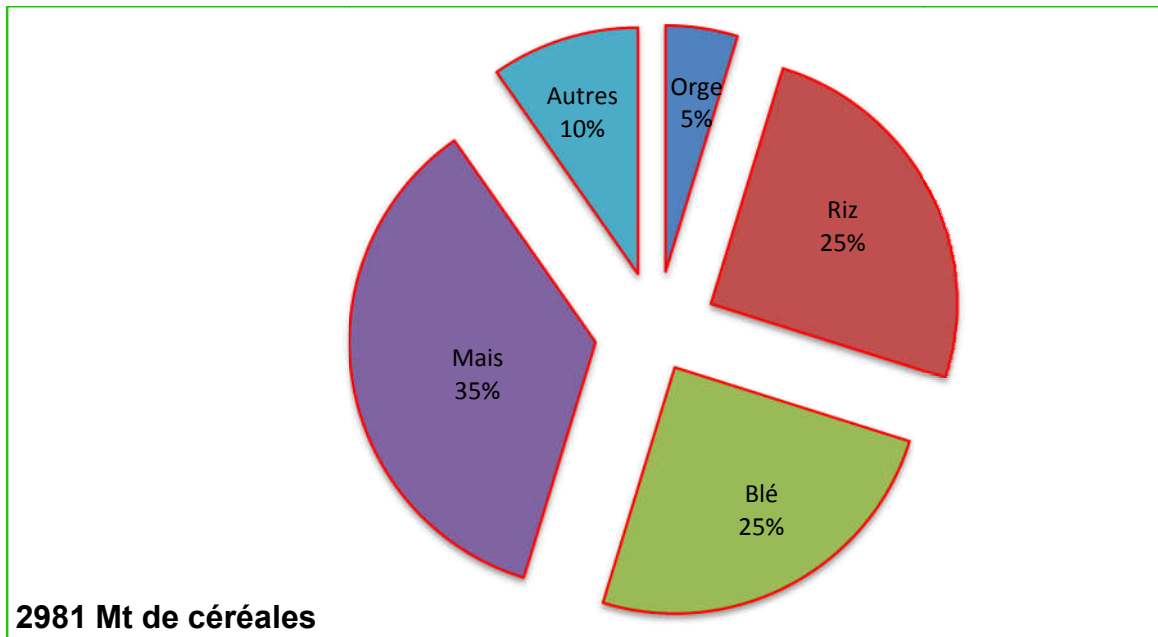


Figure 1.1. Répartition de la production mondiale des céréales en 2017

Cette tendance est principalement due à la diminution importante de la superficie cultivée en orge des principaux pays producteurs d'orge tels que la Russie (y compris tous les pays de l'ex-URSS), les États-Unis, l'Inde et la Chine [43] ; [44].

Tableau 1.1. Evaluation progressive, des superficies des productions et des rendements de l'orge dans le monde

Orge	Superficie (10 ⁶ d'ha)	Production (10 ⁶ q)	Rendement (q/ha)
1960	54,51	0724,1	13,282
1970	66,12	1193,7	18,054
1980	78,44	1567,0	19,977
1990	73,71	1780,7	24,157
2000	54,41	1331,1	24,464
2010	47,40	1233,1	26,012
2011	48,44	1327,4	27,402
2012	49,84	1322,2	26,528
2013	49,77	1434,8	28,825
2014	49,72	1450,9	29,178
2015	48,72	1474,1	30,252
2016	47,66	1457,8	30,588
2017	47,00	1474,0	31,356

Par contre, la production de l'orge ne cesse d'augmenter, cet écart entre l'augmentation de la production d'orge et la réduction des superficies récoltées est dû à l'amélioration des rendements. En effet, en termes de rendement annuel, la période considérée de 1960 à 2017, est caractérisée par une tendance discontinue croissante, et elle a augmenté au cours des six dernières décennies (Tableau 1.1). Cette amélioration est principalement due à l'introduction d'innovations technologiques telles que l'irrigation, la gestion du sol sans labour ou l'introduction de nouvelles variétés beaucoup plus productives que par le passé [45].

2.2 Contexte politico-économique mondial

L'orge est considérée comme l'une des céréales les plus adaptables. Elle est cultivée et utilisée dans le monde entier. Elle est utilisée dans différents secteurs économiques tels que les aliments pour animaux, les boissons alcoolisées, les produits alimentaires, et récemment et particulièrement en Europe dans la production de biocarburants [46]. L'Union européenne (UE) et la Russie représentent toujours les meilleurs producteurs d'orge dans le monde atteignant plus de (58 et 20 Mt) respectivement, en 2017. Cependant, les États-Unis d'Amérique et le Canada ont diminué leur production au cours des années, probablement, en raison du faible revenu tiré de cette culture par rapport à d'autres cultures telles que le maïs. Au contraire, l'Australie, la Turquie et l'Argentine ont fortement accru leurs productions d'orge, atteignant plus de deux à huit fois celles des années 1960 [42]. En particulier, l'Allemagne et la France sont les premier et deuxième producteurs européens d'orge avec respectivement (1,07 et 1,03 Mt). Elles ont récolté environ (1,6 et 1,8 Mha) avec un rendement annuel égal à (6,7 et 5,4 t / ha). Ces pays sont suivis par d'autres producteurs importants tels que l'Espagne (7,9 Mt) récoltés sur (2,8 Mha) cultivés et le Royaume-Uni (6,6 Mt récoltée sur (1,1 Mha) cultivés. Ces quatre pays européens, ensemble, contribuent à plus de (35 %) de la production totale de l'UE et chacun d'entre eux fait partie des dix plus grands producteurs d'orge au monde [1], [44], (Tableau 1.2).

Tableau 1.2. Les principaux pays producteurs de l'orge dans le monde

Pays	Production (10⁶ t)	Superficie (10⁶ d'ha)	Rendement (t/ha)
Union-Européenne	58,23	12,50	04,65
Allemagne	10,73	01,60	06,69
France	10,30	01,89	05,43
Espagne	07,97	02,80	02,85
Royaume-Uni	06,65	01,12	05,93
Danemark	03,94	00,70	05,59
Russie	17,99	08,13	02,21
Ukraine	09,43	02,85	00,33
Australie	08,99	04,10	02,19
Canada	08,70	02,33	03,72
Turquie	06,70	02,70	02,48
États-Unis	04,33	01,03	04,19
Argentine	03,30	00,87	03,8
Kazakhstan	03,32	01,89	01,71

D'après le (Tableau 1.2), la Fédération de la Russie est le deuxième producteur mondial d'orge avec (17 Mt) représentant (12 %) de la production mondiale et (8 Mha) représentant (17%) de la superficie totale récoltée avec un rendement moyen faible égal à (2,1 t / ha). L'Ukraine et l'Australie suivent respectivement la liste des principaux producteurs d'orge, avec respectivement (9,4 et 8,9 Mt) d'orge. Différents sont leurs rendements annuels soient respectivement (3,3 et 2,19 t / ha). Par conséquent, la superficie totale emblavée est de (2,8 et 4,1 Mha), respectivement. En ce qui concerne les autres pays producteurs, les États-Unis d'Amérique, le Canada, l'Argentine et la Chine ont enregistré des rendements

moyens mondiaux supérieurs à (4,19 ; 3,72 ; 3,80–4,31 t / ha), respectivement. Au contraire, ceux du Kazakhstan se situent au-dessous de la moyenne mondiale soit (1,71 t / ha) [1] ; [42] ; [44].

Tableau 1.3. Les principaux pays exportateurs de l'orge dans le monde

Pays	Orge exportée (10⁶ t)	Taux des exportations (%)	Valeur commerciale (10⁶ USD)
Australie	05,80	04,11	01,13
Argentine	03,22	02,28	00,59
Russie	02,86	02,02	00,42
Pays-Bas	02,00	01,41	00,36
Belgique	01,70	01,20	00,32
Canada	01,27	00,90	00,29
Espagne	01,26	00,85	00,25
Kazakhstan	01,10	00,78	00,20
Italie	00,78	00,55	00,10
Romanie	00,73	00,51	00,13

D'après le (tableau 1.3), le commerce international de l'orge représente donc moins de 34% de la production mondiale, ce qui correspond à une valeur de plus de 9 millions de dollars américains (MUSD). Le commerce mondial de l'orge est passé de (20 Mt) en 1990 à (47 Mt) actuellement. Les principaux pays exportateurs d'orge sont l'UE (16 Mt), l'Australie (5,8 Mt), l'Argentine (3,2 Mt) et la Fédération de Russie (2,8 Mt). Ensemble, ils représentent moins de (92,5 %) soit (28 Mt) du total des exportations d'orge. Les exportations de l'UE représentent environ (9 millions de tonnes), soit (15 %) de sa production totale (58 millions de tonnes) et une valeur commerciale inférieure à (1,7 million de dollars, MUSD). Parmi les pays exportateurs de l'UE, les Pays-Bas, la Belgique et l'Allemagne sont

les principaux pays totalisant un montant de (5 Mt) égal à (56 %) des exportations européennes mondiales et à environ (1 %) des exportations mondiales. En 2016, l'Allemagne était le deuxième producteur d'orge, le deuxième importateur et le troisième exportateur [1] ; [42] ; [44].

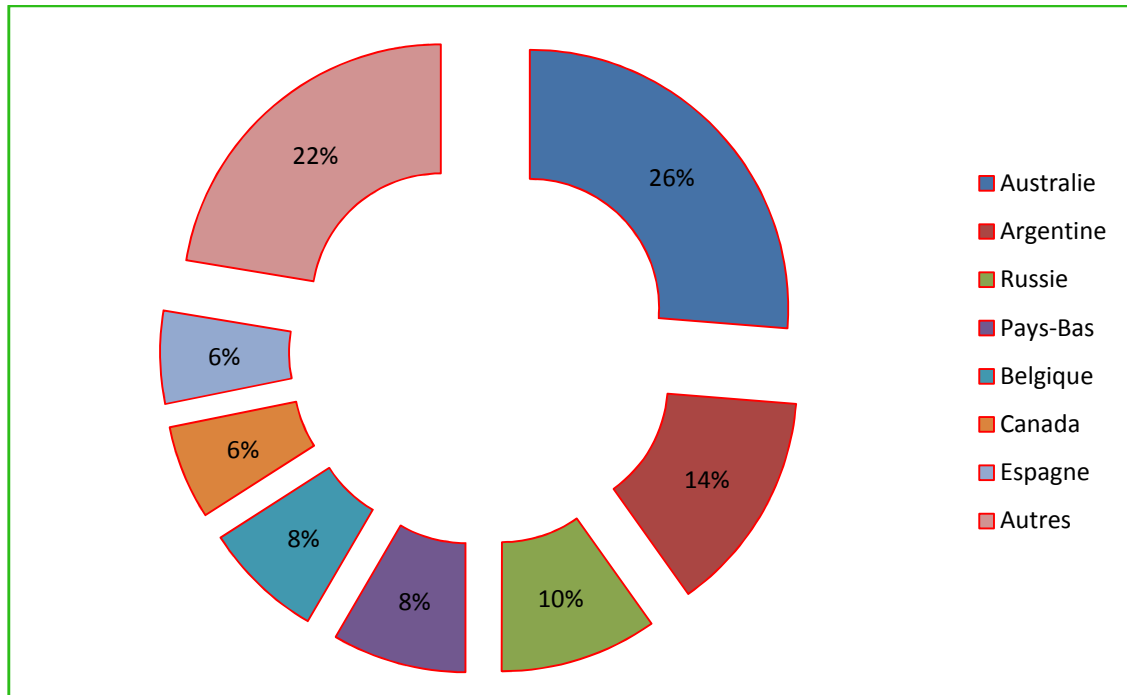


Figure 1.2. Valeur économique de l'orge dans le monde

L'UE a modifié son rôle dans le commerce international de l'orge puisqu'elle a été jusqu'en 1975 l'un des principaux importateurs, puis qu'après 1980, elle est devenue l'un des principaux exportateurs. En outre, l'Ukraine, la Russie et le Kazakhstan (ancienne Union des républiques socialistes soviétiques) et l'Australie ont augmenté, au cours des deux dernières décennies, leurs exportations d'orge étant devenues l'un des plus grands pays exportateurs au monde après l'Union Européenne, (Figure 1.2). Enfin, le Canada et les États-Unis ont fortement réduit leurs activités d'exportation à partir des années 2000 [1] ; [42] ; [44]. La Chine et l'Arabie Saoudite sont les principaux importateurs d'orge avec (8,1 Mt) pour chacune, ce qui représente moins de (50 %) du total des importations d'orge [47]. La demande d'orge d'Arabie Saoudite est presque entièrement satisfaite par des importations, en raison de faibles réserves d'eau du pays. L'orge importée par Arabie saoudite plus de (80 %) est destinée à l'alimentation du bétail, principalement des moutons, des chameaux et des chèvres. Son utilisation à la

place du fourrage dépend de son prix et de sa compétitivité [47]. De plus, l'orge est également utilisée pour préparer des plats saoudiens traditionnels pendant le jeûne du Ramadan et comme ingrédient alimentaire. Le prix de l'orge a toujours été inférieur à celui des autres céréales. Entre les années 1980 et le milieu des années 1990, il était inférieur à (100 \$ / t), alors qu'il a ensuite augmenté pour atteindre un prix supérieur à (200 \$ / t) en 2012 [42], (Figure 1.3)

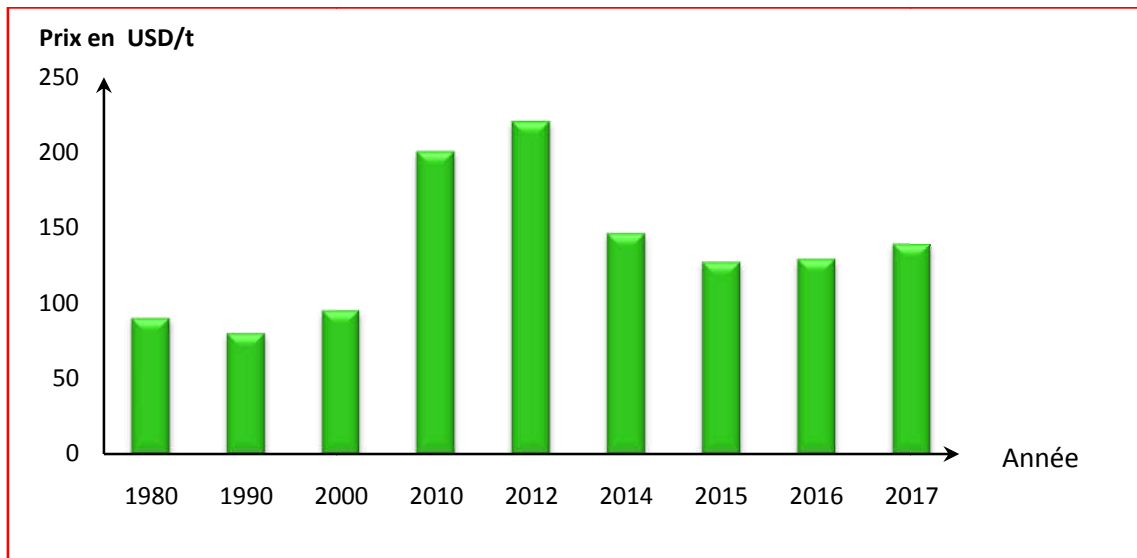


Figure 1.3. Evolution des prix de l'orge dans le monde

Au cours des six premiers mois de 2017, le prix de l'orge était de (146 \$ / t), qui a recommencé à augmenter (Tableau 1.3). Cela est dû à différentes raisons telles que i) la demande croissante de la Chine et de l'Arabie Saoudite, ii) la réduction de la production mondiale d'orge et iii) les projections de réduction des stocks d'orge dans tous les principaux pays exportateurs. Toutefois, au cours des dernières années, la demande mondiale robuste liée à une production mondiale faible a entraîné une diminution des stocks et, par conséquent, une augmentation du prix de l'orge dans tous les principaux pays exportateurs [43].

2.3. Valorisation de la culture de l'orge

Dans les céréales, ce sont généralement les graines que nous utilisons pour l'alimentation humaine et animale. Le reste de la plante est valorisé en

alimentation animale, soit à l'état sec sous forme de paille, soit à l'état frais ou en ensilage.

2.3.1. Composition chimique des grains d'orge et des parties végétatives

Physiologiquement, le grain de l'orge joue le rôle d'un fruit renfermant une graine, il doit donc protéger le germe pendant la période d'attente et nourrir la plantule lors de la germination [48]. Ceci explique d'une part que les grains aient leur périphérie formée d'enveloppes sèches et dures, constituées essentiellement de cellulose, d'autre part que le cotylédon qui représente (82 à 85 %) du grain, il contient toutes les substances nutritives nécessaires [49], les glucides représentent un taux de (70 à 82 %) ; les protides avec un taux de (10 à 13 %) ; les lipides avec (2 à 2,5 %) ; les substances minérales avec une teneur de 2,7 % et enfin, des vitamines [50] ; [51] ; [52].

La composition chimique de grains d'orge varie en fonction du génotype, les pratiques culturales ainsi que des conditions environnementales [53] ; [54] ; [52]. Les grains d'orge sont naturellement peu hydratés en effet, leur teneur en eau varie avec l'humidité de l'air, l'équilibre se situe entre 16 et 13 % selon la température et l'humidité ambiante [55]. Cette siccité offre l'avantage de la facilité de transport, de conservation et la possibilité de traitement par voie sèche [49]. A l'état vert, nous considérons la plante entière à divers stades d'évolution des grains en formation. Au stade du grain pâteux, qui est le stade le plus avancé pour l'utilisation de la plante entière, les glucides solubles et l'amidon en formation ne représentent que le tiers environ de la matière sèche alors que les constituants pariétaux en renferment près de la moitié. Parallèlement, la quantité des minéraux est à peu près trois fois plus forte que dans le grain les autres constituants ont des teneurs du même ordre de grandeur que dans les grains mûrs [33].

2.3.2. Les transformations microbiologiques de l'orge

L'utilisation de l'orge pour la production alimentaire suscite un intérêt croissant en raison de ses divers bienfaits sur la santé, tels que la diminution du cholestérol

sanguin, la régulation de l'index glycémique et l'activité antioxydante [56]. En effet, le fractionnement des orges permet l'obtention de nombreux produits valorisables, Les malts, les extraits et les sirops d'orge sont utilisés en petites quantités dans les produits alimentaires pour améliorer certaines caractéristiques organoleptiques telles que la saveur et la couleur, pour les céréales de petit déjeuner, les produits de boulangerie fermentés et non fermentés [42]. L'extrait de malt est une source de sucres solubles, de protéines et d'amylase dans la pâte et favorise l'activité de la levure pour de meilleurs produits de boulangerie en termes de texture et de volume. Par conséquent, les β -glucanes, les tocols (tels que les tocotriénols et les tocophérols), les polyphénols (tels que les acides phénoliques, les proanthocyanidines et les catéchines) et d'autres sont les composants fonctionnels de l'orge responsables sur de nombreux avantages pour la santé humaine [56].

L'orge a été utilisée pour formuler divers produits alimentaires «sains» tels que les pâtes et le pain [57]. Le principal composant du grain d'orge est l'amidon qui peut représenter plus de (70 %) du poids sec [55]. Par conséquent, on peut s'attendre à ce que la qualité de l'amidon influe beaucoup sur la qualité des produits destinés à l'alimentation humaine ou animale. L'amidon est également un sous-produit du processus de fractionnement de l'orge pour la production de β -glucanes, [58]. Comprendre les propriétés de l'amidon fournit une base pour les produits transformés à valeur ajoutée contenant de l'orge. De nouveaux amidons nouvellement fabriqués à partir de mutants génétiques tels que le génotype «à amylose uniquement» offrent diverses applications possibles pour les industries de l'alimentation et autres [59]. Un examen systématique de divers aspects de l'amidon est nécessaire pour soutenir l'exploitation actuelle de l'orge en tant que culture durable.

2.3.3. L'orge dans la production des boissons

L'utilisation la plus connue et la plus répandue d'orge, à des fins alimentaires, est liée à la production de malt. Le maltage qui exige l'acquisition des grains d'orge de bonne qualité. En effet, la teneur en eau du grain ne doit pas dépasser les (12 %) [60], pour éviter la croissance des moisissures ; le grain doit également conserver

sa viabilité et avoir un taux de germination de (98 %) [60], ceci assure une germination uniforme ; la teneur en protéines constitue un attribut important pour évaluer la qualité du grain, selon MARTIN et BAMFORTH [61], pour les orges brassicoles à six rang, la teneur en protéines acceptable est de (11,3 à 12,5 %). Pendant le processus de fermentation, une faible teneur en protéines peut ne pas satisfaire les besoins des levures tandis que la teneur élevée en protéines diminue le volume de l'amidon du grain [52]. D'ailleurs les glucides de l'orge sont particulièrement bien adaptés au maltage [42]. Le processus de maltage décompose les glucides en sucres qui fournissent des arômes uniques et un carburant pour la fermentation. Les boissons maltées sont classées en fonction de leur teneur en alcool : boisson alcoolisée avec un taux supérieur ou égale à (12 %) ; boisson à faible teneur en alcool avec (0,5 à 1,2 %) et boisson non alcoolisée quand la quantité d'alcool est inférieure ou égale à (0,5 %). En fait, les produits de fermentation de l'amidon sont également distillés en alcool de grain pur pour les produits du type vodka, ainsi que pour l'éthanol industriel vendu principalement à l'industrie pharmaceutique. Des quantités modestes de boissons non alcoolisées à base d'orge et de malt sont consommées dans le monde [49]. Parmi les boissons non alcoolisées on trouve les boissons maltées souvent sous la forme de «lait malté» dans lequel l'extrait de malt est mélangé à du lait ; infusion d'orge (substitut de café) ; eau d'orge et le thé d'orge [42].

2.3.4. L'orge en alimentation animale

L'orge a longtemps été une référence pour l'alimentation animale, le kilogramme d'orge a servi à définir l'Unité Fourragère (UF). Le grain d'orge peut être utilisé pour alimenter les bovins les porcs et dans certains cas les volailles [33]. L'orge d'hivers peut être pâturée, lorsqu'elle est au stade du tallage. L'orge est aussi, quelquefois, récoltée en vert à épiaison, seule, ou en association avec la vesce commune. Les orges du fourrage peuvent être des variétés à deux rangs ou à six rangs qui sont très compétitives. En effet, elles peuvent être récoltées comme fourrage en environ 58 à 65 jours [33], [62]. De plus, l'orge peut être plantée, dans certains environnements, pour une double exploitation. Le moment opportun de la récolte des fourrages correspond au stade laiteux-pâteux du grain en effet, le

stade de récolte a un impact significatif sur la qualité du fourrage. La récolte au stade laiteux est recommandée pour une qualité optimale bien que le stade pâteux peut produire un peu plus de fourrage tout en offrant une qualité relativement bonne [63]. La partie aérienne de l'orge est coupée et laissée sécher jusqu'à une humidité adéquate, puis hachée et stockée pour qu'elle soit utilisée sous forme d'ensilage. ROSSER et *al.*, [63] ont noté que la digestibilité de l'ensilage d'orge entière diminue en fait à mesure que le stade de maturation progresse. L'orge fourragère ou les peuplements mixtes d'orge et de vesce peuvent être également récoltés sous forme de foin sec [62]. Le mélange entre orge et vesce permet d'améliorer le rendement du fourrage et d'augmenter le taux en protéines [33]. La paille d'orge peut être utilisée comme fourrage lorsqu'elle est bien complétée. Comparativement au maïs, le grain d'orge contient plus de protéines, de méthionine ; de cystéine ; de lysine et de tryptophane [42]. Ces informations mettent en évidence la contribution potentielle de l'orge à la satisfaction des besoins en protéines des ruminants à forte production [63]. En outre, par rapport aux autres céréales, l'orge contient les taux les plus élevés de fibres détergentes neutres et acides et les taux les plus faibles d'amidon et de graisse. L'orge est la plus riche en potassium et en vitamine parmi les autres céréales [33]. Le grain d'orge contient cinq fois plus de calcium que l'avoine [42]. Avec deux fois plus de cuivre et de molybdène et plus de deux fois plus de manganèse, l'orge est supérieure au maïs. Cependant, l'orge est plus pauvre en zinc que le maïs. La vitamine C et la vitamine B₁₂ font partie des nutriments manquants dans l'orge [63]. Il convient de noter qu'il existe peu de différences dans la composition nutritionnelle des orges à deux rangées et à six rangées. Les porcs tiraient plus d'énergie de l'orge que les autres animaux, tandis que les bovins utilisaient moins l'énergie de l'orge. Les corrélations de l'énergie utilisable de l'orge entre les poulets de chair et les autres animaux étaient de (0,77 %) pour les pondeuses, de (0,56 %) pour les porcs et de (0,09 %) pour les bovins [62]. Cependant, le grain d'orge est un aliment utile pour plusieurs catégories de bovins de boucherie. Lorsqu'elle est correctement traitée, mélangée et complétée, l'orge constitue un excellent grain fourrager [63]. Il peut être utilisé dans les régimes de croissance et de finition des bovins d'engraissement, comme complément dans les rations fourragères des génisses de remplacement et comme source d'énergie et de protéines pour les vaches en gestation et en

lactation [62]. Le traitement de l'orge nécessite une attention particulière afin de maximiser l'efficacité de la digestion et de maintenir une fonction du rumen stable [63].

3. Situation de l'orge en Algérie

En Algérie, l'orge (*Hordeum vulgare* L.) est souvent considérée comme une céréale secondaire à l'inverse des blés, alors qu'elle a d'énormes potentialités voisines. En effet, traitée et entretenue comme les blés, l'orge peut réaliser des rendements équivalents. En revanche, l'orge est reconnue par son importance sur le plan agronomique et socioéconomique. C'est une espèce très adaptée au système des cultures pratiquées en zones arides; semi-arides voire salées ou d'altitude [39]. Cette adaptation est liée à un cycle de développement court et à une vitesse de croissance appréciable au début de cycle [64]. Du fait de sa rusticité l'orge supporte les sols pauvres et les températures basses [65]. De par ces caractéristiques, cette culture s'insère bien dans les milieux caractérisés par une grande variabilité climatique où elle constitue avec l'élevage ovin l'essentiel de l'activité agricole locale [66]. Les multiples usages de cette céréale, en vert, chaume, paille ou en grain, lui confèrent une valeur stratégique dans l'alimentation animale, il s'agit d'un fourrage de référence puisque 1 kg de grains est l'équivalent de l'unité fourragère contenant (75 g) de matière azotée [67]. Elle représente l'alternative là où les fourrages de substitution sont très peu représentés [39]. En effet, la totalité de la production estimée à (19 573 270qx) en 2019 est destinée à l'alimentation du cheptel [68]. Le reste est destiné à l'alimentation humaine [69]; l'orge est un aliment très apprécié pouvant se conserver durant de longues périodes et transporté pour des distances importantes. Cette spéculation joue un rôle déterminant dans le comportement des marchés de l'ensemble des aliments du bétail [70]. De plus, l'orge permet aux agriculteurs qui disposent de peu de surface d'exploiter du fourrage pour leur cheptel et du grain pour leur propre consommation ou pour leurs animaux [71].

3.1. Contexte agricole local de la culture de l'orge

L'orge est une espèce très adaptée aux systèmes de cultures pratiqués en zones semi-arides. Cette adaptation est liée à un cycle de développement court et à une vitesse de croissance appréciable, en début de cycle [72]. Cette culture s'insère bien dans les milieux caractérisés par une grande variabilité climatique où elle constitue avec l'élevage ovin l'essentiel de l'activité agricole locale [73]. En effet, la culture de l'orge est concentrée dans les zones marginales des plaines intérieures et des hauts plateaux (semi-aride) et jusqu'à la steppe. Les zones semi-arides se caractérisent par des sols peu profonds et peu fertiles suite à l'absence de restitution de la matière organique, ainsi la remontée des eaux vers la surface à cause de la forte demande climatique, crée des dalles de tufs à des profondeurs variables du profil [74] ; [75]. Selon ELMOURID et *al.*, [76], la profondeur du profil joue le rôle de réservoir d'eau avec une faible couche travaillée, ce réservoir est très limité, ce qui accentue les effets de la sécheresse sur la culture mise en place. Dans ce contexte semi-aride, la sécheresse joue un rôle d'amplification de la situation aléatoire en agissant comme un déterminant notable dans les modalités d'évolution et de fonctionnement que les exploitations situées dans ces zones mettent en œuvre [72]. Cependant, de nombreuses observations démontrent que cette contrainte climatique n'a pas fondamentalement altéré la place que continue d'occuper l'orge dans les assolements pratiqués dans les exploitations agricoles. Par conséquent, BROWN et *al.*, [77], notent que l'orge possède une bonne efficacité d'utilisation de l'eau en conditions de déficit hydrique, bien qu'elle semble, selon BENSALÉM [78], plus sensible que le blé et le triticale à un stress hydrique intervenant en début du cycle de développement. Il est évident que le facteur principal interagissant dans la réponse des géotypes est la variation des conditions climatiques observées dans les zones semi-arides. Parmi les paramètres climatiques mis en cause : la température minimale et la pluviométrie du début de printemps, sont les plus déterminants [79]. La superficie céréalière représente en moyenne entre (3 et 3,3 millions d'hectares) emblavés annuellement soit plus de (45 %) des terres labourables qui sont destinées aux céréales et (2,6 millions d'hectares) des terres en jachère, soit (34 %) des terres labourables [73]. L'analyse des moyennes d'occupation des céréales dénote que le blé dur et l'orge occupent (74 %) en moyenne de la sole céréalière avec (43 %)

pour le blé dur et (30 %) pour l'orge [80]. En effet, les orges ont connu un réajustement à la hausse et plus particulièrement durant les dernières décennies passant de (215,630 hectares) en (2000-2001) à (1, 250,762 hectares) en (2009-2010) soit un accroissement de la sole de (28 %) [81]. Cependant, durant cette dernière décennie, la culture de l'orge n'a pas gardé cet ajustement à la hausse en effet, la superficie emblavée, la production et le rendement ont connu une irrégularité et une instabilité remarquable et ce, est indiqué dans le (Tableau 1.4)

Tableau 1.4. Evolution progressive des superficies, des productions et des rendements de l'orge, de (2010 à 2019), [1].

Année	Superficie emblavée ha	Production qx	Rendement (q/ha)
2010	1250762	22033590	17,61
2011	1018792	15039000	14,76
2012	852379	12580800	14,76
2013	1030477	15917150	15,44
2014	897719	14986390	16,69
2015	791843	9394010	11,86
2016	802336	10305560	12,84
2017	1236204	9199070	07,44
2018	1303149	9696960	07,44
2019	1277512	19573270	15,32

La superficie réservée à la culture de l'orge a connu une baisse remarquable depuis 2009 jusqu'au 2015 car elle passe de (1 25 762 ha) en 2009 à (802 336 ha) en 2015 puis elle s'est augmentée en 2016 pour atteindre (1 236 204 ha) et elle continue son augmentation pour un pic de (1 303 149 ha) en 2017. Au cours de la période (2009/2018) la production de l'orge est caractérisée par une diminution et une irrégularité car la production passe de (22 033 590 qx) en 2009

à (9 696 960 qx) en 2017 puis elle s'est augmentée en 2018 pour atteindre quasiment la même quantité qu'en 2009 soit (19 573 270 qx). Les rendements ont connu eux aussi une diminution surtout durant les deux campagnes agricoles (2015/2016) et (2016/2017) où le rendement enregistré n'a pas dépassé les (7 qx/ha). Par contre, le rendement augmente en 2018 jusqu'au (15, 32 qx/ha). Malgré la progression de ces dernières campagnes, le rendement reste faible et variable d'une année à l'autre de (7 à 15 q/ha) et reste l'un des plus bas relativement à ce qui se réalise sur le pourtour méditerranéen [35]. Les facteurs humains et naturels sont, en général, directement corrélés à l'évolution de la production des céréales. En effet, le secteur agricole s'est vu livré tous les cinq ans à des rendements qui ont influé négativement sur la production et ont créé un sentiment d'insécurité au sein du monde rural [82].

3.2. Contexte politico-économique local de la culture de l'orge

Au cours de la longue histoire des systèmes agraires algériens, les données du problème auquel la culture des céréales fait face n'ont pas fondamentalement changé. La culture des céréales est essentiellement pluviale ; elle est soumise à des régimes pluviométriques variables et bien souvent faibles qui se traduisent par de fortes contraintes hydriques et thermiques. Cet environnement, le plus souvent stressant, impose une limite à l'expression des aptitudes génétiques des cultivars et explique en partie la stagnation du rendement qui n'a pas connu d'amélioration notable durant plus d'un demi-siècle [82] ; [83]. Pour rompre avec une céréaliculture qui a montré ses limites, l'Etat à travers le PNDA, a engagé une démarche visant à traiter de manière différenciée les espaces céréaliers, chacun selon le potentiel productif qu'il présente. Cette démarche vise une intensification de la production céréalière, au niveau des zones favorables d'une part, et une adaptation progressive des systèmes de production aux potentialités et aux vocations naturelles des zones de productions d'autre part [84]. Cependant, la culture de l'orge n'est pas subventionnée de la même façon que la culture des blés par conséquent, les agriculteurs réservent de faibles superficies pour la culture de l'orge et qui ne dépassant pas le plus souvent, (10 hectares) par agriculteurs. L'agriculteur algérien réserve de grandes superficies au blé dur

même si, leurs terres agricoles se trouvent localisées sur les zones marginales là où la culture de l'orge est plus productive [85]. Dans ce contexte l'Algérie reste déficitaire en cette culture en effet, elle fait recours aux importations. Les besoins nationaux en orge restent mal cernés, probablement à cause de l'utilisation de cette espèce, dont l'importance économique réside dans le fait qu'elle participe d'une façon importante à l'alimentation d'un cheptel assez mobile sous différentes formes : grain, chaume, paille et fourrage vert [72] et à sa faible participation à l'alimentation humaine [86]. Cependant, selon BENMAHAMMED [78], les besoins varient entre (15 et 20 millions de quintaux par an).

3.3. Utilisation de l'orge en Algérie

L'orge a le plus souvent des usages mixtes, elle constitue presque l'unique ressource des exploitations offertes aux animaux sous forme de grain, de paille, d'orge déprimée à pâturer en hiver et de chaume en été. L'orge offre dans ces écosystèmes, l'avantage d'une utilisation souple selon ce que sera le climat de la campagne, ceci explique l'attachement des agriculteurs à cette culture, bien que ses rendements soient souvent faibles [67]. En Algérie, l'orge est utilisée dans l'alimentation des ovins avec un taux de (90 %) et les (10 %) restants sont utilisés dans l'alimentation humaine [87]. Aussi l'orge constitue une source de fourrages verts précoces représentent ainsi un lien entre la paille (foin) et les concentrés fourragers, comme elle peut être pâturée sur une courte période avant de la laisser produire en grain et en paille. La paille de l'orge est très estimée et demandée par les éleveurs autant que les fourrages de qualité [86]. Nous constatons un retour à la fabrication traditionnelle des produits de l'orge tels que : le couscous ; le pain et elmermeze. Pour mémoire, le pain d'orge (elkesra) servait d'aliment de base pour les algériens pendant la colonisation [88]. De plus, dans les zones rurales le repas quotidien se compose de galette d'orge et de couscous, [64].

3.4. Les variétés d'orge cultivées en Algérie

La variété est l'un des facteurs les plus importants dans l'amélioration des rendements. L'orge en Algérie, n'est représentée que par Saida et Tichedrett, Saida est demandée sur tout le territoire national avec un taux d'occupation de (74 %), alors que Tichedrett est localisée sur les hauts plateaux avec un taux d'occupation de (15 %) [64]. Selon BOUZARZOUR et DJEKOUN [89], ces deux variétés populations ont atteint un degré d'homogénéité élevé. Par ailleurs, l'adoption de nouvelles variétés a été peu suivie, en raison de leur grande sensibilité aux variations environnementales. De nouvelles variétés ont été sélectionnées, mais, le degré d'adaptation par les agriculteurs a été le plus souvent très faible voir nul dans les zones semi-arides [90] ; [91]. En effet, les nouvelles obtentions se caractérisent par une forte sensibilité aux aléas climatiques d'où leur instabilité de production [92], [93]. ELMOURID et *al.*, [76], signalent qu'au Maroc l'emploi de variétés précoces et semi-précoces combiné aux techniques culturales appropriées permet de réduire la fluctuation des rendements et stabiliser ainsi la production agricole. Ces variétés améliorées se caractérisent par un haut rendement en comparaison avec les variétés locales en conditions climatiques favorables. Il apparaît donc que l'amélioration de la production est possible, en adaptant un itinéraire technique plus intensif, bien vulgarisé, dans les plaines intérieures où les conditions de production sont nettement plus favorables en adaptant des cultivars plus flexibles Vis-à-vis des conditions climatiques [94]. Ces nouvelles variétés doivent se distinguer par la tolérance aux stress et des capacités de production plus fortes que celles des variétés locales pour qu'elles puissent les remplacer.

3.5. La gamme variétale de l'espèce orge en Algérie

La gamme variétale de l'espèce orge est caractérisée par l'incohérence de la pyramide variétale, le manque de rigueur dans la mise en place du matériel végétal de départ et l'absence de rigueur dans le retrait ou l'introduction dans la progression annuelle ce qui fait une gamme variétale sans cesse en modification menant à un déséquilibre persistant au niveau de la profession entre nouvelles et anciennes variétés [95]. Face à cette situation, un programme de développement des semences de céréales a été mis en œuvre en 1992, pour apporter les

corrections et les orientations nécessaires en vue d'améliorer la gestion de la gamme variétale, ces correctifs sont passés par un processus progressif intégrant trois actions spécifiques : la purification et l'assainissement de la gamme variétale, la rationalisation du nombre de variétés retenues, la conservation permanente entre tous les partenaires du secteur semencier pour répondre à la reproduction et aux souhaits des agriculteurs [65]. En effet, il existe huit variétés d'orge multipliées sur treize variétés autorisées à la production et à la commercialisation. La gamme variétale a connu un changement entre (1994 et 2006), cela s'est traduit par la diminution du nombre de variétés importées, en contrepartie, nous observons une progression dans la réutilisation des variétés locale (Saida et Tichedrett) avec un taux d'occupation de (89 %), du fait qu'elles sont très appréciées par les agriculteurs [84]. Cependant, en 2006, trois variétés ont été nouvellement homologuées (Exito ; Hermione et Hispanic) [96].

4. Situation de la culture de l'orge dans la wilaya de Mila

Mila se distingue par sa vocation agricole, elle s'étend sur une superficie totale de (347840 ha) avec (315745 ha) réservés à l'agriculture dont la superficie agricole utile est de (237557 ha) [97]. La répartition par ensemble naturel et zone d'aménagement met en évidence la part prépondérante des hautes plaines soit (55,12%) de la SAU [97]. Cette partie est propice au développement de l'agriculture. Elle se caractérise par une topographie favorable à l'intensification. En revanche, cette zone jouit d'un climat semi-aride limitant la pratique d'une large gamme de cultures. Le reste de la SAU est partagé entre piémonts et collines avec (30,67 %) de la SAU et l'ensemble montagneux avec (14,21 %) de la SAU [97]. D'après la DAS [97], la surface agricole utile se caractérise par la prédominance de la jachère soit un taux de (48 %) de la SAU. Elle rentre dans le système d'assolement des grandes cultures (céréales, fourrages, légumes secs), la jachère participe à la satisfaction des besoins fourragers de cheptel ovin et bovin, mais demeure un frein à l'intensification. La céréaliculture occupe la proportion la plus importante des terres cultivées, par exemple, au cours de la campagne (2009-2010) la superficie emblavée était très importante soit un taux de (78%) [97]. Elle est pratiquée essentiellement en système extensif en alternance

avec la jachère. Les céréales fournissent (55 %) de la production végétale totale où le blé dur participe avec un rendement moyen de (8,8 qx/ha), le blé tendre avec (9,5 qx/ha) et l'orge avec (10,3 qx/ha).

4.1. Répartition de l'orge dans les différentes communes de la wilaya de Mila

La production de l'orge se trouve localiser dans la zone sud de la wilaya avec un taux d'occupation de (86,41 %). Par conséquent, la superficie réservée à la culture de l'orge dans cette région est plus importante par rapport aux blés [97]. En revanche la production de blé tendre est plus importante que celle de l'orge car les agriculteurs préfèrent de vendre les blés et de garder la production de l'orge. En effet, les trois céréales ne sont pas subventionnées de la même manière, des prix bas réservés à l'achat des orges. De plus, les agriculteurs cherchent à satisfaire l'alimentation de leur cheptel surtout dans les communes agro-pastorales où la superficie emblavée dépasse les (10 %) comme CHelghoum Elaid avec (17 %) Tadjenanet (13,75%) ; Oued Khelouf (13,7 %) et El M'chira avec (11,8 %) (Figure1.4)

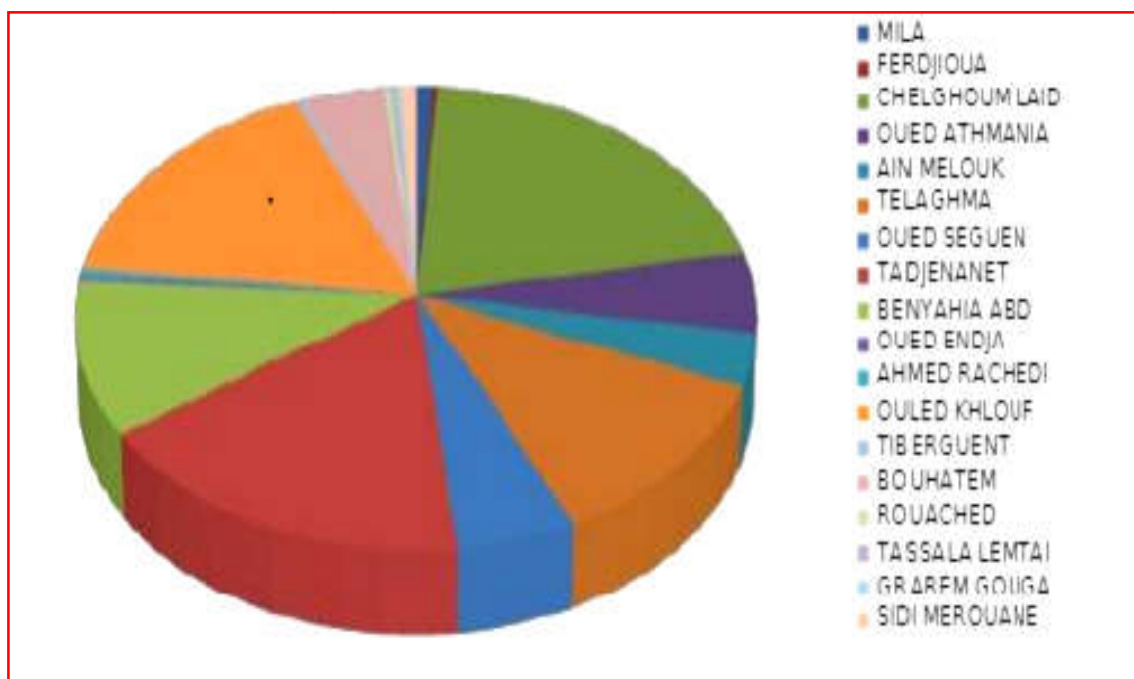


Figure 1.4. Représentation de la production de l'orge dans les communes de la wilaya de Mile durant la campagne agricole (2015/2016).

4.2. Évaluation des superficies, de la production et des rendements de l'orge dans la wilaya de Mila

L'analyse des moyennes d'occupation des céréales dénote une prépondérance de deux cultures par rapport au reste car le blé dur et l'orge représentent (76%) en moyenne de la sole céréalière soit (57%) pour le blé dur et (19 %) pour l'orge [97]. D'après le (Tableau 1.5), les orges ont connu un réajustement à la baisse et plus particulièrement durant ces dernières campagnes passant de 20675 hectares en (2005/2006) à (20490 hectares) en (2015/2016) soit une diminution de (185 hectares), [97]. En effet, la sole réservée à l'orge dans la wilaya de Mila est irrégulière, elle dépend de l'année, des besoins de l'agriculteur et de l'éleveur. Malgré cette diminution constatée pour les superficies emblavées en orge nous remarquons cependant une augmentation pour les rendements car les rendements moyens ont connu une progression dans le temps, ils passent de (10,3 q/ha) en (2005/2006) à (25,84 q/ha) en (2015/2016) soit un accroissement du niveau de productivité de plus 316286 quintaux soit en moyenne 15,54 q/ha.

Tableau 1.5. Evolution progressive des superficies, des productions et des rendements de l'orge, de (2010 à 2019) [97].

Année	Superficie emblavée ha	Production q	Rendement (q/ha)
2010	23930	340270	14,22
2011	24229	354607	14,63
2012	22522	416148	18,48
2013	22579	361641	16,01
2014	22345	250264	11,20
2015	21876	234409	10,71
2016	20490	529554	25,84
2017	22902	623561	27,22
2018	22322	597836	26,78
2019	22550	600591	26,63

Ce chapitre a présenté quelques aspects intéressants de l'orge, notamment en ce qui concerne l'importance économique dans un contexte mondial, algérien et milevien. Nous avons vu à travers ce chapitre que l'orge est l'une des anciennes cultures céréalières, cultivées et utilisées dans le monde. Grâce à sa grande adaptabilité, cette plante pousse dans un large éventail de milieux. Depuis les années 1970, la superficie emblavée en orge a diminué surtout dans les pays producteurs comme la Russie, les Etats-Unis, l'Inde et la Chine, probablement à cause des faibles revenus découlant de cette culture. Cette situation a été contrebalancée par l'amélioration des rendements en effet, il est passé d'environ (14 q/ha) au cours des années 1960 à (30 q/ha) en 2017, ce qui a fait l'augmentation de la production de l'orge, elle est passée de 79 Mt durant les années 1960 à (141 Mt) en 2017. La totalité de la production est vouée à l'alimentation animale avec (70 %) et les (30 %) restants sont principalement destinés à la fabrication d'ingrédients de la bière et une petite quantité pour d'autres applications alimentaires humaines.

En Algérie, l'orge est cultivée dans les zones marginales sur de faibles superficies qui ne dépassent pas les dix hectares par agriculteur en effet, l'évolution des superficies emblavées, de la production et des rendements est identique par rapport à la situation de l'évolution de l'orge dans le monde. En revanche, l'usage de l'orge en Algérie est basé beaucoup plus sur l'alimentation animale en effet, (10 %) seulement sont destinés à la consommation humaine. Les fluctuations de la production de l'orge en Algérie et dans la wilaya de Mila sont dues à la mauvaise gestion politico-économique par conséquent la subvention de l'orge est la plus faible par rapport aux blés. Les fortes potentialités que possède l'Algérie dans le domaine agricole et surtout en terme de superficies agricoles pourrait rendre l'Algérie l'un des pays leader de la production de l'orge surtout que la forte demande de l'orge sur les marchés mondiaux n'a pas été compensée par la production mondiale ce qui conduit, d'un côté, à une diminution des stocks dans de nombreux pays producteurs et de l'autre côté, une augmentation du prix de l'orge. Cette situation pourrait s'aggraver à l'avenir en raison de l'augmentation de sa demande sur les marchés mondiaux.

CHAPITRE II. ADAPTATION DE LA CULTURE DE L'ORGE À L'ENVIRONNEMENT

Depuis les millénaires qu'elles existent sur cette planète, les plantes ont développé diverses stratégies pour survivre à des conditions hostiles comme la sécheresse. Certaines possèdent des défenses naturelles, il s'agit alors d'espèces susceptibles de tolérer des périodes de sécheresse et des éléments desséchants du climat comme le vent ou les rayons chauds du soleil [98]. La sélection de céréales dans des régions à forte contrainte hydrique implique une remise en cause des doctrines et des stratégies, s'appuyant sur une analyse des relations plante-milieu et sur une étude approfondie des mécanismes d'adaptation du végétal [99]. Cette sélection doit être envisagée selon une démarche synthétique, tenant compte des interactions qui existent entre organes et fonctions au sein de l'organisme [100]. Les mécanismes d'adaptation changent avec le génotype, l'âge de la plante, l'environnement, le type d'organe et de tissu. Pour ces raisons, il est nécessaire de déterminer les conditions les plus appropriées pour lesquelles on observe le type de réponse physiologique qui est mieux liée à l'amélioration de la productivité [101].

1. Environnement

L'environnement est, d'une part, l'ensemble des conditions pédologiques et météorologiques auxquelles une plante (ou un animal) a été exposée au cours de sa vie. D'autre part, l'environnement est tout ce qui n'est pas génétique dans le phénotype ou tout ce qui ne peut pas être expliqué par des termes génétiques ou liés au génotype. Le terme «environnement» peut faire référence au niveau d'un facteur environnemental dans un modèle statistique pour décrire le phénotype, mais il peut également faire référence à la description complète des

conditions de croissance en termes de sol et de conditions météorologiques. L'environnement peut en outre comprendre des éléments et des facteurs biotiques, comme les pressions exercées par les maladies [102]. En effet, en céréaliculture, on range dans cette catégorie des facteurs tels que l'année (influence du climat), la parcelle (influence des conditions topographiques et de sols), les doses d'engrais appliquées aux différents stades du développement de la plante, les traitements phytosanitaires effectués et les conditions de récolte. Parmi les caractéristiques physiologiques propres à l'individu, que l'on considère comme facteur de milieu, le cycle et le stade de développement de la plante jouant sur les valeurs phénotypiques [103].

2. Le génotype

Individu ou collection d'individus partageant la même constitution génétique, c'est-à-dire avec la même composition d'ADN. La signification du terme «génotype» peut varier légèrement selon le contexte. Dans sa forme la plus simple, un génotype n'est qu'un niveau du facteur génotypique utilisé pour analyser les données phénotypiques recueillies sur un ensemble de génotypes dans plusieurs essais. Dans la cartographie QTL et la prévision génomique, le «génotype» fait généralement référence au génotype marqueur multi-locus d'un individu. Le terme génotype est souvent utilisé dans un sens générique et comprend des concepts comme les lignées, les hybrides, les cultivars, les variétés [102].

3. Phénotype

Caractéristiques observables d'un individu ayant une constitution génétique définie (génotype) dans un environnement donné à un moment précis [104]. En génétique quantitative, les caractères que l'on étudie font l'objet d'une mesure [103]. Ainsi, on appelle valeur phénotypique le résultat de la mesure effectuée sur un individu. Le phénotype est la valeur prise par l'arrangement des gènes pour un caractère donné. Selon MACKENZIE *et al.*, [105], le phénotype est le produit de l'interaction du génotype et de son milieu. En effet, le phénotype représente un critère de sélection : Parmi un grand nombre d'individus, le choix portera sur les

plus aptes à survivre et à mieux se reproduire [106], autrement dit, sur ceux qui correspondent aux objectifs agronomiques ou de qualité définis au départ [107].

4. Interaction génotype x milieu

Interaction génotype-environnement est un phénomène qui se produit lorsque la performance phénotypique relative d'une paire ou d'un ensemble de génotypes est conditionnée par l'environnement. Par conséquent, les différences phénotypiques entre les génotypes changent d'un environnement à l'autre, et le meilleur génotype sous un ensemble de conditions sera différent du meilleur génotype sous un autre ensemble de conditions [104] ; autrement dit il y a une interaction génotype x milieu lorsqu'on s'écarte de la situation d'additivité, c'est-à-dire lorsqu'une condition de milieu affecte différemment les génotypes comparés et que l'écart entre les génotypes n'est pas le même selon les conditions de milieu. En effet, l'interaction $G \times E$ affaiblit l'association entre le phénotype et le génotype et peut réduire les progrès génétiques dans les programmes de sélection. Fondamentalement, l'interaction entre les effets du génotype et du milieu est un concept statistique, dont la mise en évidence passe par les techniques de l'analyse de la variance [103]. Par conséquent, en termes statistiques, l'interaction $G \times E$ décrit une situation dans laquelle l'effet simultané de deux variables de classification (génotype et environnement) sur une troisième dépendante continue, comme le rendement, ne suit pas un modèle additif et une bonne description de la variable dépendante, le phénotype, nécessiterait l'inclusion de termes de modèle spécifiques à la combinaison du génotype et de l'environnement.

5. Bases génétiques de l'interaction génotype x milieu

Selon FELDMAN [108], l'origine des interactions est non seulement génétique, due à la présence entre autres de gènes d'adaptation, mais aussi liée aux effets du milieu. Selon GALLAIS [109], l'existence d'interaction génotype x milieu signifie que selon le milieu l'ensemble des gènes d'un génotype ne s'exprime pas de la même façon. Certains génotypes sont plus stables que d'autres, leurs

performances varient moins selon le milieu : ils sont homéostatiques. Un génotype est considéré comme ayant une large adaptation si ses performances de rendement sont meilleures que celles d'un génotype de référence. Lorsque cette supériorité couvre la gamme complète des conditions de croissance potentielles, la population cible des environnements nous appelons le génotype généralement largement adapté. Lorsqu'il concerne une partie spécifique des conditions de croissance, le génotype est appelé spécifiquement ou étroitement adapté. Une large adaptation signifie invariablement un rendement moyen élevé, et donc des génotypes largement adaptés ont, statistiquement parlant, un effet principal génotypique important. Les génotypes étroitement adaptés ont un rendement relativement élevé dans des conditions spécifiques et n'ont généralement pas d'effet principal génotypique élevé. En effet, l'adaptation d'un génotype au milieu peut avoir deux origines : la présence de gènes d'adaptation, ou plus exactement de gènes qui gouvernent des caractères jouant un rôle dans l'adaptation [110]. Les gènes d'adaptation spécifique sont nombreux : ils peuvent concerner l'évitement de la contrainte (gènes de précocité) ou bien l'adaptation à la contrainte elle-même (résistance au froid hivernal) ou à l'agent pathogène. L'adaptation générale à différents milieux peut être contrôlée par des gènes non-allèles différents ou bien, comme dans le cas de la pléiotropie, par des gènes allèles produisant des effets variables (positifs ou négatifs) entre milieux [110]. Les génotypes les plus adaptés seront ceux cumulant un maximum de gènes à effets favorables. Les gènes peuvent être en outre plus ou moins spécifiques comme dans le cas des résistances aux maladies [111]. Les avancées de la biologie moléculaire, notamment la recherche de QTL (Quantitative Trait Loci ou régions du génome associées à l'expression « quantitative » de certains caractères agronomiques) et la possibilité nouvelle de séquencer le génome d'une espèce afin d'en faire l'inventaire des gènes, devraient permettre d'identifier des gènes d'adaptation, en particulier les gènes à effets pléiotropiques [108]. En effet, La sélection directe d'allèles QTL spécifiques est principalement pertinente pour les caractères avec une architecture génétique simple, régulée par quelques QTL (gènes) avec des effets importants. Pour les caractères avec une régulation génétique plus complexe, comme le rendement en grains, l'utilisation de la prédiction génomique est rapidement adoptée par les programmes de sélection commerciale [112]. Ces prédictions peuvent être faites

en se concentrant sur des régions génomiques spécifiques (QTL) ou en utilisant un ensemble de marqueurs à l'échelle du génome sans sélection explicite de marqueurs (prédiction génomique).

6. Prendre en compte l'adaptation en sélection

En Algérie, la presque totalité des surfaces cultivées en orge sont localisées sur les hautes terres, semi-arides, là où les possibilités d'intensification sont très réduites. La pluviométrie et les températures y sont sujettes à de grandes variations intra et inter annuelles, qui affectent sérieusement les rendements des cultivars [113]. TEULAT-MERAH et *al.*, [114]; ACEVEDO et *al.*, [115]; BOUZERZOUR et MONNEUVEUX [64]; CECCARELLI et *al.*, [116], indiquent que les contraintes climatiques mises en cause, dans de tels cas, sont le gel tardif ; la sécheresse et les hautes températures en fin de cycle. En effet, les paramètres phénologiques d'adaptation caractérisent le « calage » du cycle vis-à-vis des événements climatiques [117]; [99]. En jouant sur ce type de paramètre, il est possible d'éviter la coïncidence des phases critiques du cycle avec les dates d'occurrence maximale de certains accidents climatiques (hautes températures, déficit hydrique) [117]. La prise en compte de ce type de paramètres renvoie à la notion d'« évitement » ou d'« esquive » défini par LEVITT [118], dans le cas de la contrainte hydrique, par exemple, la mise en place d'une stratégie d'évitement consiste à inscrire le cycle à l'intérieur d'une période au cours de laquelle les potentiels initiaux (sol) et finaux (atmosphère) du continuum sol-plante-atmosphère sont élevés et permettent d'éviter une baisse du potentiel hydrique de la plante. Cette stratégie d'évitement permet de protéger la plante et de réduire son niveau de stress, aux dépens de la photosynthèse. Comme dans la stratégie d'esquive, on échange donc une réduction du risque contre une réduction du rendement potentiel [119]. Par ailleurs, l'utilisation de la sélection sur la base de la précocité au stade épiaison est justifiée par le souci de donner à la plante un cycle de développement qui lui permet d'éviter les contraintes climatiques telles que la sécheresse et les hautes températures de fin de cycle. Pour OOSTEROM et *al.*, [120], le froid tardif pour BOUZERZOUR et BENMAHAMMED [121]. De ce fait, la stabilité de la précocité au stade épiaison est très importante pour pouvoir limiter les risques liés à la variabilité climatique. Selon HADGICHRISTODOULOU [122],

ABSSENE et *al.*, [123] et MONNEUVEUX et THIS [107], La précocité est un caractère souvent recherché en zones méditerranéennes, dans la mesure où il permet l'évitement du déficit hydrique terminal. D'après BAHLOULI et *al.*, [124], les génotypes tardifs ont tendance à épier à une date plus ou moins fixe, par contre, un génotype précoce a tendance à épier plus tôt ou plus tard, selon que l'hiver est plus doux ou plus rigoureux. Ces auteurs observent que certains génotypes d'orge, tardifs à l'épiaison, se caractérisent par leur capacité à épier à plus ou moins à la même date, quelle que soit l'année. ABSSENE et *al.*, [123] ont observé le même phénomène chez le blé dur (*Triticum durum Desf*). Ceci s'explique probablement par le fait que les génotypes précoces répondent plus aux sommes de températures accumulées, alors que les génotypes tardifs répondent plus à la vernalisation et à la photopériode [125]. HADGICHRISTODOULOU [122], trouve que les variétés tardives sont plus régulières de point de vue date d'épiaison et production. ABSSENE et *al.*, [123], recommandent que les mécanismes génétiques et physiologiques qui sont à la base du contrôle de la précocité à l'épiaison soient étudiés pour faciliter le choix des génotypes appropriés dans la recherche d'une plus grande adaptation à la variabilité climatique de la région. La recherche sur la tolérance ou la résistance au froid tardif est nécessaire pour pouvoir exploiter d'avantage en productivité des génotypes précoces et échapper ainsi au stress de fin de cycle. L'effet du stress hydrique sur le rendement dépend du stade végétatif auquel survient la contrainte hydrique ; ainsi, plusieurs auteurs notent que les réductions du rendement les plus larges se produisent quand la sécheresse survient, durant la période coïncidant avec l'initiation florale. La sécheresse survient durant les deux dernières semaines avant l'épiaison, elle peut réduire le nombre de grains par épillet [126].

7. Caractères influençant l'adaptation

L'effet de la sécheresse peut se traduire, selon la stratégie adaptative de chaque espèce ou variété, par des modifications morphologiques pour augmenter l'absorption d'eau et/ou pour diminuer la transpiration et la compétition entre les organes pour les assimilats [115]. Le nombre de traits physiologiques ayant un effet potentiel sur la détermination de l'adaptation est extraordinairement important

[102]. En effet, une taille élevée du chaume est souvent associée à un système racinaire profond et donc, une meilleure aptitude à extraire l'eau du sol [127] ; la longueur du col de l'épi, son influence se traduit par les quantités des assimilés stockés dans cette partie de la plante, qui vont être transportés vers le grain pendant le remplissage [128] ; la morphologie et la surface des feuilles sont des caractères liés à la réduction des pertes d'eau, par exemple, chez certaines variétés de blé l'acide abscissique foliaire migre vers l'épi où il induit la stérilité des épillets [129]. Le maintien du potentiel hydrique foliaire est également lié à une optimisation de l'absorption de l'eau par les racines, liée à un ensemble complexe de caractères morphologiques racinaires : profondeur ; masse ; volume et ramification. Ces caractères morpho-physiologiques peuvent être introgressés dans des variétés améliorées [130] ; [120] ; [122]. Néanmoins, l'amélioration des variétés pose des problèmes complexes, du fait de son déterminisme multi-caractères et multi-géniques et du fait de stratégies différentes d'adaptation à la sécheresse [122]. BOUZERZOUR et OUDINA [131] ont identifié des génotypes performants mais sensibles aux stress abiotiques, alors que la sélection faite dans les environnements stressants, isole des génotypes tolérants aux stress, mais ne valorisent pas le milieu. Il est nécessaire, dans ce cas, de caractériser le milieu de sélection pour identifier l'environnement le plus fréquent. Ainsi, la sélection est faite sur la base d'une combinaison de caractères, de sorte que les lignées, qu'en seront issues, soient le mieux assorties à de tels environnements [132].

8. Sélection directe de l'orge

La sélection directe de l'orge utilise le rendement grain comme critère de sélection, du fait qu'il est l'objectif final fixé par le sélectionneur. En revanche, ce caractère présente une faible héritabilité et il est fortement influencé par l'environnement, il a une faible héritabilité notamment en conditions défavorables [133]. Le rendement est sous le contrôle des effets génétiques non additifs, qui se reflètent par une réponse positive en conditions favorables et négatives en conditions défavorables [134]. En effet, La sélection est pratiquée sur la base du rendement, mais, les résultats de certaines études s'accordent à montrer que le rendement est un caractère très variable, soumis à de fortes interactions génotype

× milieu et que son coefficient d'héritabilité est faible [135] ; [115] ; [116] ; [136] ; [137]. Ces derniers auteurs, BOUBAKER et *al.*, [137], confirment que le rendement héréditaire est difficile à estimer, car l'ontogénie de la céréale ne dépend pas seulement du patrimoine génétique, elle est aussi largement influencée par les facteurs écologiques. De ce fait, les sélectionneurs ont adopté une autre stratégie dite la sélection indirecte qui utilise les caractères liés au rendement grain comme critères de sélection. Elle exige beaucoup d'effort pour l'identification et l'étude du déterminisme génétique de ces caractères. Parmi les composantes du rendement grain, le nombre des épis par mètre carré est le facteur le plus déterminant du rendement en absence de gel tardif, il est suivi du nombre de grains par épi et du poids de mille grains [138], en présence de gel le nombre de grains par épi devient le facteur déterminant [135]. D'après FONSECA et PATTERSON [139], Le coefficient d'héritabilité pour le nombre d'épis et le nombre de grains par épi est très élevé, alors celui du poids de mille grains et du rendement grain est faible. Ce dernier semble être plus corrélé au nombre d'épis par plant et au poids moyen de mille grains qu'au nombre de grain par épi. BOUZERZOUR et BENMAHAMMED [121], signalent des liaisons positives du nombre d'épis par plant et du nombre de grains par épi avec le rendement, mais, ils sont négatifs entre eux. Chez l'orge, le rendement est plus corrélé au taux de remplissage du grain et au nombre de grains par épi et par mètre carré qu'au poids de mille grains, qui est positivement corrélé au taux de remplissage de grain, [138], des relations négatives ont été enregistrées entre le nombre de grains par épi et le taux de remplissage de grain [66].

Enfin, pour conclure ce chapitre nous disons que l'orge présente des capacités d'adaptation à plusieurs stress abiotiques. Cependant, le déterminisme génétique d'adaptation est souvent peu connu. TEULAT-MERAH et *al.*, [114], pensent que pour mieux comprendre les composantes physiologiques ; génétiques et moléculaires de la tolérance aux stress il faudra identifier les locus impliqués dans la variation quantitative du caractère étudié ou QTL (quantitative trait loci) en étudiant leur nombre, leurs effets et leur stabilité. D'après ALLARD et BRADSHAW [140], les études génétiques pour les caractères quantitatifs ont été considérablement facilitées, grâce au développement des marqueurs moléculaires. De plus, la création de variétés possédant des rendements stables

moins sensibles aux stress biotique et abiotique serait une alternative pour remédier à toutes ces contraintes; surtout si cette création serait basée sur l'exploitation du stock génétique local représenté par deux cultivars seulement qui ont une bonne souplesse d'adaptation mais sensibles. En effet, ce matériel végétal pourrait être amélioré par la réalisation de croisements, avec des géniteurs introduits, plus résistants.

CHAPITRE III.

CREATION VARIETALE ET MODE D'ANALYSE GENETIQUE

Dans le monde comme en Algérie, les rendements des céréales ne cessent d'augmenter. Cette amélioration revient en partie à la conduite culturale basée sur les techniques les plus modernes mais aussi en grande partie au progrès génétique qui se traduit par l'introduction de nouvelles variétés plus performantes et présentant une grande souplesse d'adaptation aux conditions du milieu et cela pour répondre aux exigences spécifiques telle que la consommation humaine et animale. En revanche, au bout d'une certaine période, les performances d'une variété peuvent diminuer. Il est important de renouveler de manière régulière la gamme variétale existante. Par conséquent, l'amélioration génétique des céréales est devenue la science et l'art de la création de nouvelles variétés ayant des caractères bien précis. Ainsi grâce aux croisements et à la sélection, des gènes initialement présents chez les parents différents sont associés dans une même variété en suite, grâce à l'autofécondation ou à l'haplodiploïdisation les nouveaux caractères seront fixés. Pour accéder à cette nouvelle variabilité génétique des techniques d'analyse génétique et statistique sont appliquées car l'hérédité quantitative se traduit, pour un caractère polygénique, par une gamme de phénotypes mesurables de plus, l'héritabilité est une mesure de la contribution génétique à la variation phénotypique.

1. Les voies de la variabilité génétique

L'amélioration génétique des plantes est aussi vieille que l'agriculture. Elle a débuté avec la domestication des plantes, de façon plus ou moins inconsciente, il y a environ (10 000 ans), lorsque l'homme est devenu agriculteur et qu'il a récolté des graines pour les ressemer. Mais elle n'a vraiment commencé à trouver ses

bases scientifiques qu'avec les premiers travaux sur les lois de l'hérédité, dans la deuxième moitié du XX^e siècle. À partir de cette période, son action a très vite conduit à développer des populations assez homogènes et reproductibles, appelées variétés. Il peut s'agir, selon les caractéristiques biologiques de l'espèce et certaines considérations socio-économiques, de variétés populations, de lignées, d'hybrides entre lignées, de variétés synthétiques, ou de clones. L'amélioration génétique des plantes est alors devenue la science et l'art de la création de variétés de mieux en mieux adaptées aux besoins de l'Homme. Il s'agit d'associer dans un même génotype ou groupe de génotypes, constituant la variété, le maximum d'allèles favorables. Par essence, l'amélioration est donc du génie génétique, au sens large du terme. Le but de l'amélioration des plantes est de créer des variétés qui répondent de mieux aux besoins de l'homme par l'utilisation de la sélection, des systèmes de reproduction (autofécondation) et des biotechnologies, il s'agit de réunir dans une même variété un maximum de gènes favorables [141]. Le processus de création de la variabilité commence par des croisements entre deux parents ou plus. Le choix des parents se fait sur la base de la performance et des caractéristiques agronomiques désirables qu'on cherche à regrouper chez la descendance et qui sont d'intérêts dans l'expression du rendement et de la qualité. Aujourd'hui, l'amélioration de l'orge utilise d'autres techniques plus modernes comme la culture d'anthers ; la culture des microspores isolées ou encore des croisements interspécifiques comme la méthode *d'hordeum bulbosum*.

2. L'hybridation

L'hybridation est un moyen de réunir chez un même individu les caractéristiques favorables des parents [142], [143]. Si c'est l'effet hétérosis qui est recherché, il peut se manifester avec l'utilisation de meilleurs parents comme avec l'utilisation de simples parents c'est-à-dire des parents ayant un bas rendement [144] ; [145] ; [146]. Les sélectionneurs recherchent le plus grand nombre possible de géniteurs [115] et il en résulte souvent un effet hétérosis, vigueur hybride [147]. L'état hybride permet d'obtenir des variétés disposants d'une plus grande vigueur donc, plus productives, associant des caractéristiques complémentaires en provenance

des parents : résistance aux maladies, qualités technologiques et présentant généralement une plus grande souplesse d'adaptation que leurs homologues homozygotes [147].

Depuis de longues années, des chercheurs et des sélectionneurs se sont efforcés d'ouvrir à l'orge la voie hybride, la première évaluation de l'effet hétérosis pour l'espèce orge a été effectuée par IMMERS [148], qui a obtenu une augmentation de rendement de 27%. Depuis lors de nombreux auteurs ont obtenu des augmentations significatives de rendement [149] ; [150] ; [151] ; [143] ; [152] ; [153] ; [154] ; [155] ; [156] ; [157] ; [158]. LEHMANN [158], a trouvé un haut rendement, plus de 50%. Quant à HAGBERG [149] il a travaillé sur 17 hybrides d'orge et n'a pas observé d'effet hétérosis pour le rendement en grain, il a rapporté l'évidence pour le poids total, en effet, PAWLISCH et VAN DIJK [159], ont étudié quatre hybrides d'orge, ils ont trouvé un effet hétérosis pour le rendement en grain et le fourrage. Une évaluation de l'augmentation de la production de fourrage qui a été faite a montré un taux de 8% à 31% avec l'utilisation de meilleurs parents. Ceci indique que la vigueur hybride pourrait être manifestée dans la production du fourrage chez cette espèce. Selon SUNESON et DICKSON [160], la qualité de maltage dans les hybrides dépend en grande partie de la fréquence des gènes favorables avec l'effet additif, ADOPTIF et SCHOOLER [161], ont montré que les populations F₂ qui produisent la graine F₃ sont généralement intermédiaires aux parents pour la plupart des caractères de qualité de maltage. Les croisements entre les parents possédant une bonne qualité de maltage est nécessaire pour obtenir des populations F₂ ayant les mêmes caractéristiques. Plusieurs chercheurs ont essayé d'expliquer l'effet hétérosis pour le rendement en grain, du fait qu'il est influencé par ses trois premières composantes, le nombre d'épi par unité de surface, le nombre de grains par épi et le poids moyen d'un grain, FEJER et FEDAK [162], ont rapporté des données dans lesquelles l'hétérosis pour le rendement en grain était de (50%) tandis que l'hétérosis pour les trois composantes de rendement était respectivement de (18%, 18% et 12%), PAWLISCH et VAN DIJK [159], ont constaté qu'aucune composante n'était uniformément meilleure dans l'hybride, que dans les parents, cependant, tous les hybrides ont produit plus de fourrage et de grain que le parent meilleur. Pour ces auteurs pour que l'hybride montre une augmentation de

rendement en grain, au moins une des composantes dans l'hybride doit dépasser le meilleur parent. Selon GRAFIUS [163], l'hétérosis pour le rendement peut être expliquée seulement par l'épistasie et la dominance des gènes qui affectent les trois composantes du rendement. Selon LINTS [164], l'épistasie est une forme d'interaction génétique dans laquelle un gène influence l'expression phénotypique d'un autre gène non allélique. C'est la somme des interactions entre segments non homologues. Ces interactions sont d'autant plus élevées que le nombre de loci en jeu est plus grand, [164], la valeur d'épistasie peut être accrue ou décrie en fonction des recombinaisons et des appariements [165]. La dominance apparaît comme la somme des interactions entre les segments chromosomiques homologues [164]. La dominance se reproduit quand deux allèles homologues sont différents et que l'un impose son fonctionnement à l'autre [166]. Un allèle dominant n'est naturellement favorisé que s'il constitue un avantage sélectif [167]. La superdominance exprime le fait que dans certaines situations, l'hybride hétérozygote manifeste un caractère à un niveau non intermédiaire entre ses deux parents mais au-delà du meilleur [165]. Cette supériorité peut être le résultat de l'état hétérozygote ou l'action primaire de gènes [167]. Des individus F1 inférieurs à leurs parents peuvent être obtenus (hétérosis négatif), ce qui montre que cette condition n'est valable que si nous lui associe les variations de fréquences alléliques. L'existence du multiallélisme d'une part et les effets d'épistasie et du linkage d'autre part, introduisent des facteurs négatifs dans l'expression de l'hétérosis [168]. Lorsqu'un croisement est effectué entre deux unités ayant des facultés d'adaptation différentes dans un milieu considéré, l'expression de l'hétérosis n'est plus fonction des seules fréquences alléliques, ceci fait ressortir que l'interaction entre génotype et milieu au sens large devient prépondérante [169]. FEJER et FEDAK [162], ont étudié l'hétérosis et la capacité de combinaison dans les populations F1 et F2, avec les croisements diallèles pour des lignées d'orge à six rangs, ils ont signalé que la composante du rendement, nombre de grains par épi, a montré une héritabilité modérément élevée tandis que les autres composantes, le nombre d'épi par unité de surface et le poids moyen d'un grain, montraient de basse héritabilité, en effet, l'hétérosis dans les populations F1 est due à la superdominance, mais l'hétérosis réduit observé dans le rendement des populations F1 est dû à une faible superdominance.

2.1. Evaluation du déterminisme génétique

Les caractères quantitatifs dépendent d'un grand nombre de gènes, chacun d'entre eux joue un rôle si petit dans le déterminisme du phénotype qu'il ne peut pas être mis en évidence par les méthodes mendéliennes. Dans ce cas, il s'agit de systèmes polygéniques. En outre, la variabilité phénotypique est influencée par l'environnement et l'interaction génotype x milieu [170]. L'appréciation de la part des composantes génétiques et environnementale dans la variabilité phénotypique totale d'un caractère quantitatif, au sein d'une population, peut être réalisée par des méthodes statistiques [170].

2.1.1. Les méthodes de la génétique quantitative

La génétique quantitative est l'application des méthodes statistiques essentiellement, l'analyse de la variance ; les corrélations et les régressions sur des mesures effectuées sur les plantes appartenant à des familles ordonnées par des règles de croisement [171].

2.1.2. Génétique quantitative et ressources génétiques

Les rigueurs de statistiques de la planification des expériences et des conditions agronomiques de leur réalisation imposent l'étude simultanée d'un nombre restreint de familles [171]. Ne seront donc, traités par ces méthodes que des sous-ensembles très restreints issus des collections de ressources génétiques. En effet, l'objectif sera la mise en évidence des propriétés génétiques typiques du complexe étudié, à partir de cas particuliers choisis le mieux possible dans le complexe d'espèce. L'usage de la génétique quantitative n'est pas destiné à fournir des données de description mais à mettre en évidence des propriétés génétiques pertinentes du complexe étudié [171]. Décrire les méthodes de la génétique quantitative revient d'abord à classer les différents schémas expérimentaux d'après les règles de croisement qui lient les familles concernées. A partir de là, la poursuite des analyses est de deux ordres : les méthodes de décomposition de la variance ou d'analyse des corrélations sont appliquées

comme dans toutes les analyses linéaires et de déceler certains effets familiaux ou d'estimer des variances décrivant les variabilités manifestées dans des catégories données ; des modèles d'hérédité sont définis à priori et ce sont ces paramètres qui sont mesurés ou testés, nous parlons d'effets additifs ; de dominances ; d'épistasie et d'aptitude à la combinaison (générale et spécifique) [171].

2.1.2.1. Les effets additifs

L'effet d'additivité d'une structure représente la part constante que sa présence apporte dans la réalisation d'un phénotype [165]. Cet effet traduit par le fait que deux allèles homologues peuvent ajouter leur influence sur une fonction déterminée [167]. La composante additive a une signification claire, c'est l'effet moyen caractéristique d'un locus ou d'une zone chromosomique quel que soit le contexte génotypique qui l'entoure [172]. La stabilité et la permanence de l'effet additif, au cours des générations, lui confèrent une plus grande importance en sélection. L'additivité est très héréditaire, elle constitue la valeur générale d'un géniteur ou de son aptitude à transmettre ses caractères à sa descendance [173].

2.1.2.2. Les effets de dominance

L'hétérozygotie ou la diversification des possibilités de synthèse, offre à la plante un large potentiel d'adaptation. La dominance apparaît comme la somme d'interactions entre les segments chromosomiques homologues [173] et [165], autrement dit, la dominance se reproduit quand deux allèles homologues sont différents et que l'un impose son fonctionnement à l'autre [167], [166]. Un allèle dominant n'est naturellement favorisé que s'il constitue un avantage sélectif [168] ; [174]. La superdominance exprime le fait que dans certaines situations, l'hybride hétérozygote manifeste un caractère à un niveau non pas intermédiaire entre ses deux parents mais au delà du meilleur [167].

2.1.2.3. L'épistasie

L'épistasie est une forme d'interaction génétique dans laquelle un gène influence l'expression phénotypique d'un autre gène non allélique [164]. Autrement dit, c'est la somme des interactions entre segments non homologues. Ces interactions sont d'autant plus élevées que le nombre de loci en jeu est plus grand [165]. Les interactions non homologues, épistasie, peuvent intervenir entre des effets additifs $a \times a \times a$, entre des effets de dominance $D \times D \times D$ ou être mixtes $aa \times DD$. La valeur d'épistasie peut être accrue ou décrie en fonction des recombinaisons et des appariements [167].

2.1.2.4. L'Aptitude à la combinaison

Il existe deux types d'aptitudes à la combinaison, générale et spécifique. Pour un caractère donné, on estime l'aptitude générale à la combinaison (general combining ability, GCA) d'une structure parentale, individu, lignée, à partir de la valeur moyenne des descendances lorsque ce parent est croisé avec un certain nombre de partenaires. C'est donc, la moyenne des effets génétique d'un individu. Par conséquent, la mesure de la valeur du gamète moyen d'un parent au niveau de la descendance F1, issue du croisement de deux lignées (a et b) parentales, ce qui donne la somme des aptitudes générales des deux parents [170]. En fait, la valeur des individus F1 présente un écart par rapport aux prévisions d'additivité des aptitudes générales. Cet écart qui caractérise spécifiquement l'hybride, est appelé aptitude spécifique à la combinaison (specific combining ability, SCA). L'ASC est une caractéristique du zygote et non du gamète haploïde [165]. La comparaison des variances liées à l'aptitude générale et à l'aptitude spécifique permet de déterminer la stratégie à adopter dans un programme d'amélioration pour un caractère donné. En effet, si la variance d'AGC est élevée, un choix efficace des parents doit être réalisé avant toute hybridation. Si au contraire, cette variance est faible, alors il faudra effectuer plusieurs croisements et choisir ensuite [165]

2.1.2.5. Héritabilité

Elle exprime la part de la variance totale qui est attribuable à l'effet moyen des gènes [173]. Autrement dit, c'est le rapport de la variabilité héritable et la variabilité phénotypique globale [175], l'héritabilité peut être exprimée de deux manières : L'héritabilité au sens large est le rapport entre la part de la variance génétique et la variance totale, $H^2 = V_G/V_P$. L'héritabilité au sens étroit $h^2 = V_A/V_P$ cette méthode renseigne sur l'additivité qui peut être transmise avec certitude à la descendance. En effet, les caractères totalement déterminés par des gènes à effets additifs sont entièrement héritable [175]. L'héritabilité au sens étroit est formée presque entièrement par l'additivité qui provient des effets épistatiques cis [165].

2.1.3. Les différents plans de croisements

Afin d'apprécier les qualités d'un individu en tant que géniteur, un certain nombre de systèmes de croisements sont utilisés ; parmi eux : les fécondations libres, les tests top-cross, les tests poly-cross, les croisements diallèles : ceux-ci constituent un système qui permet l'interprétation la plus complète et la plus possible en terme d'aptitude générale à la combinaison et en ce qui concerne le conditionnement générale des caractères quantitatifs [177] ; [165]. Ces croisements s'appliquent à la fois aux espèces autogames et allogames. C'est un ensemble d'hybridations dirigées entre structures à étudier comprenant systématiquement toute une série de combinaisons binaires [178] ; [165]. Ce système de croisements est un moyen d'exploration de la de la variabilité et des potentialités génétiques de variétés étudiées [179]. Les croisements diallèles nous conduisent vers un schéma d'interprétation très complet en vue de l'obtention du maximum de renseignements génétiques sur les caractères quantitatifs de l'espèce étudiée [180]. A partir des résultats obtenus les meilleures combinaisons de géniteurs seront choisies et les transgressions possibles seront dégagées. Partant d'un ensemble de P géniteurs on procède à des croisements systématiques combinant ces P parents [181], [182]. Par conséquent, Le diallèle pourra être :

- Complet et comprendre le P^2 combinaisons deux à deux ;

- Constitué de $p(p-1)$ hybrides après que les croisements intra-géniteurs ont été exclus ;
- Constitué de $p(p+1)/2$ hybrides lorsqu'un seul sens de croisement intra-géniteurs est réalisé ;
- Réduit à un seul sens de croisement $p(p-1)/2$.

L'analyse du diallèle repose sur l'étude des familles ; une famille comporte un des parents et les croisements où il figure [183]. Il existe deux voies classiques d'interprétation des résultats de croisements diallèles, celle de GRIFFING [184] ; qui repose essentiellement sur l'analyse de la variance, et celle de HAYMEN [185], qui repose sur le modèle génétique de Mather et qui s'interprète graphiquement.

2.1.3.1. Le modèle GRIFFING appliqué à l'analyse génétique de croisements diallèles

Parmi les méthodes d'analyse génétique qui déterminent la nature des actions géniques et les aptitudes à la combinaison, celle de GRIFFING, [184] est la plus usitée. Cette méthode d'analyse permet de déterminer les effets d'aptitude à la combinaison des premières générations F1, F2 voire F3 obtenu à partir d'un croisement diallèle complet, avec p^2 combinaisons ou partiel avec $[(p(p-1)/2)]$ combinaisons. L'effet d'aptitude générale à la combinaison (AGC) est basé sur l'action additive des gènes contrôlant le caractère étudié. Il y a additivité lorsque la valeur de l'hétérozygote (Aa), à un locus donné, n'est pas significativement différente de la moyenne des deux homozygotes correspondants : $Aa = [(AA + aa)/2]$. L'action additive des gènes est la notion la plus importante dans l'étude de l'hérédité, elle est la cause de la ressemblance entre apparentés [173]. L'effet d'aptitude spécifique à la combinaison (ASC) est basé sur l'action non additive ou de dominance des gènes contrôlant le caractère étudié. La dominance représente l'écart par rapport à l'additivité, c'est-à-dire l'écart entre la valeur prise par l'hétérozygote (Aa) et celle du parent moyen (m) ou moyenne des homozygotes $(AA + aa)/2$. La dominance est de nature complète, lorsque la valeur moyenne de l'hétérozygote Aa est égale à la valeur moyenne du parent dominant

possédant ($Aa = AA$). On est en présence de la dominance partielle ou incomplète lorsque la valeur de l'hétérozygote (Aa) se situe à mi-chemin entre la moyenne des deux homozygotes valeur (m) et la valeur du parent supérieur (AA), (Figure 3.5). Les études des AGC et ASC, déterminés par la méthode de GRIFFING, [184], permettent de classer les lignées parentales en fonction de leurs performances en combinaisons. Ceci permet de sélectionner les parents qui induisent la variabilité et donnent, en croisements, une descendance supérieure pour les caractères ciblés par la sélection [165].

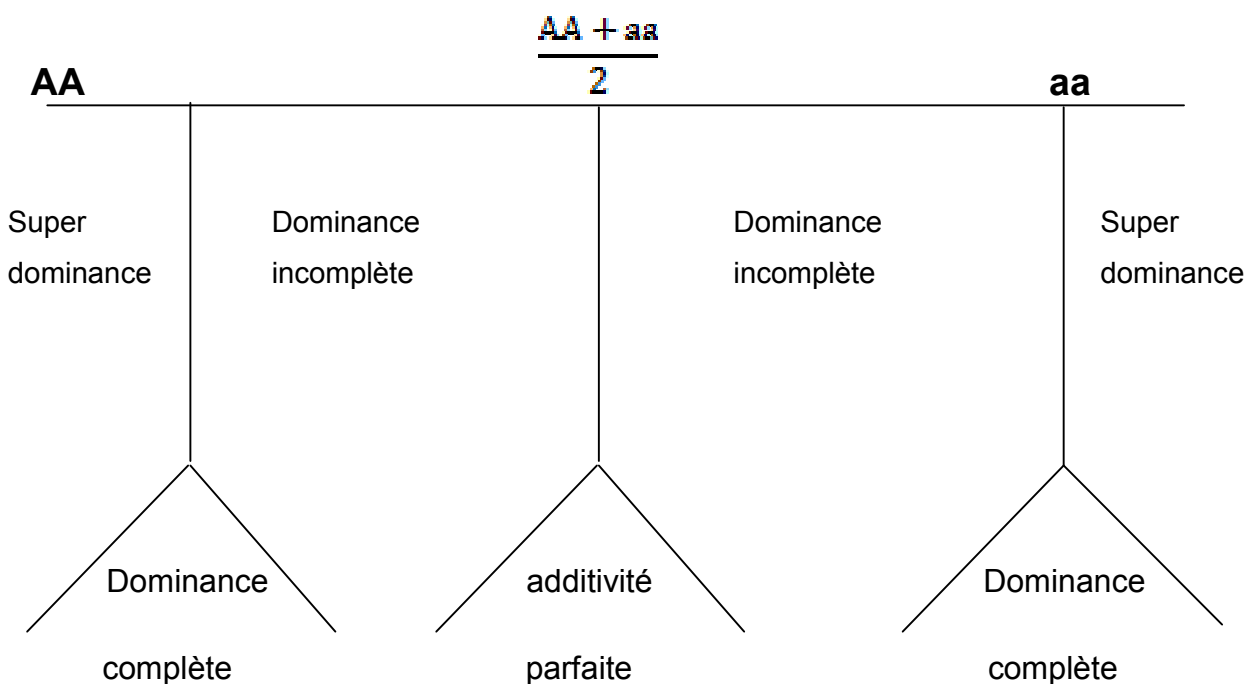


Figure 3.5. Les effets géniques pour un locus donné d'après DEMARLY [165]

2.1.3.2. Le modèle HAYMAN appliqué à l'analyse génétique de croisements dialèles

L'estimation des paramètres statistiques peut être obtenue par la méthode de HAYMAN [185]. Cette méthode est basée sur l'analyse des variances et des covariances pour déduire les effets additifs et de dominance, impliqués dans l'hérédité des caractères étudiés [186]. Le modèle de HAYMAN [185] a proposé une méthode d'analyse graphique qui permet d'extraire le maximum d'information

sur les actions géniques et les aptitudes à la combinaison d'un croisement diallèle. Cette analyse est basée sur la relation existante entre les covariances (W_r) et les variances (V_r) correspondantes des n familles. La variance (V_p) des parents croisés est calculée en utilisant les valeurs des autofécondations (X_{ii}). La variance (V_r) pour chacune des n familles est calculée en utilisant les valeurs d'autofécondation du parent constant et des valeurs des croisements auxquels a participé le parent constant [185]. Une famille représente le parent constant et les croisements où il figure en combinaison avec les autres parents croisés. La covariance (W_r) est calculée pour chaque famille à partir des valeurs des croisements (X_{ij}) et de la valeur du parent constant (X_{ii}). Ainsi pour chaque parent on aura à disposition les paramètres à étudier indiqués dans le (Tableau 3.6). Les valeurs ($W_r - V_r$) doivent rester constantes pour l'ensemble des n familles, et ceci doit être vérifié par un test d'homogénéité, pour satisfaire les hypothèses restrictives du modèle d'analyse. Les valeurs ($W_r + V_r$) servent à déterminer le degré de dominance. La parabole détermine la partie du plan à l'intérieur duquel tous les points de coordonnées (V_r, W_r) sont situés [185].

Tableau 3.6. Valeurs caractéristiques des paramètres des n parents du diallèle selon HAYMAN [185].

	Parents croisés					
Paramètres	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆
X _i	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆
V _r	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆
W _r	W ₁	W ₂	W ₃	W ₄	W ₅	W ₆
W _r -V _r	W ₁ - V ₁	W ₂ - V ₂	W ₃ - V ₃	W ₄ - V ₄	W ₅ - V ₅	W ₆ - V ₆
W _r +V _r	W ₁ + V ₁	W ₂ + V ₂	W ₃ + V ₃	W ₄ + V ₄	W ₅ + V ₅	W ₆ + V ₆

La méthode de HAYMAN [185], est basée sur le modèle d'additivité-dominance, elle fournit un maximum d'informations sur le déterminisme génétique des caractères des parents croisés. Deux tests sont généralement appliqués pour tester la validité de ce modèle. Le premier test est basé sur l'analyse de la variance de la somme et de la différence des covariances et variances ($W_r + V_r$) et ($W_r - V_r$), alors que le second test est basé sur la régression des W_r sur les V_r . Un effet génotype de la ($W_r + V_r$) et/ou de la ($W_r - V_r$) non significatif indique que

les résultats de l'analyse suivent les hypothèses restrictives. Il en est de même si le coefficient de régression des W_r sur les V_r est égal à l'unité. Dans le cas contraire au moins une des hypothèses restrictives n'est pas respectée [165]. La méthode HAYMAN [185], est constituée de deux parties complémentaires, l'une purement numérique permet de déduire les paramètres génétiques et l'autre graphique permet de visualiser le comportement de la descendance en relation avec celle des parents.

3. Présentation des principaux travaux portés sur l'évaluation du déterminisme génétique de l'orge

Une analyse des effets d'aptitude générale et spécifique à la combinaison, (AGC) et (ASC), à été réalisée par SHARMA et *al.*, [187], sur deux générations d'orge F1 et F2 obtenues par croisement demi-diallèle, ils ont trouvé des différences significatives entre les géniteurs et leurs descendants de la génération F1 et de la génération F2 pour tous les paramètres évalués (la précocité à l'épiaison, la hauteur des plantes ; le nombre d'épillets par épi ; le nombre de talles épis ; la surface de la feuille étendard ; la nombre de grains par épi, le poids de mille grains ; la productivité et l'indice de récolte). Ils soulignent la présence d'une grande diversité du matériel génétique analysé. Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par SETHI [188] ; KUDLA [189] ; LEISTRUMAITE [190] ; et BHATNAGAR [191] ; [192]. Les deux types d'effets étaient présents pour contrôler l'hérédité de tous les caractères étudiés avec un ratio (AGC/ASC) favorisant principalement les effets d'ASC indiquant ainsi la prédominance des gènes à effet non additif pour l'expression de tous les caractères. Les mêmes résultats ont été trouvés par ZAO et *al.*, [193] ; GUA et XU [194] ; PHOGAT et *al.*, [195] ; MADIC [196] ; ELSAIDY [197] ; [198] ; BOUZERZOUR et DJEKOUNE [199] qui ont révélé que la variance génétique non additive était la principale composante de la variance génétique. De son tour, CHHAGAN LAL et *al.*, [200], ont analysé le potentiel génétique de deux générations d'orge F1 et F2 ainsi que leurs géniteurs selon le modèle GRIFFING [194], ils ont trouvé une variabilité importante entre les parents et leur descendance pour tous les caractères étudiés (la phase végétative ; la précocité à l'épiaison ; la hauteur des plantes ; le nombre de talles

épis ; la surface de la feuille étandard ; la nombre de grains par épi, le poids de mille grains ; la biomasse par plante ; la productivité et l'indice de récolte) notant ainsi que les effets d'aptitude générale à la combinaison (AGC) et d'aptitude spécifique à la combinaison (ASC) étaient significatifs pour tous les paramètres évalués chez les deux générations et leurs parents. Pour le rapport (AGC/ASC) ils indiquent qu'il était inférieur à une unité pour tous les caractères mesurés sauf pour le caractère nombre de grains par épi où il prenait une valeur supérieur à l'unité. Ils suggèrent la prédominance des effets non additifs dans l'expression des caractères testés. Ces résultats sont en accord avec ceux de YILMAZ et KONAK [201] ; ALI et *al.*, [202] ; POTLA et *al.*, [203] ; SAAD et *al.*, [204] ; AGHAMIRI et *al.*, [205] ; TOFIQ et *al.*, [206] ; PATIAL et *al.*, [207] ; SULTAN et *al.*, [208] ; RAM et SHEKHAWAT [209]. En effet, la sélection de ces caractères doit être envisagée sur les générations plus tardives où l'effet de la dominance devient moins important [199] ; [07] ; [28].

Sur la base de l'analyse graphique de la relation entre les covariances (W_r) et les variances (V_r), ELSAYED MANSOUR et *al.*, [210], rapportent que la droite de régression passe sous l'origine pour tous les caractères évalués (la hauteur des plantes ; le nombre d'épis/ plante ; la longueur de l'épi ; le nombre de grains par épi ; le poids de mille grains et la productivité) sauf pour la hauteur des plantes et le poids de mille grains où la ligne de la droite de régression traversée au-dessus de l'origine. Cela indique la présence d'un effet génique de dominance dans l'hérédité de la hauteur des plantes, de dominance partielle pour le poids de mille grains et de la superdominance pour le reste des caractères. Des résultats similaires sont aussi rapportés par d'autres auteurs [211] ; [212] ; [213]. D'autres résultats sont confirmés par l'utilisation du modèle HAYMAN [185] qui est valable pour d'autres variables évaluées. En effet, l'influence de l'additivité par rapport à la dominance révèle une égalité entre les deux composantes pour le caractère HPF indiquant une dominance complète par contre, la composante non additive est plus importante que la composante additive pour les caractères : LE; NTE; NG/E et PRO ce qui signifié une superdominance contrôlant l'expression de ces caractères [28]. Ces résultats sont en accord avec ceux de BUDAK [214] ; SOYLU [215] et SHARMA et *al.*, [216], pour les paramètres HPF ; LE ; NTE et PRO et ceux de SHARMA et *al.*, [187] ; ROHMAN et *al.*, [217], pour le caractère NG/E.

Concernant le poids de mille graines, une dominance partielle est constatée confirmé par l'importance de la composante additive ($D > H1$) [28], ces résultats sont en accord avec ceux de MEKLCHE et GALLAIS [7], qui rapportent que ce caractère est sous la gouvernance des gènes à action additive. RABBANI et *al.*, [218], soulignent que la nature des actions géniques varie de type additif au type superdominance selon le caractère analysé.

Nous avons cité dans ce chapitre quelques techniques permettant la création de nouvelles variétés tout en mettant l'accent sur l'hybridation. Entre anciennes et modernes, les méthodes de la création variétale sont nombreuses cependant, l'hybridation reste, depuis longtemps, une source fiable de la variabilité génétique. L'exploitation de cette variabilité génétique nécessite l'utilisation des outils et des techniques telles que les méthodes de la génétique quantitative qui s'intéresse à l'étude des caractères polygéniques. En effet, l'hérédité quantitative se traduit, pour un caractère polygénique, par une gamme de phénotypes mesurables. La mise en évidence de l'héritabilité qui est une mesure de la contribution génétique à la variation phénotypique nécessite des analyses statistiques, la variance ; la covariance ; la corrélation et la régression. Sur la base de cette analyse statistique, deux modèles, le modèle de GRIFFING [184], et le modèle HAYMAN [185], sont impliqués dans l'étude de déterminisme génétique des générations nouvellement créés telles que la F1 et la F2. L'utilisation de ces modèles aide le sélectionneur à trouver des réponses à des questions primordiales i) faut-il porter l'effort sur un choix rigoureux et une amélioration des parents avant la phase d'hybridation ii) faut-il faire un très grand nombre de croisements entre de nombreux parents en mettant l'accent sur l'analyse après croisement iii) faut-il attacher de l'importance au choix de la lignée femelle en respectant soigneusement le sens du croisement. Plusieurs générations d'orge ont été créés selon des plans de croisements différents dont le plus délicat est le diallèle complet. Enfin, pour clore ce chapitre nous disons que malgré les lourdeurs expérimentales et malgré les approximations liées aux hypothèses restrictives, le diallèle est de plus en plus utilisé par les sélectionneurs.

CHAPITRE IV. MATERIEL ET METHODES

L'étude de comportement et de la qualité technologique du grain de cultivars d'orge introduits et de la variété locale Saida ainsi que l'hybridation diallèle et l'analyse génétique des descendance ont été conduites à travers plusieurs volets successifs.

Le premier volet a été consacré à l'évaluation du comportement et de la qualité technologique du grain des cultivars locaux et introduits.

- En premier lieu, l'étude s'est basée sur la mise en évidence de l'interaction génotype x site. Au cours de la campagne agricole 2014/2015, deux essais expérimentaux ont été installés au niveau de deux sites qui se trouvent localiser sur deux étages bioclimatiques différents, le site 1 (Oued Seguen) de la zone semi-aride et le site 2 (Oued Endja) de la zone humide.
- Dans un deuxième point, l'étude s'est orientée envers l'évaluation des relations existant entre la productivité des variétés cultivées et les paramètres évalués.
- Dans un troisième point, la recherche s'est focalisée sur l'étude des maladies cryptogamiques et la verse caractérisant les variétés sensibles et qui sont apparu au niveau de la zone humide.
- Enfin, une quatrième partie portant sur la qualité technologique du grain des cultivars a été effectuée à partir de l'évaluation de quatre paramètres à savoir la faculté germinatives ; le taux de protéines et la teneur en eau et en cellulose brute.

Cette première recherche a révélé que la variabilité était largement suffisante afin d'établir, dans une deuxième partie de la recherche, un travail plus approfondi portant sur l'analyse de déterminisme génétique de plusieurs caractères agronomiques. Ainsi, le deuxième volet a été réservé à la réalisation des croisements diallèles complets entre les cultivars autochtones et les cultivars introduits. En effet, une analyse génétique détaillée des géniteurs et de leurs

descendances a été effectuée afin de sélectionner les meilleurs parents et les meilleurs hybrides F1.

1. Étude de comportement

La présente recherche se propose comme objet d'étudier l'effet de l'interaction génotype x environnement sur les caractères agronomiques de six variétés d'orge ceci dans deux sites différents, à savoir une région -humide (Oued Endja) et une région semi-aride (Oued Seguen).L'intérêt est de sélectionner les génotypes les plus performants, en d'autres termes, cibler les potentiels génétiques qui expriment au mieux leurs qualités agronomiques et technologiques tout en s'adaptant à des conditions environnementales différentes.

1.1 Localisation du milieu expérimental

La wilaya de Mila s'étend sur une superficie totale de 348840 hectares, (Figure 4.6).

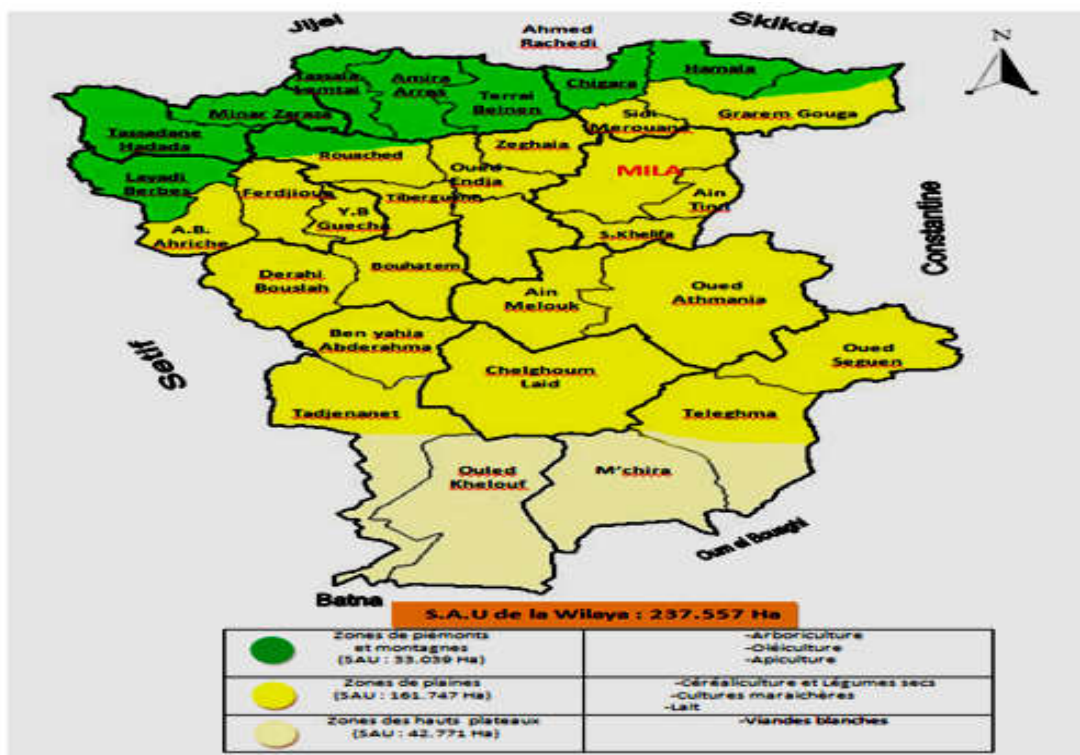


Figure 4.6. La carte de la wilaya de Mila avec ses treize dairas

La céréaliculture occupe une place prépondérante parmi les autres activités agricoles avec une superficie emblavée de (109 950 hectares) [97], ce qui donne à la wilaya une vocation céréalière. La culture des céréales se trouve localisée au niveau de la zone sud car Mila se caractérise par deux types de climat. Un climat humide au nord et un climat semi-aride au sud. La céréaliculture occupe une place prépondérante parmi les autres activités agricoles avec une superficie emblavée de (109 950 hectares) [97], ce qui donne à la wilaya une vocation céréalière. La culture des céréales se trouve localisée au niveau de la zone sud car Mila se caractérise par deux types de climat. Un climat humide au nord et un climat semi-aride au sud.

1.1.1 Ferme pilote Bahri Mebarak -site 1-Oued Sèguen

La ferme pilote Bahri Mebarak se situe dans la daïra de Telaghma dans la zone nord de Oued Sèguen. Ses coordonnées Lambert sont comprises entre 634 et 727 en longitude et entre 331 et 325 en latitude. La commune de Oued Sèguen se trouve dans le sud-est de la wilaya à 55 km de Mila et 25 km de Constantine avec les coordonnées géographiques de $36^{\circ} 10' 16''$ Nord et $6^{\circ} 25' 12''$ Est (Figure 4.7).

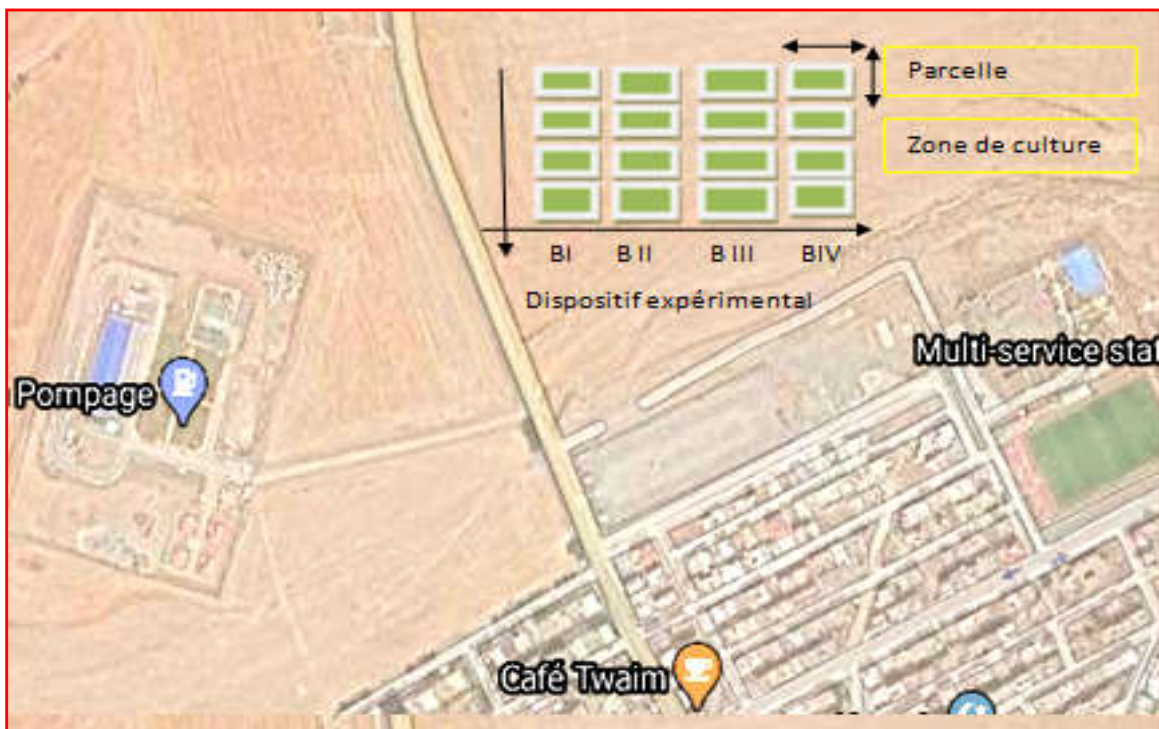


Figure 4.7. Image satellite de la parcelle de l'essai à Oued Seguen

1.1.2. Ferme pilote Amira Ahmed- Site 2- Radjas

La ferme pilote Amira Ahmed se trouve à Mechtat Seraghna, commune d'Oued Endja (Radjas), qui se situe au centre nord de la wilaya de Mila. Elle est limitrophe à la ferme Mazouzi. Ses coordonnées lambert sont compris entre 810 et 815 en longitude et entre 315 et 355 en latitude sur la carte d'état-major N° 72. (Figure 4.8)



Figure 4.8. Image satellite de la parcelle de l'essai à Oued Endja

1.2. Caractéristiques climatiques des sites

La ferme pilote Amira Ahmed se trouve à Oued Endja qui est une région humide, caractérisée par un climat relativement doux mais avec un été chaud. Au cours de ces dernières années, la moyenne pluviométrique varie entre (300 mm et 860 mm) avec des températures élevées et des vents chauds caractérisant la fin de cycle provoquant parfois des déficits hydriques qui touchent surtout la phase du remplissage de grain. La ferme pilote Bahri Mebarak, se localise au niveau de l'étage bioclimatique semi-aride de la zone sud de la wilaya de Mila, caractérisée par un climat relativement sec avec une faible pluviométrie variant entre (200 et

300 mm), et de fortes chaleurs de fin de cycle provoquant, la plupart de temps, des déficits hydriques qui touchent surtout la phase du remplissage de grain.

1.2.1. Les températures

D'un point de vue général, la moyenne des températures automnales de la campagne agricole (2014/2015) était plus élevée que la moyenne saisonnière de la décennie (2009/2019) avec un écart de (2,15 °C) au niveau du site 1 et de (1,94 °) au niveau du site 2. Cette élévation de température était remarquable au mois de septembre car des températures assez élevées, rarement observées au passé, ont été enregistrées au cours de ce mois, (Figure 4.9).

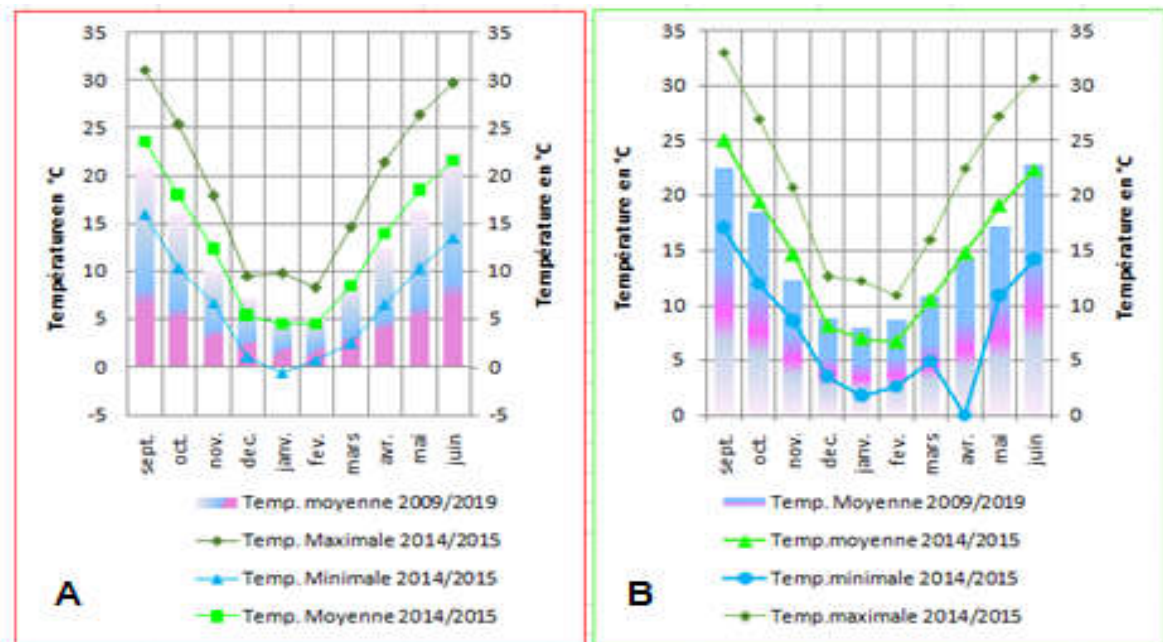


Figure 4.9. Bilan des températures ; A) au niveau du site 1 ; B) au niveau du site 2

Dans l'ensemble, l'hiver de la campagne agricole (2014/2015) a été plus frais que la moyenne saisonnière de la décennie (2009/2019) soit un écart de (- 1,2 °C) au niveau du site 1 et de (- 1,21 °C) au niveau du site 2 et ce, avec une certaine homogénéité tout au long de la saison (Figure 4.9)

Le printemps de la campagne agricole (2014/2015) a été caractérisé par un mois de mars plus frais que la moyenne saisonnière de la décennie (2009/2019) suivi par le mois d'avril et le mois de mai qui ont été, dans l'ensemble, très doux malgré

l'augmentation de la température par rapport à la moyenne saisonnière de la décennie (2009/2019) car un écart saisonnier de (1,08) a été constaté au niveau du site 1. Par contre, un écart de (0,67 °C) a été enregistré au niveau du site 2 (Figure 4.9).

D'une manière générale, les températures enregistrées, au cours de la campagne agricole (2014/2015) au niveau des deux sites, ne s'avèrent pas défavorables pour le développement de l'orge. Toutefois, l'élévation des températures au niveau du site 1 au stade remplissage du grain a influencé la qualité de ce dernier. De même pour le site 2, où l'élévation des températures a coïncidé avec un taux d'humidité élevé surtout au mois de mai ce qui a engendré le développement des maladies cryptogamiques.

1.2.2. Les précipitations

D'une manière générale, la campagne agricole (2014/2015) a été caractérisée par un total pluviométrique inférieur à 400 mm au niveau du site 1 et il s'approche de (500 mm) au niveau du site 2 soient respectivement (330 mm et 498 mm). En effet, la comparaison de cette pluviométrie par rapport à la moyenne de dix ans révèle un bilan déficitaire au niveau du site 1 avec un écart pluviométrique négatif de (-33,72 mm) par contre le bilan a été excédentaire au niveau du site 2 avec un écart positif de (+ 56,92 mm).

L'automne de la campagne agricole (2014/2015) a été fortement déficitaire en eau par rapport à la même période de la décennie (2009/2019) au niveau des deux sites. En effet, un déficit en eau de plus de (67 mm) a été enregistré au sein du site 1 de même pour le site 2 où un déficit en eau de (75,42 mm) a été constaté au cours de cette même période. (Figure 10.4. A et C)

L'hiver de la campagne agricole (2014/2015) s'est singularisé par des épisodes pluvieux assez remarquables avec une répartition régulière et ce, au niveau des deux sites. Le cumul pluviométrique de cette période était très important par rapport aux moyennes de dix ans.

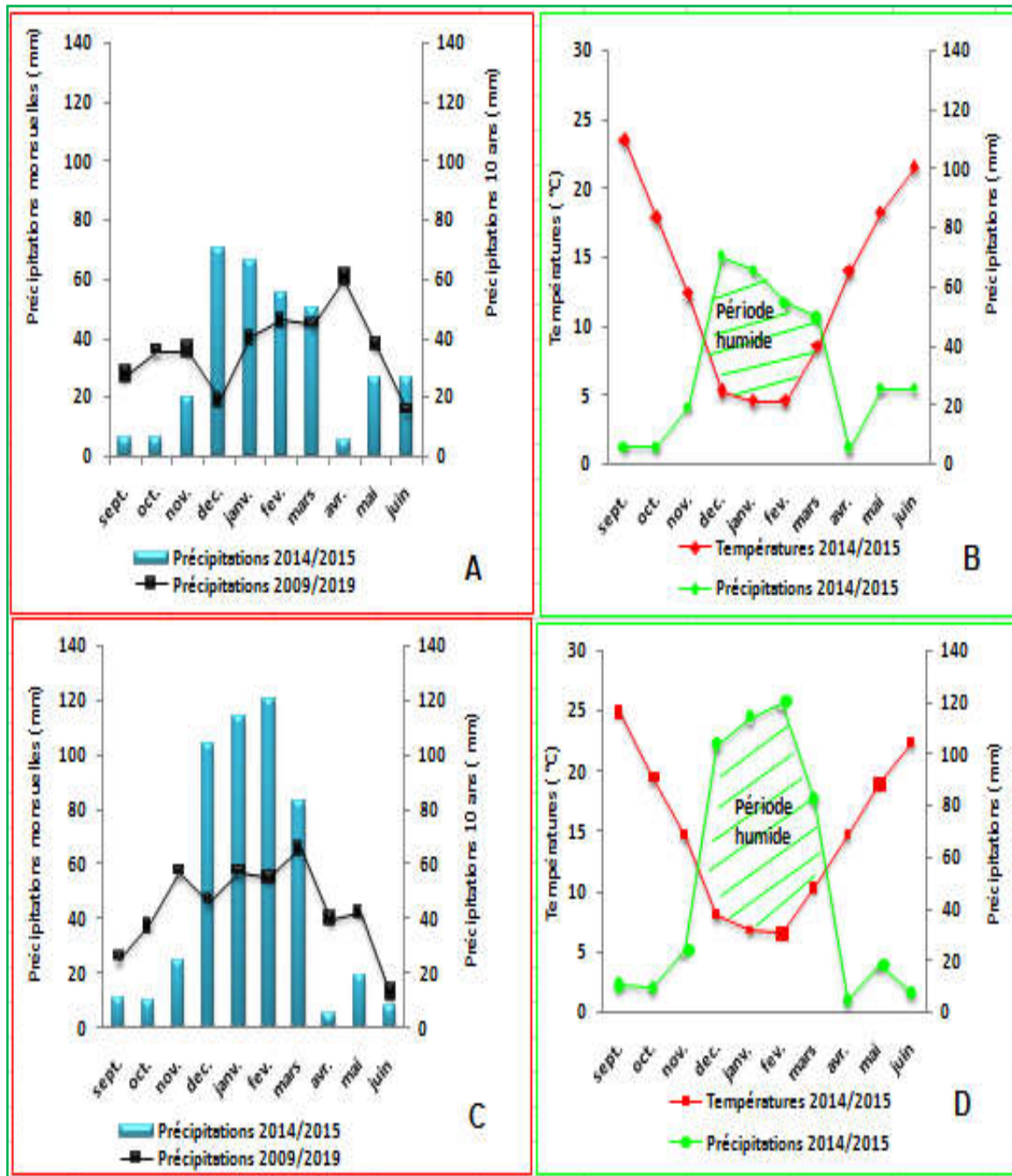


Figure 4.10. Répartition des précipitations : **A)** précipitations de la campagne 2014/2015 comparées aux précipitations de la décennie 2009/2019 à Oued Seguen ; **B)** courbe ombrothermique de Oued Seguen ; **C)** précipitations de la campagne 2014/2015 comparées aux précipitations de la décennie 2009/2019 à Oued Endja ; **D)** courbe ombrothermique de Oued Endja

Par conséquent, un bilan pluviométrique excédentaire a été constaté avec plus de (85 mm) au niveau du site 1 et de (179,89 mm) au niveau du site 2 (Figure 10.4. A et B). Sur les deux sites, le mois de mars poursuit la même tendance que celle

observée tout au long de l'hiver avec un cumul pluviométrique positif de 83 mm au niveau du site 1 et de (50 mm) au niveau du site 2.

Par contre, les précipitations recueillies durant le mois d'avril et le mois de mai ont été très fortement éloignées des précipitations moyennes décennales. En effet, un bilan déficitaire a été enregistré au cours de la saison printanière avec un écart pluviométrique négatif de (- 62,3 mm) au niveau du site 1 et de (- 41,67) au niveau du site 2, (Figure 10.4.A et C).

D'après la courbe ombrothèrmique de chaque site (Figure B et D), la répartition saisonnière des précipitations a été caractérisée par deux saisons sèches, l'automne et le printemps, avec un hiver très humide. En effet, la période humide, au niveau du site 1 comme au niveau du site 2, s'étale sur une durée de cinq mois avec un cumul pluviométrique plus important au niveau du site 2 qu'au niveau du site 1. Cette quantité en eau était acceptable pour le développement de la culture de l'orge. En revanche, durant le printemps au niveau du site 1, la faible rétention de l'eau au niveau du sol qui a une texture légère a influencé négativement le remplissage des grains.

1.3 Caractéristiques du sol

Le site 1 fait partie de la zone semi-aride d'altitude qui se caractérise par des sols peu profonds et peu fertiles suite à l'absence de la restitution de la matière organique. D'après une étude faite par l'université de Batna [97], le sol possède une texture limono-sableuse avec un pH très basique de 8,5 (Tableau 4.7)

Tableau 4.7. Analyse granulométrique du sol au niveau du site 1

Profondeur en cm	Granulométrie en %			CaCo ₃	M.O.	pH
	Argile	Limon	Sable			
De 0 à 25	12,87	25,73	61,40	54,93	02,24	08,50
De 26 à 50	25,88	4,73	69,39	49,97	01,89	08,60
De 50 et plus	47,40	14,70	37,90	50,64	/	08,10

De même pour le sol du site 2 qui se caractérise par un pH basique de (7,9). Par contre, sa texture est de type limono-argileux avec une couche superficielle très riche en matière organique, (Tableau 4.8). L'avantage de ce type de sol est la

bonne rétention de l'eau pendant la période humide ce qui permet la diminution de l'effet de déficit hydrique durant les saisons sèches du printemps.

Tableau 4.8. Analyse granulométrique du sol au niveau du site 2

Profondeur en cm	Granulométrie en %			CaCo ₃	M.O.	pH
	Argile	Limon	Sable			
De 0 à 25	33,50	28,53	05,04	16,00	03,39	07,90
De 26 à 50	35,10	26,00	04,70	12,50	01,17	07,60
De 50 et plus	37,20	25,90	03,07	/	/	/

1.4. Protocol expérimental

Le matériel végétal étudié au cours de la campagne (2014/2015) est composé de six variétés d'orge (*Hordeum vulgare* L.) : les deux variétés autochtones : Saida et Tichedrett, et les variétés Rihane, Soufara « S », Fouara et Bahia. Les six cultivars existent dans le programme national de multiplication de semences. Les fiches descriptives détaillées de chaque variété sont représentées au niveau de (l'annexe A). Le choix de ces génotypes a été basé sur : la diversité géographique ; La productivité qui exprime la capacité maximale de rendement d'une variété ; La résistance au froid ; La résistance à la verse ; La résistance aux maladies.

La conduite des essais à été suivie de façon très régulière au niveau des deux sites, où nous avons prélevé méthodiquement des données pour chaque opération. Commenant par le précédent cultural qui était le blé dur au niveau des deux sites car après un déchaumage nous avons effectué le travail du sol. A partir d'une profondeur de (30 cm), le labour moyen avec une charrue a été réalisé dans de bonnes conditions du sol, suivi d'un passage croisé de Cover-Crop, considéré comme reprise de labour, à ce moment, l'enfouissement des engrais de fond ,le tri-super phosphate (TSP), a été effectué à raison de (1,5 à 2 qx/ha). Par la suite et pour assurer un lit de semences adéquat, les façons superficielles manuelles ont été réalisées par un râteau afin d'éliminer les grosses mottes et niveler le sol dans chaque bloc et dans chaque parcelle élémentaire. Après le calcul de la dose de semis correspondant à chaque site, le semis a été réalisé selon un dispositif

expérimental en blocs aléatoires complets à un facteur étudié (les variétés), avec six variantes : V1 ; V2 ; V3 ; V4 ; V5 et V6, ce qui a donné au total vingt-quatre unités expérimentales tout en prenant en compte les répétitions. Les traitements ont été affectés aléatoirement sur les parcelles élémentaires de chaque bloc car les blocs furent espacés d'un mètre et les parcelles élémentaires de 50 cm avec 3 m² de superficie pour chaque parcelle élémentaire dont 6 lignes par parcelle. Après la germination et la levée des plantules, l'entretien de la culture a été maintenu tout au long du cycle de développement de l'orge, d'une part, par le désherbage chimique d'autre part, par le désherbage manuel et ce, à chaque reprise des mauvaises herbes, par les engrais de couverture qui ont été fractionnés en deux apports, 1/3 avant le tallage, afin de le favoriser, et (2/3) au stade épi (1 cm). Dans une autre étape, l'enregistrement des maladies et d'autres dégâts comme la verse a été noté en fait, les travaux d'entretien se poursuivront jusqu'à la récolte de la culture.

1.5. Méthodes d'études

Le suivi de la culture durant le cycle de développement nous a permis de situer les différents stades et de prélever les différentes mesures concernant les caractères liés à la culture. En effet, huit paramètres agronomiques ont été mesurés tels que : la hauteur de la plante à la floraison (HPF) ; la longueur de l'épi (LE) ; la longueur de la barbe (LB) ; la longueur du col de l'épi (COL) ; le nombre d'épis par plante (NE/P) ; le nombre de grains par épi (NG/E) ; le poids de mille grains (PMG) et la productivité par plante (PRO). L'enregistrement des maladies et de la verse ont été effectués selon une échelle de (1 à 10 %) car les notes ont été attribuées selon le degré d'intensité de la maladie ou de la verse. La qualité technologique des grains a été déterminée par la faculté germinative ; le taux de protéines ; la teneur en eau et la teneur en cellulose brute. Les essais de germination ont été réalisés à l'obscurité dans une étuve maintenue à (20°C), après un trempage dans l'eau de deux heures à raison de cent (100) grains par analyse. Vingt-cinq (25) semences ont été réparties au hasard dans quatre (4) boîtes de pétri en plastique, sur une couche de coton surmontée de papier filtre et

humidifiée par (25 ml) d'eau. Les taux de germination ont été calculés après trois jours d'imbibition.



Figure 4.11. Graines germées après trois jours à l'étuve

L'azote total a été dosé par la méthode de KJELDAHL (Norme AFNOR V-03-050), [219], la teneur en protéine a été déterminée en multipliant le taux d'azote total par le coefficient de conversion qui est de (6.25) dans le cas d'une alimentation animale, est de (5.7) dans le cas d'une alimentation humaine. Après le broyage des grains à l'aide d'un broyeur spécial pour céréales, la teneur en protéines a été déterminée à nouveau avec la teneur en eau par l'utilisation d'un appareil Inframatique (Analysis system, perten instruments). Le dosage de la cellulose brute a été effectué selon la méthode de WEENDE [220], qui consiste en deux digestions successives acide et alcaline de l'échantillon.

1.6. Techniques d'analyse statistique

Les données collectées ont été analysées par le logiciel SPSS. Ce logiciel nous a permis de traiter les données. L'analyse de la variance permet de comparer les moyennes de plusieurs populations supposées normales et de même variance à partir des échantillons aléatoires simples et indépendants les uns des autres, ce test global préalable et indispensable est estimé par le modèle additif suivant :

$$Y_{ij} = U + G_i + B_j + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

Où : Y_{ij} est la valeur observée du génotype i au niveau du bloc j , U est la moyenne générale de la population considérée, G_i est l'effet du génotype i , B_j est l'effet du bloc j et ε_{ij} est l'effet qui est dû à l'erreur expérimentale. Dans l'optique de prédire la performance des génotypes dans les différents environnements considérés, l'option qui consiste à prendre les génotypes comme fixes et les environnements comme aléatoires est adoptée dans le traitement de nos données. DENIS et *al.*, [221] ont argumenté ce modèle en effet, ces auteurs justifient ce choix par le fait qu'il s'agit d'étudier un nombre fini de génotypes, d'où l'effet génotype fixe. Cependant, les environnements ne sont pas considérés pour eux-mêmes, mais en tant qu'échantillons dans une population plus vaste d'environnements possibles auxquels les variétés sont destinées. Ce modèle linéaire mixte généralement basé sur les moyennes par génotype et par environnement est exprimé par la formule suivante :

$$Y_{ij} = m + g_i + E_j + (gE)_{ij} + e_{ij} \quad (2)$$

Où Y_{ij} est la réponse du génotype i de l'environnement j , m est la moyenne générale et g_i l'effet fixe du génotype i . L'effet E_j de l'environnement j , l'interaction $(gE)_{ij}$ et le terme d'erreur e_{ij} sont supposés aléatoires. Le seuil de signification est de 5% car la signification des différences est exprimée en fonction de la probabilité (p). Par conséquent, quand $P > 0.05$: les traitements ne sont pas significativement différents en revanche, quand $P \leq 0.05$: les traitements sont significativement différents et quand $P \leq 0.01$: les traitements sont hautement et significativement différents enfin, quand $P \leq 0.001$: les traitements sont très hautement et significativement différents. La signification de la différence entre les génotypes est testée par rapport à la valeur de la plus petite différence significative au seuil de 5% ($P_{pds} 5\%$) qui est calculée, selon STEEL et TORRIE [222], comme suit :

$$P_{pds} 5\% = t_{5\%} \sqrt{\frac{2\sigma^2 e}{b}} \quad (3)$$

$t_{5\%}$: est la valeur du t de la table au seuil de 5% pour les degrés de liberté de la résiduelle. σ^2_e : est la résiduelle de l'analyse de la variance de la variable considérée. b : est le nombre de blocs. Le coefficient de la variabilité phénotypique et génotypique (CV_P et CV_g) est calculé selon SINGH et CHAUDHARY, [223], par la formule suivante :

$$CV_P(\%) = 100 \left(\frac{\sqrt{\sigma^2_P}}{\bar{X}} \right) \quad \text{et} \quad CV_g(\%) = 100 \left(\frac{\sqrt{\sigma^2_g}}{\bar{X}} \right) \quad (4)$$

Où \bar{X} est la moyenne du caractère considéré ; d'après DESHMUKH *et al.*, [224], la valeur du coefficient de variation est considérée comme faible lorsqu'elle est comprise entre 11 et 20 % et au-delà du taux de 21% elle est considérée comme élevée. Dans le but de mieux expliquer la variabilité de la productive à l'aide des variables indépendantes mesurées au sein de chaque site, le modèle de la régression linéaire simple a été adopté et qui est représenté par l'aspect algébrique suivant :

$$Y = b_0 + b_1 X \quad (5)$$

Où b_0 est le coefficient appelé ordonnée à l'origine et le coefficient b_1 est appelé la pente. Enfin, l'analyse en composantes principales (ACP) qui est une méthode d'analyse de données multidimensionnelles et plus particulièrement une analyse factorielle a été utilisée pour évaluer la relation entre différentes variables.

2. Hybridation diallèle et évaluation de déterminisme génétique

Deux populations F1 ont été créés, la première population de la génération F1 est composée de douze hybrides par contre, la deuxième population de la génération F1 est constituée de vingt hybrides. L'hybridation est basée sur l'utilisation du matériel génétique local dont Saida et Tichedrett, variétés populations, représentant les principaux géniteurs autochtones.

2.1. Protocole expérimental

Le matériel végétal étudié est composé de quatre variétés d'orge dont deux génotypes autochtones (Saida et Tichedrett), deux autres introduits (Nadawa et Fouara) et de douze hybrides F1 qui renferment la première population, afin de mieux exploiter le matériel génétique local, les deux variétés populations Saida et Tichedrett ont été réutilisées dans un autre plan de croisement, avec d'autres cultivars introduits Bahia ; express et plaisant et ce, pour la création d'une autre population F1 composée cette fois-ci de vingt hybrides. Le choix de ces géniteurs a été basé sur la résistance aux différents types de maladies et sur la longueur moyenne de la paille. Les essais ont été effectués au cours de plusieurs campagnes agricoles successives (2014/2015 ; 2015/2016 et 2016/2017). Le dispositif expérimental adopté a été le plan en blocs aléatoires complets avec quatre répétitions. Le dispositif expérimental a été répété quatre fois car le semis a été échelonné dans le temps afin d'assurer la réalisation de tous les croisements envisagés et avoir une quantité suffisante de semence F0. Les croisements ont été réalisés d'après un plan diallele complet qui comprend les P² combinaisons deux à deux. La conduite des essais a été suivie d'une manière très régulière où un labour moyen et des façons superficielles ont été effectués afin de préparer un lit de semence adéquat pour la mise en place de la culture. Après la levée des plantules, un suivi de la génération F1 a été réalisé, le désherbage et l'engrais de couverture ont été faits au moment opportun par un désherbage manuel et chimique à chaque reprise des mauvaises herbes et par des apports d'azote au stade début tallage, montaison et au stade remplissage du grain.

2.2. Méthodes d'étude

Des mesures et des comptages ont été effectués au champ et au laboratoire de dix paramètres agronomiques pour la première population F1 : la hauteur des plantes à la floraison; la longueur de l'épi; la longueur de la barbe, la surface de la feuille étendard; la longueur du col de l'épi; le nombre de grains par épi; le poids de mille grains; la précocité à l'épiaison et la productivité de la plante ont été évalués par contre, chez la deuxième population F1 seulement six paramètres ont été étudiés : la hauteur des plantes à la floraison; la longueur de l'épi; le nombre

de talles épis; le nombre de grains par épi; le poids de mille grains et la productivité de la plante.

2.3 .Techniques d'analyse génétique

L'analyse se divise en deux parties, pour le modèle l'effet bloc a été considéré comme une variable aléatoire et les variétés comme variable fixe. Concernant l'analyse diallèle de GRIFFING [184] et de HAYMAN [185], les parents; une série de la F1 et les réciproques ont été utilisés pour chaque traitement séparément.

Tableau 4.9. Croisement diallèle complet [170].

		Parent femelle							
		1	2		i	j		p	
Parent mâle	1	Y_{11}	Y_{12}		Y_{1i}	Y_{1j}		Y_{1p}	$Y_{1.}$
	2	Y_{21}	Y_{22}		Y_{2i}	Y_{2j}		Y_{2p}	$Y_{2.}$
	i	Y_{i1}	Y_{i2}		Y_{ii}	Y_{ij}		Y_{ip}	$Y_{i.}$
	j	Y_{j1}	Y_{j2}		Y_{ji}	Y_{jj}		Y_{jp}	$Y_{j.}$
	p	Y_{p1}	Y_{p2}		Y_{pi}	Y_{pj}		Y_{pp}	$Y_{p.}$
		$Y_{.1}$	$Y_{.2}$		$Y_{.i}$	$Y_{.j}$		$Y_{.p}$	$Y_{..}$

Y_{ij} est la valeur moyenne des b_n individus des b répétitions du croisement mâle i par femelle j ., $Y_{i.}$ est le total des mesures où i est le parent mâle, $Y_{.j}$ est le total des mesures où j' est le parent femelle et $Y_{..}$ est le total général.

La performance d'un individu s'écrit par Y_{ijkl} qui représente la performance de l'individu l dans le bloc k pour le croisement i par j où :

$$Y_{ijkl} = m + c_{ij} + b_k + (bc)_{ijk} + e_{ijkl} \tag{6}$$

e_{ijkl} = résiduelle aléatoire ; $(bc)_{ijk}$ = interaction bloc x croisement ; b_k = effet bloc k ; c_{ij} = effet croisement i par j et m = moyenne générale.

2.3.1. La mise en évidence des effets génétiques

La première partie nécessite l'analyse de l'effet croisement car avant d'entreprendre une analyse détaillée des effets, il est logique de s'assurer que cette variation génétique est significative par la décomposition des variances suivantes : variation liée aux croisements ; variation liée aux répétitions ; interaction répétition-croisement (si possible) et de la variation résiduelle (Tableau 4.10) [165]

Tableau 4.10. Analyse de variance et espérance des carrés moyens pour une expérience avec des génotypes répartis en parcelles et avec des répétitions complètes.

Sources de variation	ddl	CM	Espérances des CM
Bloc	b-1	CMb	$\sigma_e^2 + n \sigma_p^2 + gn \sigma_b^2$
Génotype	g-1	CMg	$\sigma_e^2 + n \sigma_p^2 + bn \sigma_G^2$
Parcelle (=interaction)	(b-1)(g-1)	CMp	$\sigma_e^2 + n \sigma_p^2$
Résiduelle	bg (n-1)	CMe	σ_e^2

2.3.2. Techniques d'analyse génétique selon la méthode GRIFFING [184]

La deuxième partie de l'analyse concerne la décomposition des effets génétiques [165], (Tableau 4.11).

Tableau 4.11. Analyse de la variance d'après GRIFFING [184], cas d'une table diallèle complète avec les réciproques et sans la diagonale

Sources de variation	ddl	SCE	CM	Espérances des CM
AGC	p - 1	Sg	CMg	$\sigma^2 + 2\sigma_s^2 + 2(p-2)\sigma_g^2$
ASC	p (p-3) / 2	Ss	CMs	$\sigma^2 + 2\sigma_s^2$
Effets réciproques généraux	p - 1	Sm	CMm	$\sigma^2 + 2\sigma_r^2 + 2p\sigma_m^2$
Effets réciproques spécifiques	(-1)(p-2) / 2	Sr	CMr	$\sigma^2 + 2\sigma_r^2$
Erreur	m	Se	CMe	σ^2

$$Sg = \frac{1}{2(p-2)} \sum_i (Y_{i+} + Y_{+i})^2 - \frac{2}{p(p-2)} Y_{++}^2 \quad (7)$$

$$Ss = \frac{1}{2} \sum_{i,j < i} (Y_{ij} + Y_{ji})^2 - \frac{1}{2(p-2)} \sum (Y_{i+} + Y_{+i})^2 + \frac{1}{(p-1)(p-2)} Y_{++}^2 \quad (8)$$

$$Sm = \frac{1}{2p} \sum_i (Y_{i+} - Y_{+i})^2 \quad (9)$$

$$Sr = \frac{1}{2} \sum_{i,j < i} (Y_{ij} - Y_{ji})^2 - \frac{1}{2p} \sum_i (Y_{i+} - Y_{+i})^2 \quad (10)$$

2.3.3. Techniques d'analyse génétique selon la méthode de HAYMAN [185]

Ce modèle permet une analyse génétique à partir de la méthode graphique et permet aussi une détermination des paramètres génétique par l'analyse de la variance.

2.3.3.1. Techniques d'analyse génétique selon la méthode graphique de HAYMAN

La décomposition des effets génétiques selon le modèle HAYMAN [185], et COUSIN [180] qui permet de déterminer la dominance et la valeur du stock génétique de chaque parent du point de vue de caractère envisagé et de prévoir

l'existence d'actions additives de gènes parallèles déterminant des combinaisons transgressives fixables intéressant sur le plan de l'amélioration de l'orge. Cette méthode est basée sur l'analyse des variances et des covariances pour déduire les effets additifs et de dominance, impliqués dans l'hérédité des caractères étudiés [186], [226].

La progression de l'analyse inclue non seulement la recherche des conclusions mais aussi la vérification de certaines hypothèses liées au modèle. En effet, Pour pouvoir appliqué le modèle HAYMAN [185], six conditions impératives doivent se réunir i) les plantes doivent avoir des ségrégations de diploïdes ii) les croisement réciproques doivent être identiques iii) action indépendante des gènes en cause (pas d'épistasie) iv) pas de mutiallélisme (à un locus l, seulement 2 allèles l et i) v) les parents doivent être homozygotes vi) les différents gènes en cause doivent être distribués indépendamment chez les parents. Avant toute analyse il y a lieu de connaître s'il existe un effet maternel pour l'ensemble des combinaisons. Cette vérification s'effectue par le Test «T» de STUDENT pour les deux moyennes ; l'une regroupant l'ensemble des valeurs au-dessus de la diagonale, l'autre les valeurs du caractère situé au-dessous de la diagonale. Les valeurs moyennes s'obtiennent en effectuant la somme des 2 valeurs des deux croisements réciproques sur 2 : c'est-à-dire $(x_{ri} + x_{ir}) / 2$. A partir de ces moyennes on calcule la variance et la covariance associées à chaque famille :

- Variance des r parents : $V_p = 1/n - 1 [\sum X_{ii}^2 - (\sum X_{ii})^2 / n]$
- Variance des r familles : $V_r = [\sum X_{ri}^2 - (\sum X_{ri})^2 / n] / n - 1$
- Covariance des r familles : $W_r = [\sum X_{ii} \cdot X_{ri} - (\sum X_{ii} \cdot \sum X_{ri}) / n] / n - 1$

Pour le calcul de W_1 on a :

- ${}_n X_{ii} X_{ri} = (X_{11})^2 + (X_{22} \cdot X_{12}) + (X_{rr} \cdot X_{1r}) + (X_{nn} \cdot X_{1n})$
- ${}_n X_{ii} = X_{11} + X_{22} + \dots + X_{rr} \dots + X_{nn}$
- ${}_n X_{ri} = X_{12} + X_{1r} + X_{1n} \dots + X_{rn}$

Chaque lignée L_r est donc représentée par trois valeurs :

- sa valeur propre Y_r pour le caractère étudié (X_{rr}),
- sa variance V_r de la famille formée de tous les hybrides (X_{ri}),
- sa covariance W_r entre les hybrides X_{ri} est les autofécondations

L'intersection de la droite de régression avec l'axe W_r donne une mesure du degré de dominance par conséquent, Il y a dominance partielle dans le cas où la

droite de régression coupe l'axe des W_r au-dessus de l'origine des axes ; la dominance est complète si la droite de régression passe par l'origine des axes et il y a superdominance lorsque la droite de régression coupe l'axe W_r au-dessous de l'origine des axes. L'absence de dominance est indiquée lorsque la droite de régression est tangente à la parabole. De plus, la répartition des différents points (V_r , W_r) de la droite de régression permet de connaître la nature des gènes que contient le parent r envisagés. Si le point correspondant au parent qui a la plus grande valeur W_r (y) pour le caractère étudié, se situe dans la partie supérieure de la droite, le génotype de ce parent renferme des gènes récessifs favorables au caractère étudié ; par contre, s'il se trouve dans la partie inférieure, les parent possèdent un nombre important de gènes dominants enfin, s'il se situe dans la partie médiane les génotypes parentaux contiennent à la fois des gènes dominants et des gènes récessifs (Figure 4.12)

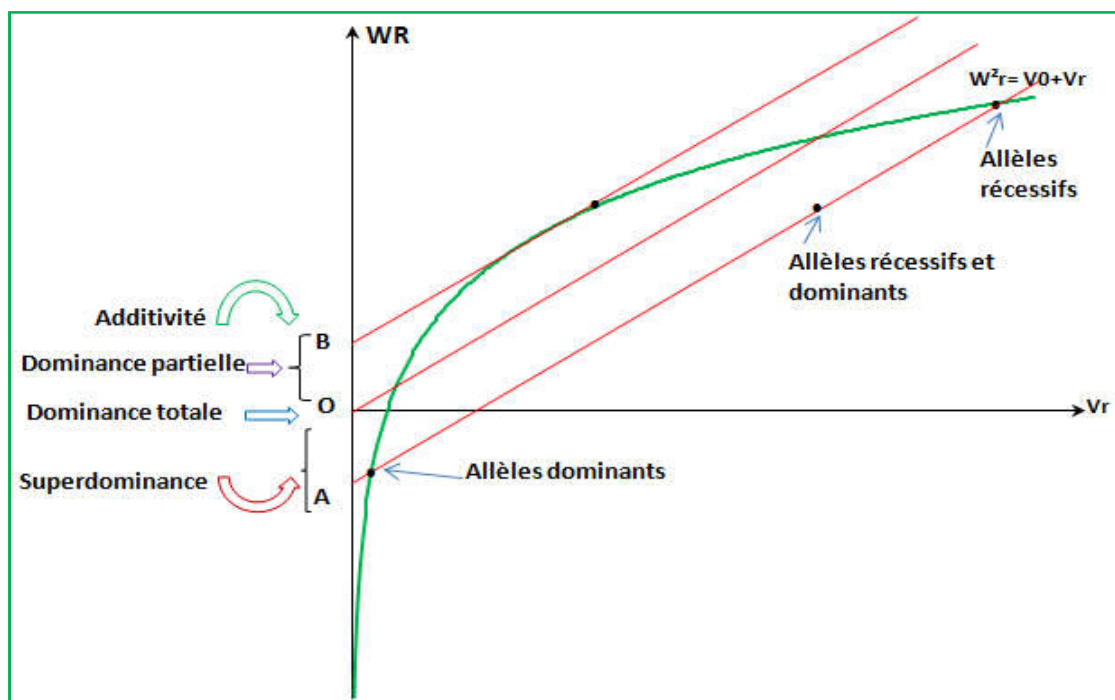


Figure 4.12. Interprétation graphique dans la méthode de HAYMAN [185], régression variance /covariance

Les valeurs ($W_r - V_r$) doivent rester constantes pour l'ensemble des n familles, et ceci doit être vérifié par un test d'homogénéité afin de satisfaire les hypothèses restrictives du modèle d'analyse. Les valeurs ($W_r + V_r$) servent à

déterminer le degré de dominance. En effet, la pente de la droite de régression ($W_r + V_r$), Xii, permet de déterminer l'action des gènes dominants et des gènes récessifs. Dans le cas où certains points s'éloignent significativement de la droite de régression la condition (iii) ne se trouve pas remplie, le même phénotype peut être obtenu par des combinaisons génétiques différentes et le schéma d'interprétation de HAYMAN [185] ne se trouve pas vérifié. Si les conditions d'interprétation sont contrôlées, la pente de la droite ($W_r + V_r$), Xii permet de déterminer le sens de dominance. (Figure 4.13)

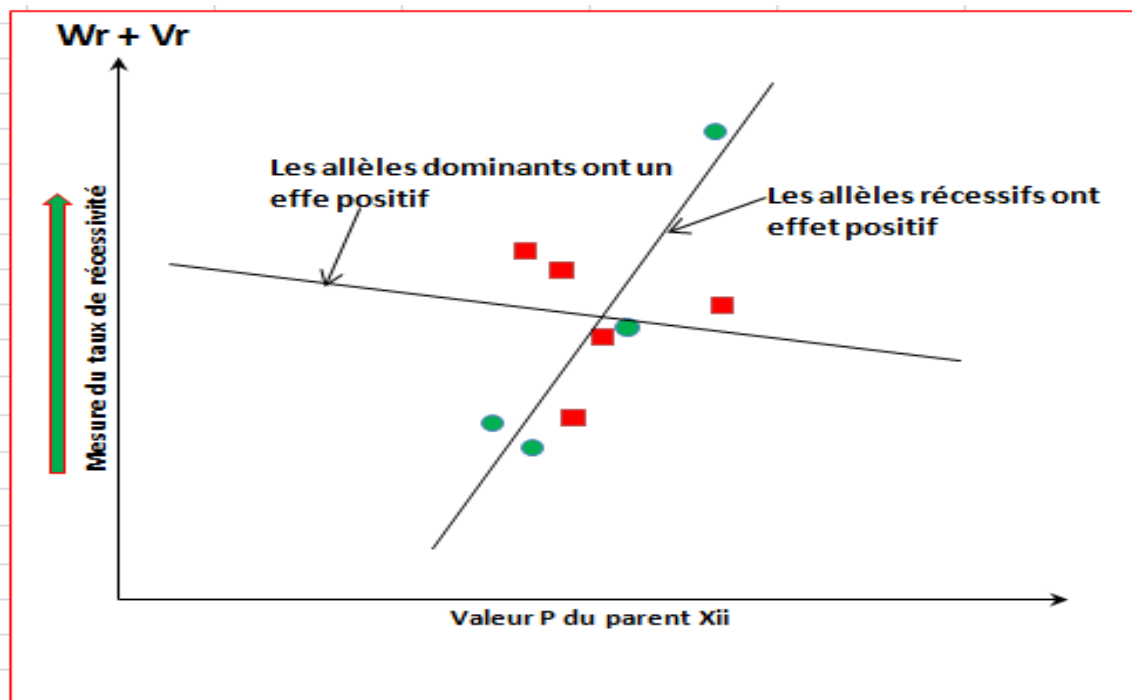


Figure 4.13. Régression, taux de dominance et valeur du parent d'après la méthode HAYMAN [185]

2.3.3.2. Détermination des paramètres génétique

Les composantes génétiques de la variation ont été calculées d'après HAYMAN, [185], SINGH et CHAUDHARY [223], pour la génération F1. L'abréviation adoptée est celle de HAYMAN, [185], reprise par SINGH ET CHAUDHARY [223], qui est la suivante :

- V_r = variance de la descendance à parent constant
- W_r = Covariance entre les valeurs parentales et la descendance
- $V_p = V_{OL0}$ = variance des valeurs parentales
- $W_r^2 = V_{ri} \times V_{OL0}$ = équation de la parabole limite

- $b_{wr/vr}$ = Coefficient de régression des W_r sur les V_r
- a = Ordonnée à l'origine de la régression des W_r sur les V_r
- $V_{1L1} = \bar{V}_r$ = Moyenne de toutes les V_r
- $W_{0L01} = \bar{W}_r$ = Moyenne de toutes les W_r
- Y_r = valeur propre parentale
- $r_{Yr/(Wr + Vr)}$ = corrélation entre l'ordre de dominance parentale ($W_r + V_r$) et les valeurs propres parentales Y_r .

Les paramètres génétiques déterminés sont les suivants :

- La variance additive (D) = $V_{0L02} - E$

Avec : $V_{0L02} = V_p$, variance des parents et E = variance environnementale.

- La variance des effets dominants des gènes (H1) :

$$H1 = 4V_{0L0} + 16V_{1L2} - 16W_{0L01} - \frac{4(5n - 4)}{n} E$$

Avec : \bar{W}_r = moyenne des W_r , \bar{V}_r = moyenne des V_r , n = nombre de parents croisés et E = variance environnementale.

- La variance des effets dominants des gènes corrigée pour la distribution des gènes (H2)

$$H2 = 16V_{1L2} - 16V_{0L02} - \frac{16(n - 1)}{n} E$$

- La fréquence relative des allèles dominants et récessifs (F) :

$$F = 4V_{0L0} - 8W_{0L02} - \frac{4(n - 2)}{n} E$$

F est positif si les allèles dominants sont plus nombreux que les allèles récessifs

- L'effet de la dominance globale des loci hétérozygotes (h_2) :

$$h_2 = (4ML1 - 4ML0)^2 - \frac{16(n-1)}{n} E$$

Avec $ML1 - ML0 = \{(1/n) \times [(G.T/n) - \Sigma \text{valeurs parentales}]\}^2$, et G.T = Grand total de toutes les observations du diallèle pour le caractère analysé.

- La variance environnementale (E) :

$$E = (SCE \text{ erreur} + SCE \text{ blocs}) / (Ddl \text{ erreur} + ddl \text{ blocs}).$$

- Le degré moyen de dominance est de :

$$\sqrt{\frac{1 H_1}{4 D}}$$

Si ce ratio est égal à 0, il indique l'absence de dominance donc il y a additivité. S'il prend une valeur égale à 1, il y a une dominance complète, et pour des valeurs supérieures à 1 on est en présence de la superdominance. Pour des valeurs différentes de zéro, mais inférieure à 1, on est en présence de la dominance partielle.

- La proportion des gènes avec effets positifs et négatifs chez les parents :

$$\frac{H_2}{4H_1}$$

Lorsque u et v sont symétriquement distribués (u=v=0.5), ce ratio prend la valeur de 0.25.

- La proportion des gènes dominants et récessifs chez les parents :

$$\frac{\frac{1}{4} \sqrt{4DH_1} + \frac{1}{2} F}{\frac{1}{4} \sqrt{4DH_1} - \frac{1}{2} F}$$

Une valeur de 1 indique l'égalité des gènes dominants et récessifs, pour des valeurs inférieures à 1, il y a excès des gènes récessifs et pour des valeurs supérieures à 1, il y a excès des gènes dominants chez les parents croisés.

- Le nombre de gènes qui contrôlent le caractère et qui montrent de la dominance.

$$\frac{h_2}{H_2}$$

Il s'agit d'une mesure approximative de l'ensemble de gènes montrant de la dominance.

- Le coefficient de l'héritabilité au sens large (h^2_{bs}) :

$$h^2_{bs} = \frac{0.5D + 0.5H1 - 0.25H2 - 0.5F}{0.5D + 0.5H1 - 0.25H2 - 0.5F + E}$$

- Le coefficient de l'héritabilité au sens étroit (h^2_{ns}) :

$$h^2_{ns} = \frac{\frac{1}{4}D}{\frac{1}{4}D + \frac{1}{16}H1 - 0.25H2 - 0.5F + E}$$

2.3.4. Calcul de l'effet hétérosis

L'effet hétérosis est estimé d'après le modèle d'EBERHART et GARDNER [226] qui a permis de calculer :

- L'hétérosis par rapport au parent moyen (h_m)

$h_m = [(F1 - P) / P] \times 100$ avec $F1$ = Valeur de l'hybride et P = Moyenne des 2 parents mis en jeu.

- L'hétérosis par rapport au meilleur parent (h_s)

$h_s = [(F1 - P_s) / P_s] \times 100$ avec P_s = Parent qui a la plus grande valeur.

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

$h_e = [(F1 - P_e) / P_e] \times 100$ avec P_e = Variété qui a la plus grande valeur.

- L'hétérosis global

$h_g = [(mF1 - P_g) / P_g] \times 100$ avec P_g = moyenne de toutes les variétés ; $mF1$ = moyenne de toute la F1.

CHAPITRE V. ETUDE DE COMPORTEMENT ET DE LA QUALITE TECHNOLOGIQUE DU GRAIN DE CULTIVARS D'ORGE INTRODUIT ET DE LA VARIETE LOCALE SAIDA

CHAPITRE V. ETUDE DE COMPORTEMENT ET DE LA QUALITE TECHNOLOGIQUE DU GRAIN DE CULTIVARS D'ORGE INTRODUIES ET DE LA VARIETE LOCALE SAIDA

Le choix de la variété est une majeure adaptation des itinéraires techniques aux contraintes climatiques. Cependant, en Algérie, seules les deux cultivars autochtones ont été cultivés sur tout le territoire national quelque soit le climat et le type de sol. Dans le but de lever une partie des incertitudes et d'enrichir les informations sur les deux géotypes locaux et d'autres introduits ce chapitre a été réalisé.

Comme la compréhension de l'environnement et de l'ampleur de l'interaction géotype x environnement est essentielle dans un programme de sélection de l'orge une étude détaillée a été effectuée sur le comportement des cultivars au niveau de deux sites dont les conditions climatiques sont complètement différentes. L'augmentation du rendement en grains est un objectif majeur de l'amélioration des orges, et une voie prometteuse pour maximiser le rendement. Dans les céréales à petits grains, le rendement est étroitement lié au nombre de grains. De ce fait, la deuxième partie de ce chapitre a été réalisée. Où l'étude a été focalisée sur les relations existant entre la productivité et ses composantes et entre la productivité et d'autres paramètres agronomiques. Dans un troisième point, la recherche s'est orientée vers l'étude des maladies cryptogamiques les plus fréquentes et la verse affectant, le plus souvent, les cultivars cultivés au niveau de l'étage bioclimatique humide et subhumide. Enfin, une étude des paramètres technologiques de chaque variété a été réalisée pour garantir une meilleure utilisation de ces géotypes que ce soit dans le domaine industriel ou dans l'alimentation du bétail.

CHAPITRE V. ETUDE DE COMPORTEMENT ET DE LA QUALITE TECHNOLOGIQUE DU GRAIN DE CULTIVARS D'ORGE INTRODUIT ET DE LA VARIETE LOCALE SAIDA

1. La mise en évidence de l'interaction génotype x site

Au cours de cette dernière décennie, la culture de l'orge a connu un progrès remarquable en Algérie car la production ne cesse d'augmenter grâce à un ensemble de stratégies adoptées par les agriculteurs tels que : la préparation correcte du lit de semences ; le semis en lignes ; le désherbage chimique ; la fertilisation azotée et la lutte contre les maladies cryptogamiques. Par conséquent, les agriculteurs passent d'une agriculture extensive vers une agriculture intensive.

Cependant, le choix du matériel végétal par l'agriculteur reste restreint face à une gamme variétale limitée. En effet, l'agriculteur est perdu entre les cultivars locaux et introduits, entre ceux qui s'adaptent et qui présentent des inconvénients ou entre ceux qui ne s'adaptent pas et expriment de bons rendements. Face à cette situation, les agriculteurs n'ont pas assez de choix, ils privilèges l'utilisation des génotypes autochtones. Comme Le choix de la variété est une majeure adaptation des itinéraires techniques aux contraintes climatiques, l'identification des cultivars les plus tolérants et les plus productifs serait nécessaire. La comparaison des performances génotypiques dans des environnements favorables et non favorables afin d'évaluer la meilleure expression du rendement en grains est souvent employé par les sélectionneurs. En effet, une bonne compréhension de l'environnement et de l'ampleur de l'interaction génotype x milieu est essentielle dans un programme de sélection car le rendement de l'orge est sous la dépendance des conditions environnementales influençant sa croissance et son développement et sous aussi l'interaction avec la constitution génétique. En plus de la performance globale de la variété, il faut donc, tenir compte de sa réponse aux changements de différents milieux de production.

**CHAPITRE V. ETUDE DE COMPORTEMENT ET DE LA QUALITE
TECHNOLOGIQUE DU GRAIN DE CULTIVARS D'ORGE INTRODUIT ET DE LA
VARIETE LOCALE SAIDA**

1.1. Présentation des résultats et discussion

Au totale, huit paramètres ont été mesurés au niveau de deux sites différents dans la wilaya de Mila, les principaux résultats de l'analyse de la variance sont regroupés dans le (Tableau 5.12). En effet, l'analyse statistique de la variance du facteur génotype nous dévoile que le test F est significatif à très hautement significatif pour deux caractères soient respectivement, la longueur de la barbe et le nombre de grains par épi. Par contre, Le test F observé est largement moins important que le test F théorique pour un risque d'erreur de 1^{ère} espèce ($\alpha = 0,05$). Ceci implique qu'il existe un effet non significatif du génotype sur les caractères : hauteur des plantes à la floraison ; longueur de l'épi ; longueur du col de l'épi ; nombre de talles par épi ; poids de mille grains et la productivité par plante (Tableau 5.12).

Tableau 5.12. Analyse de la variance (carrés moyens) des différents caractères.

Caractères étudiés	Moyenne des carrés		
	Génotypes	Sites	Interaction
HPF	260,449 ^{NS}	20751,843***	191,704***
LE	003,545 ^{NS}	701,720***	005,136***
LB	023,288*	11,022 ^{NS}	3,176***
COL	016,759 ^{NS}	570,573**	30,659***
NE/P	001,275 ^{NS}	213,550***	004,790***
NG/E	972,302***	482,461**	075,600***
PMG	112,160 ^{NS}	3837,183***	037,225***
PRO	368,210 ^{NS}	5711,329***	139,029***

HPF = hauteur de la plante à la floraison, LE = longueur de l'épi, LB = longueur de la barbe, longueur du col de l'épi, NE/P = nombre d'épis par plante, NG/E = nombre de grains par épi, PMG = poids de mille grains, PRO = productivité par plante.

L'analyse de la variance du facteur site indique une différence non significative entre les deux sites avec une probabilité supérieure à (0,05) pour le caractère

CHAPITRE V. ETUDE DE COMPORTEMENT ET DE LA QUALITE TECHNOLOGIQUE DU GRAIN DE CULTIVARS D'ORGE INTRODUIT ET DE LA VARIETE LOCALE SAIDA

longueur de barbe. Par contre, la différence entre les deux sites est hautement significative à très hautement significative pour, respectivement, la longueur du col de l'épi ; nombre de grain par épi ; hauteur des plantes à la floraison ; longueur de l'épi ; nombre de talles par épi ; poids de mille grains et la productivité par plante l'analyse de la variance du facteur interaction génotype x site indique une différence très hautement significative entre les génotypes dans les deux sites pour tous les caractères évalués, avec une probabilité de (0.0001), (Tableau 5.12).

1.1.1. Hauteur des plantes à la floraison

Au sein de chaque site, les cultivars expriment une hauteur de paille dont les valeurs moyennes ne sont pas significativement différentes. Par contre, entre les deux sites, les génotypes donnent des hauteurs de paille avec des valeurs moyennes qui sont significativement différentes, (Figure 5.14).

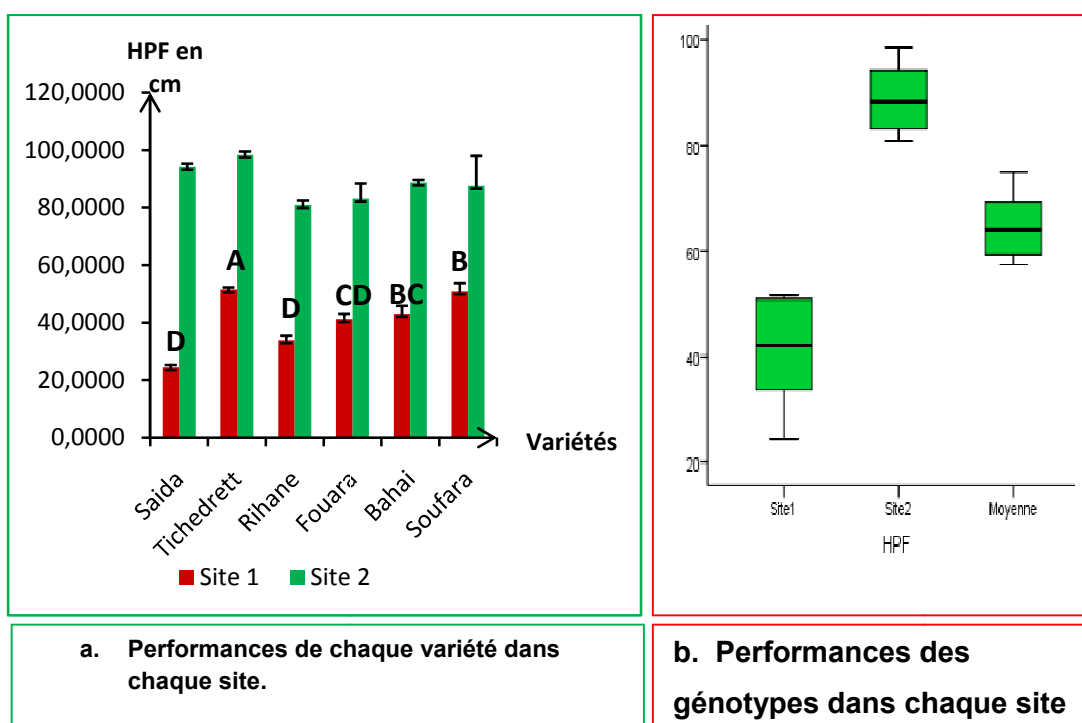


Figure 5.14. Interaction génotype x site pour l'expression du caractère HPF

Chaque variété possède son propre potentiel d'adaptation pour exprimer le caractère hauteur des plantes vis-à-vis des conditions climatiques caractérisant

CHAPITRE V. ETUDE DE COMPORTEMENT ET DE LA QUALITE TECHNOLOGIQUE DU GRAIN DE CULTIVARS D'ORGE INTRODUIT ET DE LA VARIETE LOCALE SAIDA

chaque site. Par conséquent, une différence très hautement significative est constatée par rapport au facteur interaction génotype x site. Le test de NEWMAN et KEULS classe plusieurs groupes homogènes et fait ressortir les meilleures performances de chaque génotype dans les deux sites, (Figure 5.14.a). Les différentes hauteurs dans les deux sites sont comprises entre (57,36 cm et 74,98 cm). Les deux génotypes locaux Tihedrett et Saida ont obtenu une meilleure hauteur des pailles au niveau du site 2 (Oued Endja). Par contre, Saida et Rihane ont donné les hauteurs des plantes les plus faibles au niveau du site 1 (Oued Segan) avec respectivement (24,50 cm et 33,84 cm). En effet, les génotypes expriment les meilleures hauteurs de paille au niveau de l'étage bioclimatique humide (Oued Endja). Cependant, ces variétés donnent des hauteurs plus faibles au niveau de l'étage bioclimatique semi-aride (Oued Seguen), (Figure 5.14.b). Ces effets impliquent que les génotypes ne se comportent pas de la même façon au niveau des deux sites pour exprimer la hauteur des plantes car, l'écart enregistré entre les sites est de (48 cm), (Figure 5.14.b). Les deux variétés locales Saida et Ticheurte ont enregistré les meilleures hauteurs des plantes à la floraison par conséquent, ces deux variétés ont noté les degrés d'intensité de verse les plus importants au niveau du Site 2, ces génotypes sont adaptés beaucoup plus aux zones semi-arides et en particulier, la variété Tichedrett. Les sélectionneurs ont admis, pendant longtemps, que les variétés de céréales les plus tolérantes aux différentes contraintes de l'environnement étaient des variétés à paille haute qui sont souvent associées à un système racinaire profond et par conséquent à une meilleure aptitude à extraire l'eau du sol [227].

1.1.2. Longueur de l'épi

Dans les mêmes conditions du milieu, les génotypes donnent des épis avec des longueurs moyennes qui ne sont pas significativement différentes. En revanche, au niveau des deux étages bioclimatiques, humide et semi-aride, les génotypes enregistrent des longueurs moyennes de l'épi avec des différences très hautement significatives, (Figure 5.15).

CHAPITRE V. ETUDE DE COMPORTEMENT ET DE LA QUALITE TECHNOLOGIQUE DU GRAIN DE CULTIVARS D'ORGE INTRODUIT ET DE LA VARIETE LOCALE SAIDA

La longueur de l'épi est affectée par les contraintes du milieu car les géotypes expriment les meilleures performances de longueurs des épis dans le site 2 (Oued Endja) là où les conditions climatiques sont favorables. Par conséquent, l'effet de l'interaction géotype x site est très hautement significatif, (Figure 5.15.b). Le test NEWMAN et KEULS de la PPAS, nous permet de classer les quatre groupes homogènes et dévoile les meilleures longueurs de l'épi au sein des deux sites. Les meilleures performances ont été exprimées par le géotype Rihane avec une moyenne de (8,49 cm) suivi par les cultivars; Tichedrett ; Fouaraet Saïda avec des valeurs moyennes de (8,19 ; 8,15 et 7,68 cm) respectivement, (Figure 5.15.a).

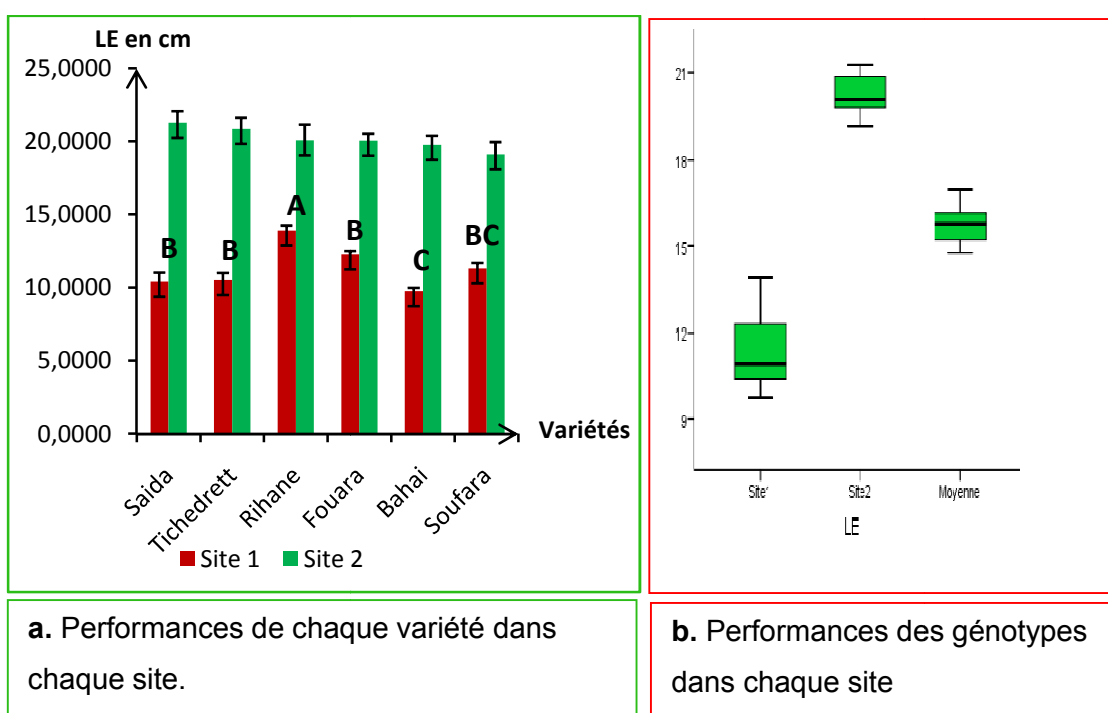


Figure 5.15. Interaction géotype x site pour l'expression du caractère LE

La variation de longueurs des épis est tributaire de trois facteurs : d'une part, le potentiel génétique du cultivar et d'autre part, de la date de semis et de la fertilité azotée, SAOUDI et *al.*, [228], confirment que La fertilité azotée influe positivement

**CHAPITRE V. ETUDE DE COMPORTEMENT ET DE LA QUALITE
TECHNOLOGIQUE DU GRAIN DE CULTIVARS D'ORGE INTRODUIT ET DE LA
VARIETE LOCALE SAIDA**

sur la longueur de l'épi de même JONARD [229], note que la longueur de l'épi est une caractéristique variétale mais peu influençable par les variations du milieu.

1.1.3. Longueur de la barbe

Au sein de chaque site les variétés ne se comportent pas de la même manière pour l'expression du caractère longueur de la barbe (Figure 5.16.a). Les différences de moyennes entre les génotypes ont été hautement significatives pour des valeurs moyennes allant de (15, 33 cm à 8,64 cm). Les cultivars Tichedrett et Fouara ont donné les meilleures longueurs de barbe suivis par Saida et Bahai. Nous constatons que le milieu n'a pas d'effet significatif sur la longueur des barbes. Par contre, l'effet de l'interaction génotype x site est très hautement significatif. En effet, dans un milieu donné, chaque variété possède sa propre stratégie pour exprimer son potentiel génétique de longueur de barbe, (Figure 5.16).

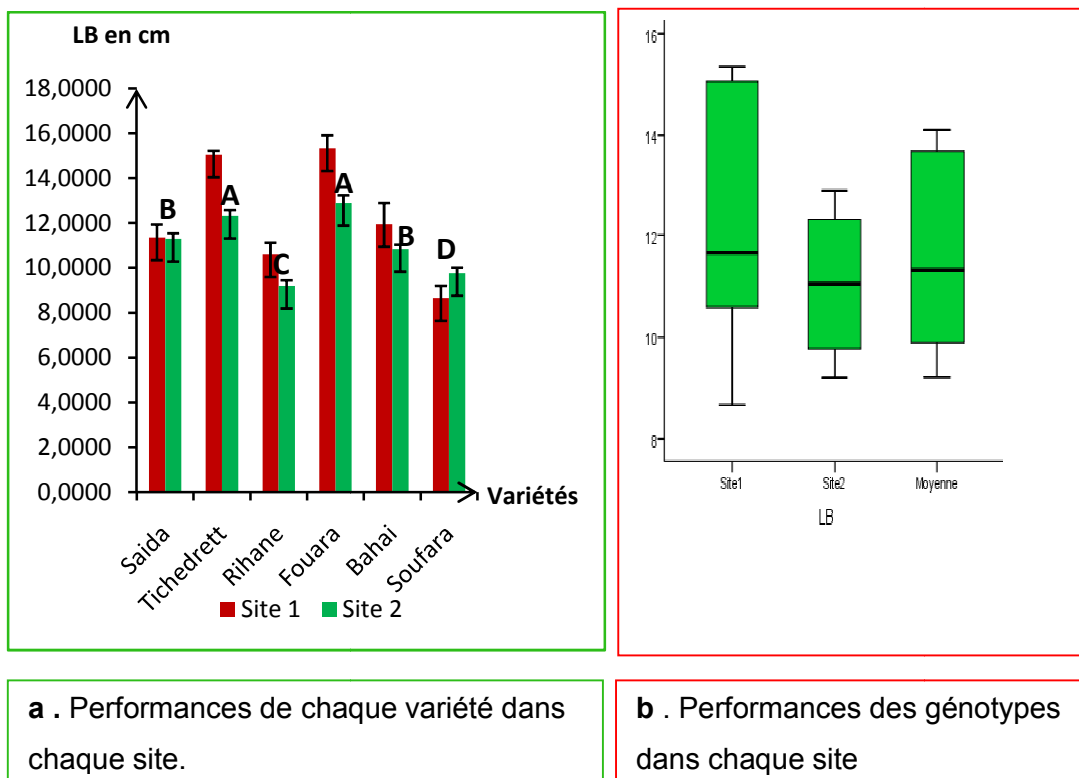


Figure 5.16. Interaction génotype x site pour l'expression du caractère LB.

CHAPITRE V. ETUDE DE COMPORTEMENT ET DE LA QUALITE TECHNOLOGIQUE DU GRAIN DE CULTIVARS D'ORGE INTRODUIT ET DE LA VARIETE LOCALE SAIDA

La présence de barbe chez les céréales limite les pertes en eau en car les barbes augmentent la possibilité d'utilisation de l'eau et l'élaboration de la matière sèche lors de la phase de maturation des grains, et jouent un rôle important dans le remplissage du grain [230] ; [231], [232] ; [233], [234].

1.1.4. Longueur du col de l'épi

Le col de l'épi peut jouer un rôle d'un organe de réserve des assimilats qui vont être transloqués ultérieurement vers les grains, les différences de longueur entre les génotypes ne sont pas significatives au sein de chaque milieu, (Figure 5.17.a). Par contre, les cultivars enregistrent des valeurs moyennes plus importantes dans le site 2 que dans le site 1. En effet, les contraintes du milieu, en particulier le froid, influencent sur la longueur de la paille et par conséquent sur la longueur du col de l'épi. En fait, les conditions environnementales ont un effet important sur la variation phénotypique qui est due aux différences génotypiques, (Figure 5.17).

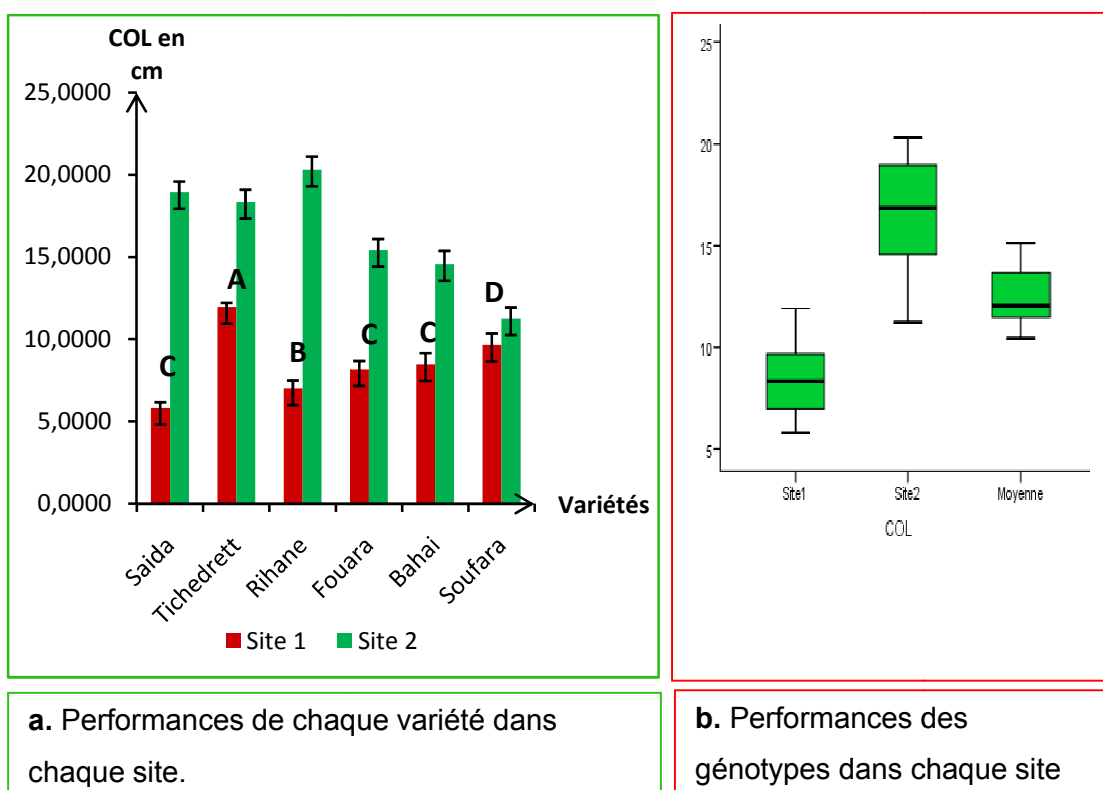


Figure 5.17. Interaction génotype x site pour l'expression du caractère COL.

CHAPITRE V. ETUDE DE COMPORTEMENT ET DE LA QUALITE TECHNOLOGIQUE DU GRAIN DE CULTIVARS D'ORGE INTRODUIT ET DE LA VARIETE LOCALE SAIDA

L'effet combiné du facteur génotype x site est très hautement significatif pour l'expression du caractère longueur du col de l'épi. Le test de la plus petite amplitude significative révèle quatre groupes homogènes dont la meilleure longueur est enregistrée par le cultivar autochtone Tichedrett avec une valeur moyenne de (15,14 cm) suivi par Rihane avec une valeur moyenne de (13,65 cm). Les conditions climatiques humides favorisent l'expression des longueurs importantes du col de l'épi (site 2), cette longueur du col joue un rôle important dans la résistance aux hautes températures et au déficit hydrique terminal [235], un déficit hydrique de début montaison réduit la longueur du dernier entre-nœud et du col de l'épi en plus de la hauteur, et limite la capacité à transférer les assimilats dans la mesure où ils affectent la croissance des tiges pendant leur élongation [234]. Selon MASSE et GATE [236], le col de l'épi est un organe de photosynthèse situé en pleine lumière, peut avoir une part importante dans la composition du rendement en grain final.

1.1.5. Nombre de talles-épils par plante

Au sein de même site, les génotypes ne présentent pas de différences significatives pour l'expression du caractère nombre de talles par épi (Figure 5.18.a). Cependant, la différence entre les deux sites est très hautement significative (Figure 5.18.b). Il semble que le tallage épi est affecté par les conditions de milieu car dans le milieu 2, là où les conditions sont favorables, le nombre de talles épils est plus important que dans le milieu 1 où les contraintes climatiques limitent l'expression de ce paramètre, (Figure 5.18.a). Le test de la plus petite amplitude significative nous a permis de classer les groupes homogènes tout en précisant les meilleures performances des cultivars au niveau du deux sites. La variété Bahia donne un nombre d'épi par plante plus important que les autres variétés avec une valeur moyenne de (11,22 talles épils) suivie par les autres variétés. La période de tallage est essentielle au développement de la plante. Elle dépend de la température, de l'eau, des adventices et maladies présentes sur la parcelle, ou encore, du type de sol et de la densité de semis.

CHAPITRE V. ETUDE DE COMPORTEMENT ET DE LA QUALITE TECHNOLOGIQUE DU GRAIN DE CULTIVARS D'ORGE INTRODUIT ET DE LA VARIETE LOCALE SAIDA

Selon MOULE [40], lorsque l'azote est insuffisant il se produit une interruption du processus de tallage, le nombre de talles par pied est fixé, les jeunes talles sont alors affectées, leur croissance s'arrête et commence le début de régression

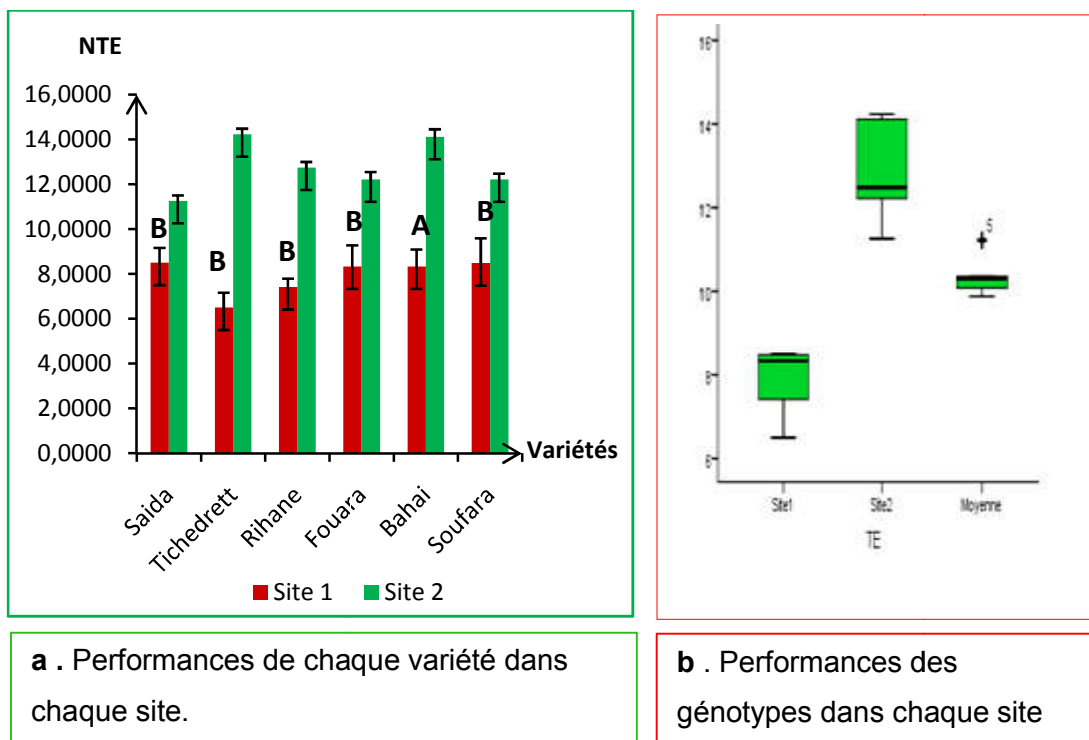


Figure 5.18. Interaction génotype x site pour l'expression du caractère NTE.

NEEYMOD et VEZ [232], affirment que la fumure appliquée au tallage est moins intéressante qu'un apport réalisé en début montaison et que l'azote est l'un des facteurs qui ont le plus d'incidence sur le rendement.

1.1.6. Nombre de grains par épi

Le nombre de grains par épi est l'une des composantes spécifiques qui dépend essentiellement du potentiel génétique de chaque cultivar, ceci implique qu'il existe un effet significatif du génotype sur ce paramètre. Les génotypes se révèlent moins stables entre les deux sites car ils sont plus productifs dans le milieu 2 que dans le milieu 1, (Figure 5.19.b.). La variabilité du nombre de grains par épi est due alors, très largement, aux différences génotypiques mais aussi aux conditions environnementales. Par conséquent, l'effet de l'interaction génotype x

**CHAPITRE V. ETUDE DE COMPORTEMENT ET DE LA QUALITE
TECHNOLOGIQUE DU GRAIN DE CULTIVARS D'ORGE INTRODUIT ET DE LA
VARIETE LOCALE SAIDA**

site est très hautement significatif pour ce paramètre. D'après le test de NEWMAN-KEULS, nous constatons quatre groupes homogènes, dont les épis les plus fertiles sont ceux de la variété Fouara avec une valeur moyenne de 68,66 graines suivie par les variétés : Bahai et Saida soient respectivement les valeurs moyennes de (57,96 et 56,97 graines). Par contre, le cultivar Soufara présente le plus faible nombre de grains par épi soit une valeur moyenne de (30,8 graines), (Figure 5.19.a). Ces résultats concordent avec ceux de GRIGNAC [230], qui affirme que les valeurs optimales de grains par épi permettant l'obtention des rendements les plus élevés, en zones méditerranéennes et en absence de déficit hydrique, le nombre oscille entre 38 et 51 grains/épi. Ce même auteur ajoute que le déficit hydrique s'oppose à l'élaboration du nombre de grains/épi car il affecte la fertilité de l'épi. PERRY et D'ANTUONO [237], indiquent que l'augmentation du rendement en grain chez les variétés d'orge est associée à l'augmentation de nombre de grains par épi et de grains par unité de surface. De son côté GATE [233], affirme que le nombre potentiel d'épillets totaux est déterminé essentiellement par des facteurs climatiques, température et durée du jour, un stress thermique supérieur à (30°C) induit surtout la stérilité femelle.

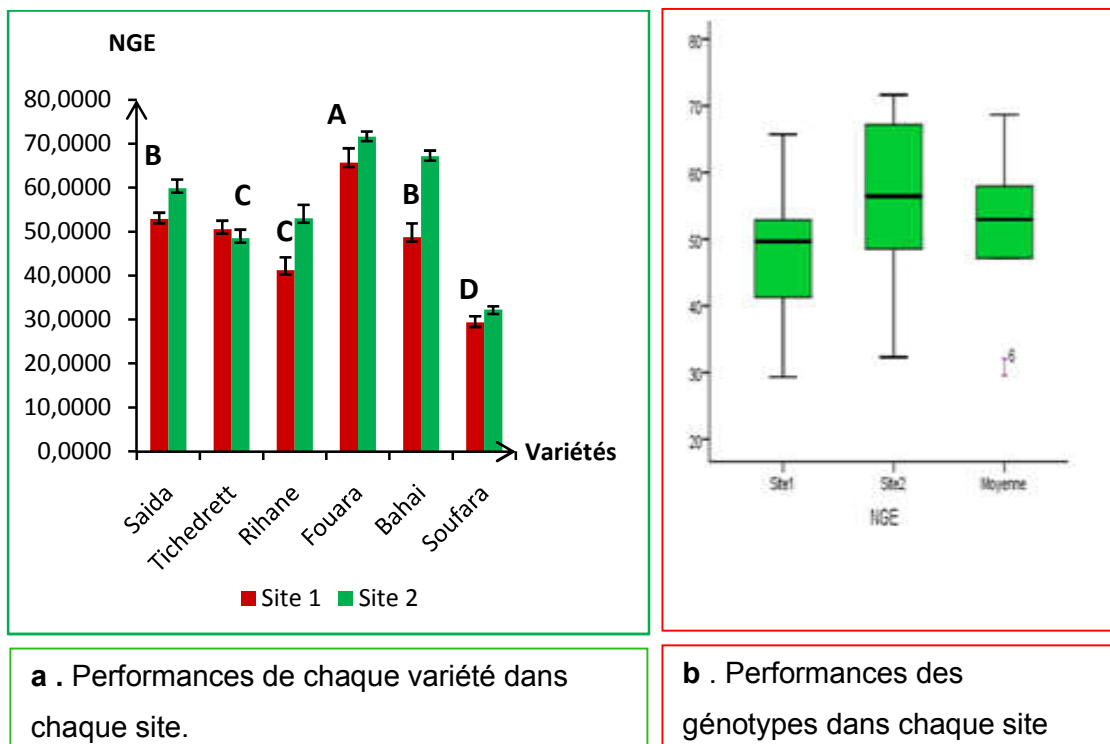


Figure 5.19. Interaction génotype x site pour l'expression du caractère NGE.

CHAPITRE V. ETUDE DE COMPORTEMENT ET DE LA QUALITE TECHNOLOGIQUE DU GRAIN DE CULTIVARS D'ORGE INTRODUIT ET DE LA VARIETE LOCALE SAIDA

Selon MOSSEDDAQ et MOUGHLI, [238], le nombre de grains par épi est déterminé par le nombre d'épillets potentiels et la fertilité de l'épi. LEDENT, [239], trouve que la fertilité est la composante du rendement la plus importante. Le nombre de grain par épi est sensible aux conditions climatiques de la période de fin de tallage à la montaison. KABOUCHE et *al.*, [240], affirment que la fertilité est liée au nombre de rangs par épi, les orges à six rangs sont nettement plus fertiles que les orges à deux rangs. Ils ajoutent que la fertilité reste aussi sous la dépendance des conditions climatiques qui ont lieu au cours de stade épiaison-gonflement. GATE [233], indique que la nutrition azotée a peu d'effet sur l'élaboration du nombre total d'épillets dont le déterminisme est avant tout climatique.

1.1.7 Poids de mille grains par épi

Au sein de même site, les génotypes présentent les mêmes performances pour exprimer un PMG dont les écarts ne sont pas significativement différents. La comparaison des moyennes entre les deux sites révèle des différences très hautement significatives dont les meilleures performances sont obtenues dans le site 2 (Figure 5.20.b). En effet, le poids de mille grains est un paramètre lié au potentiel génétique de chaque cultivar et aux conditions climatiques caractérisant chaque site. Ce qui est confirmé par l'effet très hautement significatif du facteur interaction génotype x site (Figure 5.20). Le test de NEWMAN et KEULS montre la présence de quatre groupes homogènes, le génotype local a donné le poids le plus élevé, Saida a enregistré (52,71 g). En effet, ces fluctuations du poids d'une même variété impliquent que les génotypes ne s'expriment pas de la même manière d'un site à un autre. GATE et *al.*, [67], observent des réductions très fortes du poids de 1000 grains chez le blé et l'orge semés en France et en Algérie (sud) qui vont jusqu'à 35 g/1000 grains, causées par les hautes températures. LE GOUIS [241], montre que le taux de remplissage du grain explique les différences génotypiques du poids de mille grains mieux que la durée de la phase de remplissage du grain. Ce même auteur ajoute que le poids moyen du grain est

**CHAPITRE V. ETUDE DE COMPORTEMENT ET DE LA QUALITE
TECHNOLOGIQUE DU GRAIN DE CULTIVARS D'ORGE INTRODUIT ET DE LA
VARIETE LOCALE SAIDA**

mieux corrélé à la vitesse du remplissage du grain chez les orges à 6 rangs que chez les orges à 2 rangs.

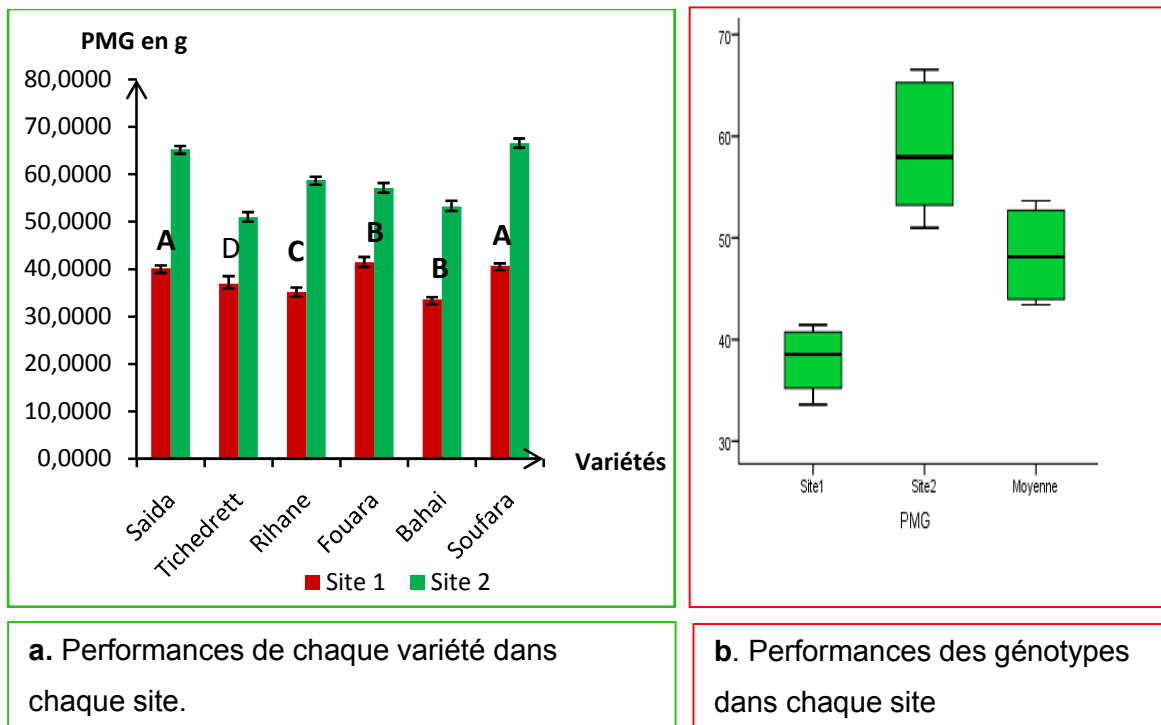


Figure 5.20. Interaction génotype x site pour l'expression du caractère PMG.

Le poids du grain contribue très peu à la variation du rendement en grain des variétés locales, probablement à cause de la hauteur élevée de ces variétés qui supportent la croissance du grain par transfert des réserves, en conditions de stress [242].

1.1.8. Productivité par plante

Au sein de chaque site, les génotypes manifestent les mêmes performances de productivité car les différences entre cultivars ne sont pas significatives. Par contre, les variétés expriment des différences très hautement significatives entre les deux sites (Figure 5.21.a). Les variétés montrent un potentiel de productivité plus important au niveau du site 2 qu'au niveau du site 1. En effet, le facteur

**CHAPITRE V. ETUDE DE COMPORTEMENT ET DE LA QUALITE
TECHNOLOGIQUE DU GRAIN DE CULTIVARS D'ORGE INTRODUIT ET DE LA
VARIETE LOCALE SAIDA**

interaction G x S a un effet très hautement significatif sur l'expression de la productivité des plantes (Figure 5.21).

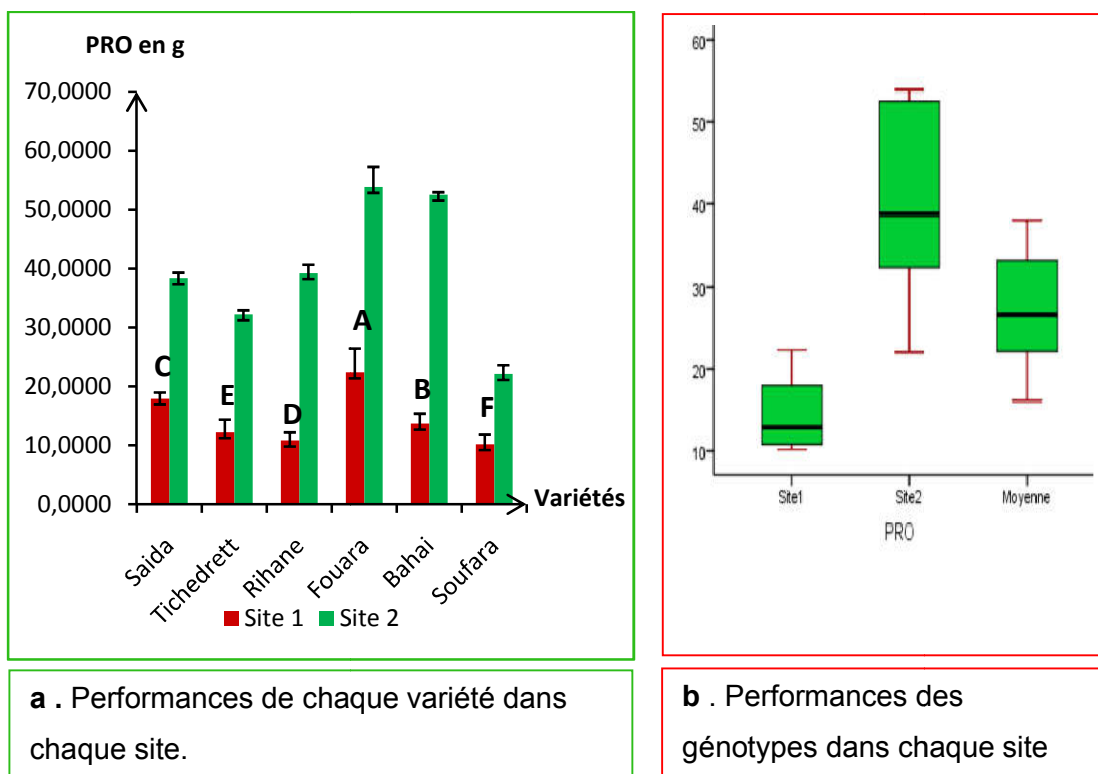


Figure 5.21. Interaction génotype x site pour l'expression du caractère PRO

La productivité dépend largement du potentiel génétique et varie considérablement principalement en raison des conditions agro-écologiques caractérisant les différentes phases de la croissance et de développement, POPOVIĆ et al., [243]; ĐEKIC et al., [244]; ĐEKIC et al., [245]; TERZIC et al., [246]; RAJICIC et al., [247]; GATE et al., [248], indiquent que les causes de variation du rendement peuvent être liées d'une part, aux génotypes et d'autre part, à la période d'apparition du déficit hydrique. La productivité, ce caractère quantitatif complexe, est le produit de trois facteurs : le nombre de talles épis ; le nombre de grains par épi et le poids de mille grains. La diminution d'un facteur, sans variation compensatrice des autres, doit provoquer obligatoirement la diminution de la productivité. L'amélioration du rendement en grain peut être

CHAPITRE V. ETUDE DE COMPORTEMENT ET DE LA QUALITE TECHNOLOGIQUE DU GRAIN DE CULTIVARS D'ORGE INTRODUIT ET DE LA VARIETE LOCALE SAIDA

réalisée par une sélection sur ses composantes [249].TRIBOI [250], souligne que la variation du rendement sous l'effet du milieu peut s'expliquer en grande partie par le fait que la compensation entre différentes composantes n'est pas totale.

En effet, pour pouvoir mieux sélectionner les génotypes dans des milieux contraignants ou favorables, plusieurs auteurs ont tenté de trouver la relation entre la productivité et ses composantes et entre la productivité et d'autres paramètres agronomiques, ce qui nous a amené à développer le deuxième point du chapitre V ; une partie centrée sur la mise en valeur des corrélations existant entre la productivité et les différents paramètres agronomiques évalués dans deux milieux différents.

2. Valorisation des relations existant entre la productivité et les variables évaluées

L'élaboration du rendement implique l'enchaînement de multiples mécanismes liés à la croissance et au développement des génotypes cultivés qui sont en relation directe avec les facteurs et les conditions du milieu.

2.1. Corrélation entre la productivité et la hauteur des plantes.

Des relations ont été établies entre la productivité (g) et la hauteur des plantes (cm) au niveau de chaque site. Au niveau du site 1, la corrélation est positive avec une pente de l'ordre de (0,262) et un coefficient égale à (0,16). Par contre, dans le site 2, nous constatons une corrélation négative dont la pente est de (-0,626) avec un coefficient de (0, 34).

**CHAPITRE V. ETUDE DE COMPORTEMENT ET DE LA QUALITE
TECHNOLOGIQUE DU GRAIN DE CULTIVARS D'ORGE INTRODUIT ET DE LA
VARIETE LOCALE SAIDA**

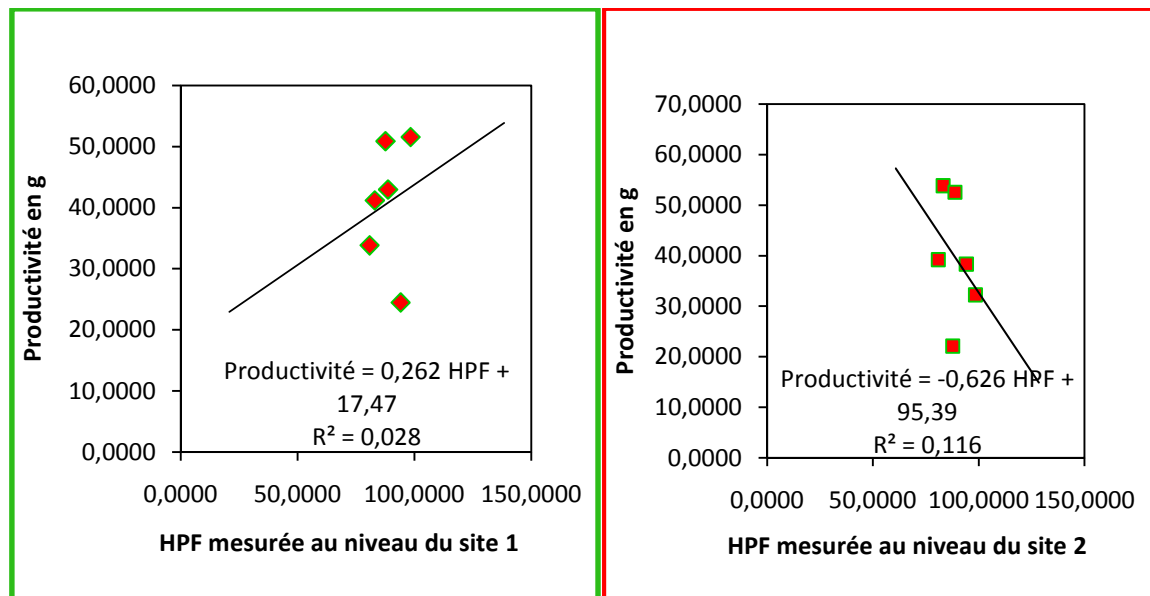


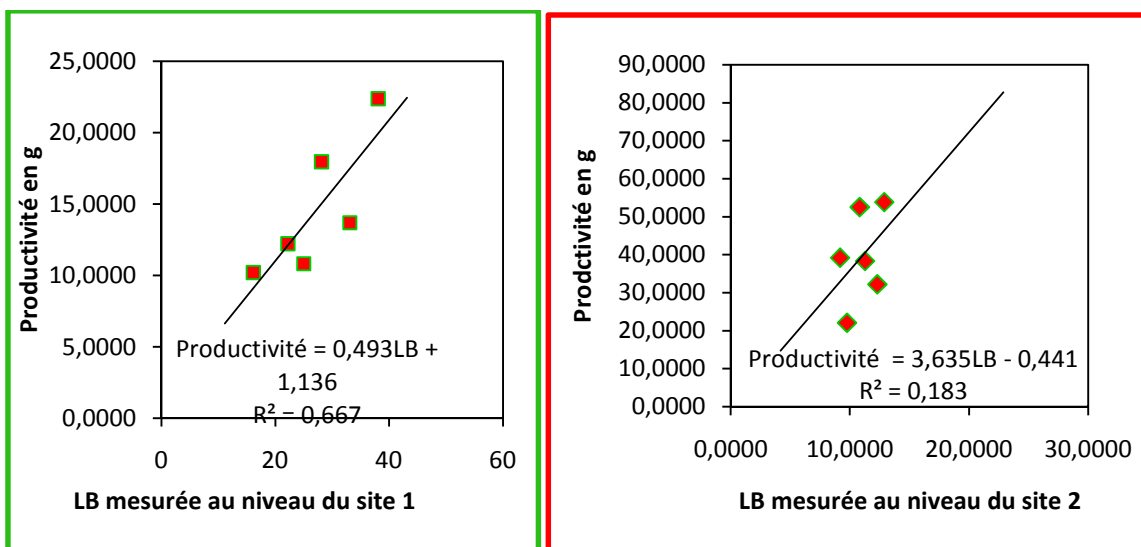
Figure 5.22. Relation entre la productivité et la hauteur des plantes

En effet, la hauteur des plantes favorise l'augmentation de la productivité au niveau de site 1 par contre, au niveau du site 2, la hauteur des plantes à une influence négative sur l'augmentation de la productivité.

2.2. Corrélacion entre la productivité et la longueur des barbes.

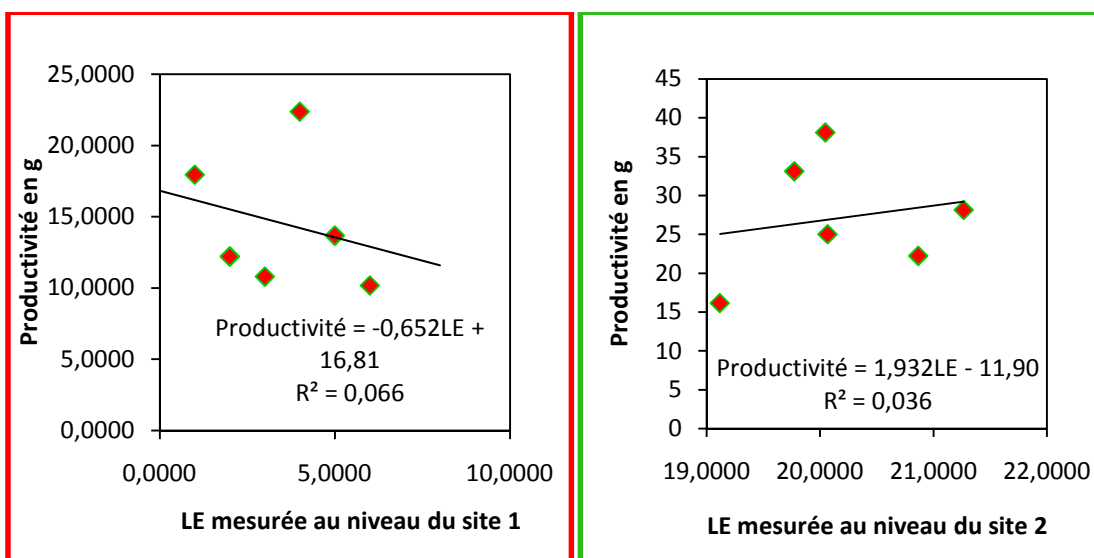
Au sein de chaque site, la droite de régression établie pour faire sortir la relation entre la productivité et la longueur des barbes indique la présence des corrélations positives. Au niveau du site 1, nous constatons que la pente est de (0,493) ce qui indique l'existence d'une forte relation entre la productivité et la longueur des barbes ce qui est confirmé par la valeur importante du coefficient de corrélacion de (0,81). De même pour le site 2, la pente prend une valeur importante de (3,635) ce qui signifie la forte corrélacion entre la productivité de la plante et la longueur de la barbe, (Figure 5.23).

**CHAPITRE V. ETUDE DE COMPORTEMENT ET DE LA QUALITE
TECHNOLOGIQUE DU GRAIN DE CULTIVARS D'ORGE INTRODUIT ET DE LA
VARIETE LOCALE SAIDA**



2.3. Corrélacion entre la productivité et la longueur de l'épi.

La recherche d'une relation entre la productivité de la plante et la longueur de l'épi des cultivars cultivés dans deux sites différents révèle la présence d'une corrélation négative et positive, (Figure 5.24).



CHAPITRE V. ETUDE DE COMPORTEMENT ET DE LA QUALITE TECHNOLOGIQUE DU GRAIN DE CULTIVARS D'ORGE INTRODUIT ET DE LA VARIETE LOCALE SAIDA

Au niveau du site 1, la pente du graphique est négative elle prend une valeur de $-0,652$. Par contre, la pente est positive pour le graphique du site 2, elle est de $(1,932)$. En effet, la présence de petits épis, au niveau du site 1, diminue la productivité des cultivars car en conditions défavorables les plantes d'orge diminuent la longueur de leurs épis. En outre, au niveau du site 2, les conditions climatiques lors de la fécondation étaient favorables ce qui a donné de longues épis qui ont influencé positivement et d'une manière remarquable l'augmentation de la productivité, (Figure 5.24)

2.4. Corrélation entre la productivité et la longueur du col de l'épi.

Au niveau du site 1, la pente de la droite de régression est négative et le coefficient de corrélation prend une valeur de $(0,37)$. Par contre, au niveau du site 2, la pente est positive et le coefficient de corrélation est de $(0,14)$, (Figure 5.25). En effet, au sein du site 1, il existe une corrélation négative entre la productivité de la plante et la longueur du col de l'épi. Par contre, au niveau du site 2, la corrélation entre la productivité et la longueur de dernier entre nœud est positive.

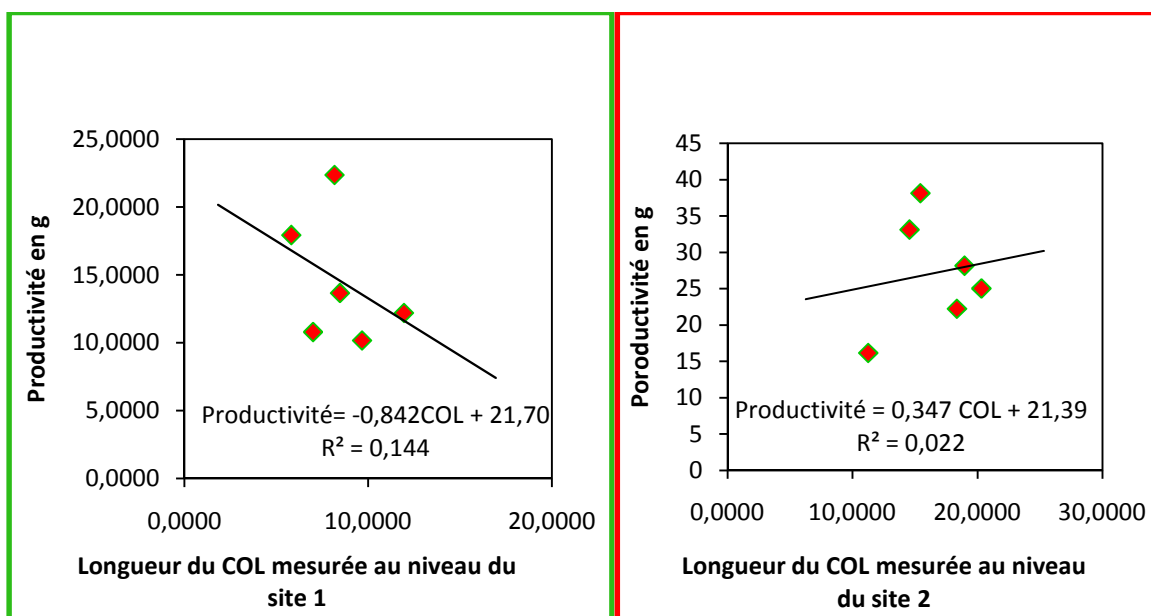


Figure 5.25. Relation entre la productivité de la plante et la longueur du col de l'épi.

CHAPITRE V. ETUDE DE COMPORTEMENT ET DE LA QUALITE TECHNOLOGIQUE DU GRAIN DE CULTIVARS D'ORGE INTRODUIT ET DE LA VARIETE LOCALE SAIDA

2.5. Corrélation entre la productivité et le nombre de talles épis.

Au sein de chaque site, la droite de régression établie pour faire sortir la relation entre la productivité et le nombre de talles épis indique la présence des corrélations positives, (Figure 5.26).

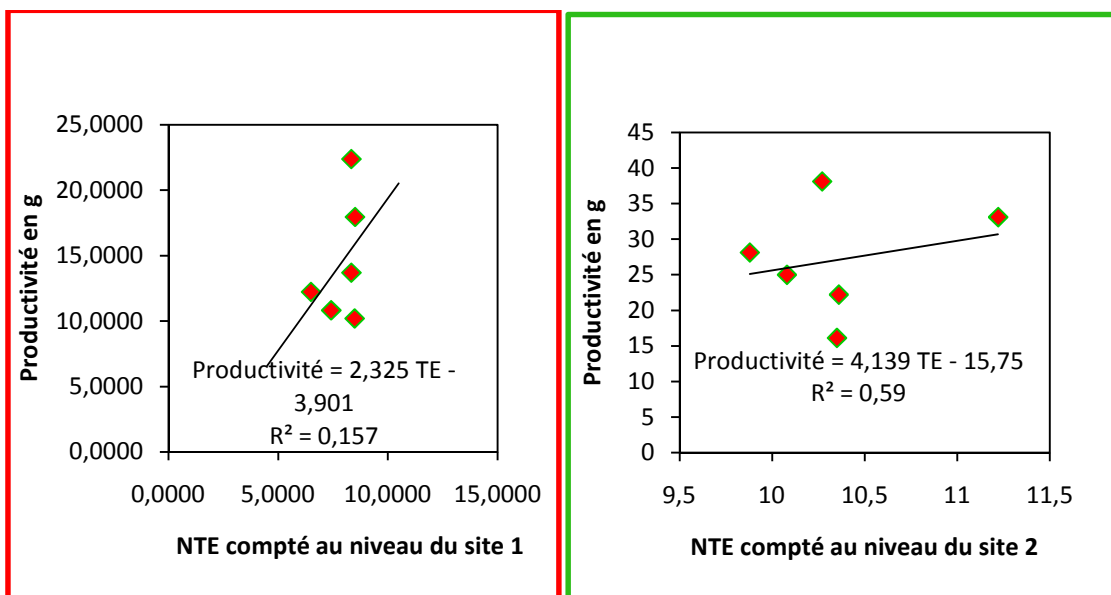


Figure 5.26. Relation entre la productivité de la plante et le nombre de talles épis.

Au niveau du site 1, nous constatons que la pente est de (2,325) ce qui indique une forte relation entre la productivité et le tallage-épis. De même pour le site 2, la pente prend une valeur importante de (4,139) et le coefficient de corrélation révèle une valeur de (0,76) ce qui confirme la forte relation entre la productivité et le nombre de talles-épis, (Figure 5.26)

2.6. Corrélation entre la productivité et le nombre de grains.

Le nombre de grains par épi est une composante déterminante de la productivité de la plante et l'établissement de la droite de régression fait sortir la forte corrélation entre ces deux variables. Au sein de chaque site, la pente du graphique est positive soient respectivement (0,345 et 0,541), les coefficients de

CHAPITRE V. ETUDE DE COMPORTEMENT ET DE LA QUALITE TECHNOLOGIQUE DU GRAIN DE CULTIVARS D'ORGE INTRODUIT ET DE LA VARIETE LOCALE SAIDA

corrélation sont de l'ordre de (0,88 et 0,98) pour respectivement, site 1 et site 2. Nous constatons alors, que la relation entre la productivité et le nombre de grains par épi est très étroite car le nombre de grains influence positivement et d'une manière très remarquable l'augmentation de la productivité, (Figure 5.27).

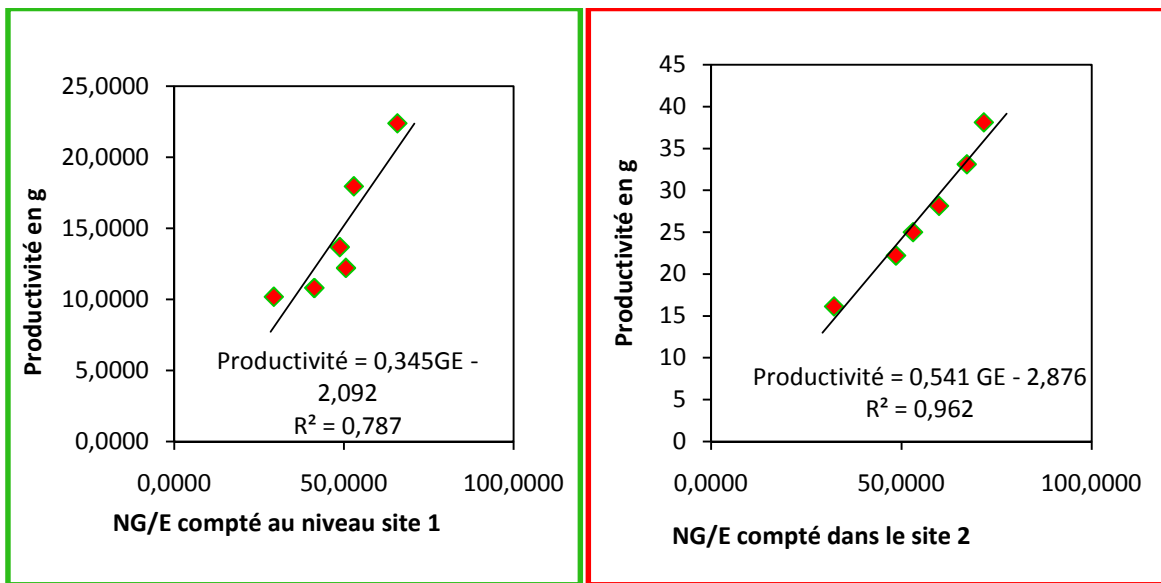


Figure 5.27. Relation entre la productivité de la plante et le nombre de grains par épi.

2.7. Corrélacion entre la productivité et le poids de mille grains.

L'établissement de la régression linéaire entre la productivité de la plante et le poids de mille grains fait sortir deux pentes différentes. En effet, le graphique du site 1 possède une pente positive. Par contre, la pente du graphique du site 2 est négative, (Figure 5.28).

**CHAPITRE V. ETUDE DE COMPORTEMENT ET DE LA QUALITE
TECHNOLOGIQUE DU GRAIN DE CULTIVARS D'ORGE INTRODUIT ET DE LA
VARIETE LOCALE SAIDA**

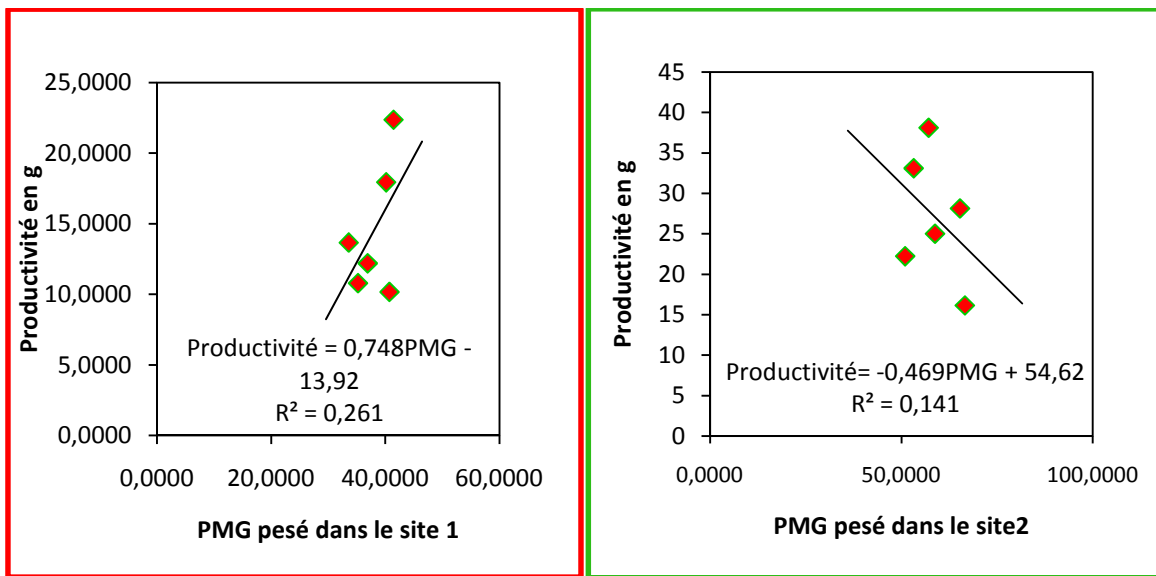


Figure 5.28. Relation entre la productivité de la plante et le poids de mille grains

La pente positive indique la présence d'une corrélation positive entre la productivité de la plante et le PMG avec une valeur de (0,52). Cependant, la pente négative révèle une corrélation négative entre la productivité et le PMG avec une valeur de (-0,37). Par conséquent, au niveau du site 1, le poids de mille grains a un effet positif sur la productivité car, cette dernière est influencée positivement par le PMG. Cependant, dans le site 2, le poids de mille grains influence d'une manière négative l'augmentation de la productivité, (Figure 5.28)

2.8. Bilan de cette étude

D'après les résultats trouvés nous constatons que dans le site 1 comme dans le site 2, la productivité de la plante était corrélée positivement avec les paramètres : longueur de la barbe ; nombre de talles épis et le nombre de grains par épi. Ces deux derniers caractères renferment les facteurs les plus importants qui influencent d'une manière directe la productivité. Ces corrélations ont été également signalées par d'autres chercheurs tels que EHDAIE et WAINES [251] ; GACIA DEL MORAL et *al.* [252] ; DOTING et KNIGHT, [253] ; CARPICI et *al.*, [254] ; SAED-MOUCHESHI et *al.*, [255] qui ont rapporté que les différences entre le rendement en grains des cultivars d'orge sont associées à deux composantes

CHAPITRE V. ETUDE DE COMPORTEMENT ET DE LA QUALITE TECHNOLOGIQUE DU GRAIN DE CULTIVARS D'ORGE INTRODUIT ET DE LA VARIETE LOCALE SAIDA

de rendement via le nombre d'épis par m² et le nombre de grains par épi, ces résultats ont été indiqués dans le cas des orges et du blé NERSON [256], et DARWINKEL et *al.*, [257] . La productivité est corrélée positivement avec le PMG dans le site 1 en revanche, la productivité est corrélée négativement avec le PMG dans le site 2. Ces résultats rejoignent ceux de BHATT [258] ; GEBEYEHOU et *al.*, [259] ; HADJICHRISTODOULOU, [260] ; ROHAM [261] ; qui ont noté que la productivité est corrélée positivement avec le poids de mille grains, dans certains cas, des corrélations négatives ont été trouvées entre le rendement en grains et le poids de mille grains [262]; [263]; [264]; [265]. Dans l'ensemble il existe une corrélation négative entre le rendement et ses composantes, en augmentant le nombre de grains par épi avec une quantité fixe de réserves, dans ce cas, la quantité stockée dans les grains sera réduite. Nous pouvons remarquer qu'en plus de la nature génétique entre les composantes du rendement, elles varient d'un environnement à l'autre ADEMS [266], ce qui donne des résultats différents de chaque recherche. Pour les autres paramètres agronomiques, nous avons constaté, au niveau du site 1, une corrélation négative entre la productivité de la plante et la longueur des épis et entre la productivité et la longueur du col de l'épi par contre la productivité était corrélée positivement avec la longueur de l'épi et la longueur du col de l'épi, au niveau du site 2. Ces résultats sont en accord avec ceux de ROHAM [261] ; HAFSI et BOUZERZOUR [267] ; ARPALI et YAGMUR, [268], qui ont souligné la présence d'une corrélation négative entre le rendement en grains et la longueur de l'épi. Cependant, un autre groupe de chercheurs a trouvé une corrélation positive entre le rendement en grain et la longueur de l'épi tels que MADIC et *al.*, [269] ; WADAN [270] ; MEKONNON [264]. Dans une étude effectuée sur le blé dur MEZIANI et *al.*, [271] ont trouvé des corrélations négatives entre le rendement en grains et la longueur de dernier entre nœud de leurs cotés, ДЕМИДОВ et *al.*, [272], ont signalée la présence d'une corrélation positive entre le rendement en grains et la longueur du col de l'épi chez une population de l'orge.nos résultats ont montré l'existence d'une corrélation positive entre la productivité de la plante et la hauteur des plantes dans le site 1 cependant, au niveau du site 2, la productivité été corrélé négativement avec la hauteur des plantes. Ces résultats sont en accord avec ceux de JABBARI et *al.*,

CHAPITRE V. ETUDE DE COMPORTEMENT ET DE LA QUALITE TECHNOLOGIQUE DU GRAIN DE CULTIVARS D'ORGE INTRODUIT ET DE LA VARIETE LOCALE SAIDA

[273] ; DRIKVAND et *al.*, [274] ; NIAZI-FARD et *al.*, [275] qui ont indiqué la présence des corrélations positives entre le rendement en grains et la hauteur des plantes. Par contre, SLAFER et *al.*, [276] ; WADAN [270] ; MIROSAVLJEVIC et *al.*, [277] ont trouvé des corrélations positives entre le rendement en grains et la hauteur des plantes.

Dans l'étage bioclimatique humide ou subhumide (zones potentielles), les variétés à paille longue présentent un sérieux problème : la verse, qui est la conséquence d'attaques de piétin-verse, de rhizoctone ou de la fusariose de la tige, ou bien la verse physiologique. Hormis les pertes de rendement qui, dans les situations extrêmes, peuvent atteindre (25 q/ha) en cas de verse précoce, la verse pénalise la qualité des grains et augmente la difficulté de la récolte. De ce fait, la partie trois du chapitre III se focalise, d'une part, sur l'étude de la résistance de différentes variétés à la verse physiologique en indiquant aussi l'effet de la verse sur la productivité des plantes et le lien entre la verse et tous les paramètres évalués, d'autre part, sur la présentation des principales maladies cryptogamiques affectant la partie aérienne de la plante tout en montrant la résistance de différents cultivars évalués.

3. Evaluation de la résistance à la verse et aux maladies cryptogamiques

En Algérie, dans les zones potentielles, la culture de l'orge est le plus souvent exposée au risque de la verse et de maladies cryptogamiques. Ces risques sont augmentés avec l'utilisation des variétés sensibles, surtout que l'agriculteur algérien se base, dans son choix variétal, sur le cultivar local.

3.1. Degré d'intensité de la verse

D'après la (Figure 5.29), nous constatons un effet très hautement significatif de la verse sur les génotypes testés. En effet le degré de sensibilité à la verse des

CHAPITRE V. ETUDE DE COMPORTEMENT ET DE LA QUALITE TECHNOLOGIQUE DU GRAIN DE CULTIVARS D'ORGE INTRODUIT ET DE LA VARIETE LOCALE SAIDA

cultivars est significativement différent. Par conséquent, le choix variétal constitue l'un des moyens les plus efficaces pour se prémunir de la verse.

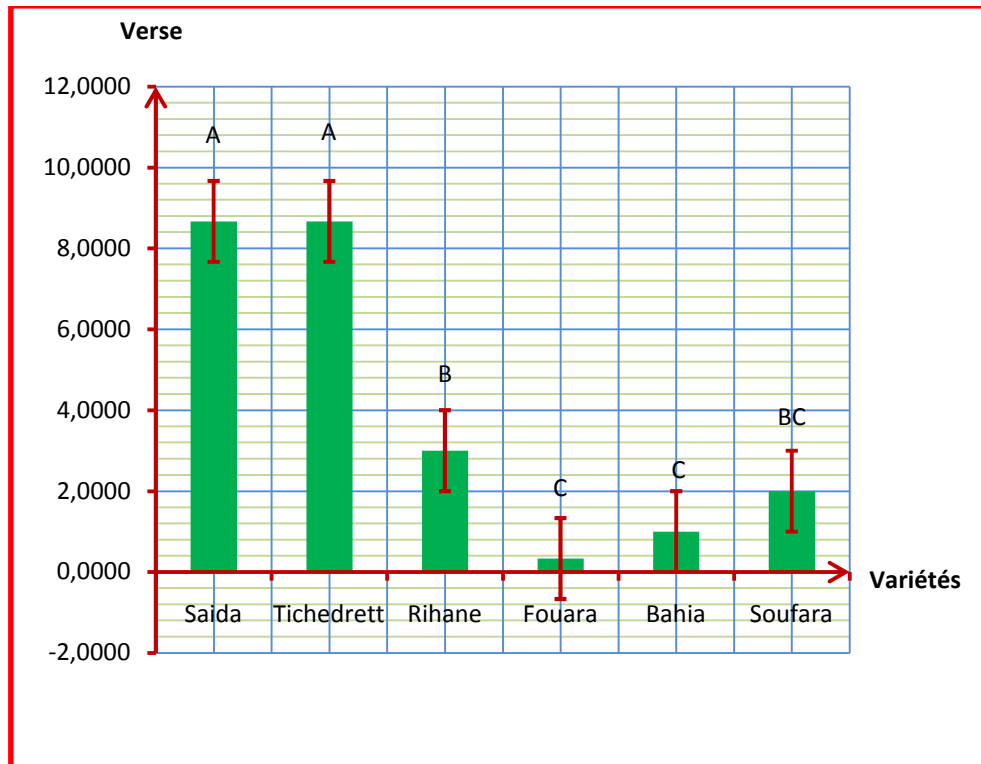


Figure 5.29. Degré d'intensité de la verse chez les variétés étudiées.

Selon le test de NEWMAN-KEULS, nous constatons quatre groupes homogènes, dont les variétés les plus sensibles sont les cultivars autochtones avec un degré d'intensité moyen de (0.86 %) suivis par les variétés : Ricane et Soufara soient respectivement les degrés moyens de (0,3 et 0,2 %). Par contre, les cultivars introduits Bahia et Fouara sont les moins sensibles à la verse avec respectivement les degrés moyens de (0,1 et 0,03%). Le risque de la verse est déterminé principalement par quatre critères : la sensibilité de la variété, la densité de tiges, le niveau de la nutrition azotée en début de cycle et les conditions météorologiques à la montaison entre le stade épi (1 cm) et le stade (1-2 nœuds).

D'après la (Figure 5.30), nous constatons la présence d'une forte relation entre la verse et la hauteur des plantes ; les maladies cryptogamiques ; le tallage-épïs ; la

CHAPITRE V. ETUDE DE COMPORTEMENT ET DE LA QUALITE TECHNOLOGIQUE DU GRAIN DE CULTIVARS D'ORGE INTRODUIT ET DE LA VARIETE LOCALE SAIDA

longueur de l'épi, du col et de la barbe. La verse, est un déterminisme en deux temps

– une phase de prédisposition, qui conditionne la résistance initiale de la tige. Pour la verse physiologique, le risque initial dépend principalement de la densité de tiges, de la constitution des parois et de l'allongement des entre-nœuds.

– Une phase de déclenchement, qui fait basculer la plante ou plier la tige. Il s'agit alors d'un effet purement mécanique, résultant de l'effet de levier de l'épi (éventuellement chargé en eau et soumis au vent) sur la base de la culture, (composante 1). Nous constatons également une relation étroite entre la verse et le poids de mille grains. La verse n'intervient en général que pendant le remplissage, lorsque le poids de l'épi croît et cause des contraintes sur la tige. Le poids de mille grains (PMG) est donc la seule composante impactée (composante 1). Cependant, cet impact est décroissant au cours du temps : la verse va freiner l'accumulation de carbone et d'azote dans les grains. Ainsi, plus le remplissage est avancé lors de l'occurrence de la verse, moins le PMG sera pénalisé. Nous observons aussi la présence d'une corrélation négative entre la verse et la productivité de la plante ce qui est très liée au nombre de grains par épi (composante 2).

En effet, les conséquences de la verse dépassent la seule perte de rendement : risque de dégradation du poids spécifique (PS) et du temps de chute de Hagberg (TCH), exposition plus forte au déclenchement de la germination sur pied, fort allongement du temps de récolte salissement de la culture et du produit récolté. Selon CAIERÃO [278], quelque soit l'origine de la verse, variétés à paille longue ; une gestion inadéquate de l'azote ou des conditions climatiques défavorables, est l'une des principaux obstacles de l'augmentation des rendements et de l'amélioration de la qualité des grains. La verse est un problème qui limite la production affectant le développement et la croissance de l'orge [279], [280]. Selon le degré d'intensité de la verse l'effet sur le rendement en grains varie de (20%), [281] ; de (30 %), [282] ; de (40 %), [283] et jusqu'à (66 %) [284].

**CHAPITRE V. ETUDE DE COMPORTEMENT ET DE LA QUALITE
TECHNOLOGIQUE DU GRAIN DE CULTIVARS D'ORGE INTRODUIT ET DE LA
VARIETE LOCALE SAIDA**

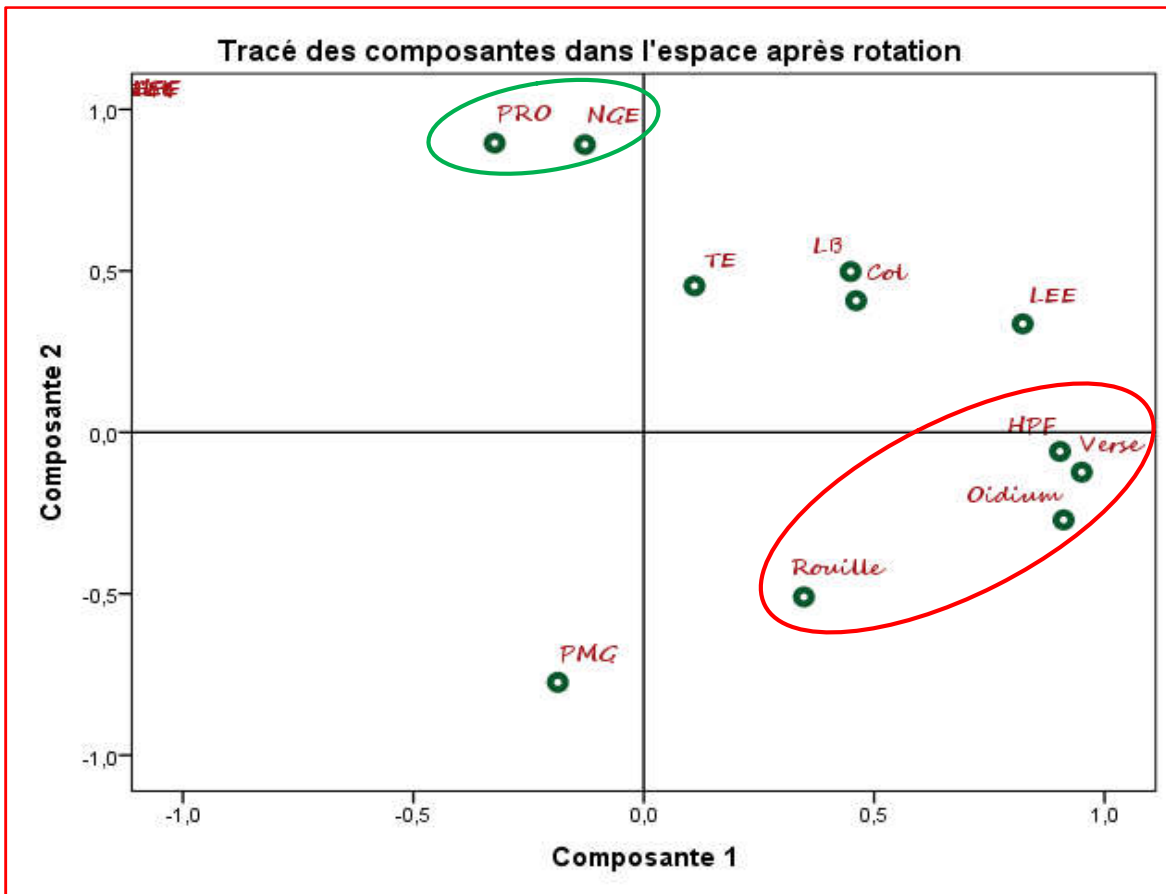


Figure 5.30. Analyse en composantes principales effectuée sur les données relatives à la verse, aux maladies cryptogamiques, à la productivité et aux paramètres agronomiques

3.2. Degré d'intensité des maladies fongiques

Parmi les maladies de l'orge les plus redoutables l'oïdium (*Blumeria graminis* F.sp.hordei) et la rouille brune (*Puccinia recondita*) des feuilles. Sur la (Figure 5. 31. a), nous constatons que les génotypes réagissent de la même manière par rapport à l'agent pathogène, la rouille brune. En effet, la différence de sensibilité entre les cultivars n'est pas significative. Par contre, la résistance des variétés à l'oïdium est très hautement significative, (Figure 5.31.b). Par conséquent, chaque génotype possède son propre degré de résistance à l'agent pathogène, il y a des cultivars résistants et d'autre sensibles.

**CHAPITRE V. ETUDE DE COMPORTEMENT ET DE LA QUALITE
TECHNOLOGIQUE DU GRAIN DE CULTIVARS D'ORGE INTRODUIT ET DE LA
VARIETE LOCALE SAIDA**

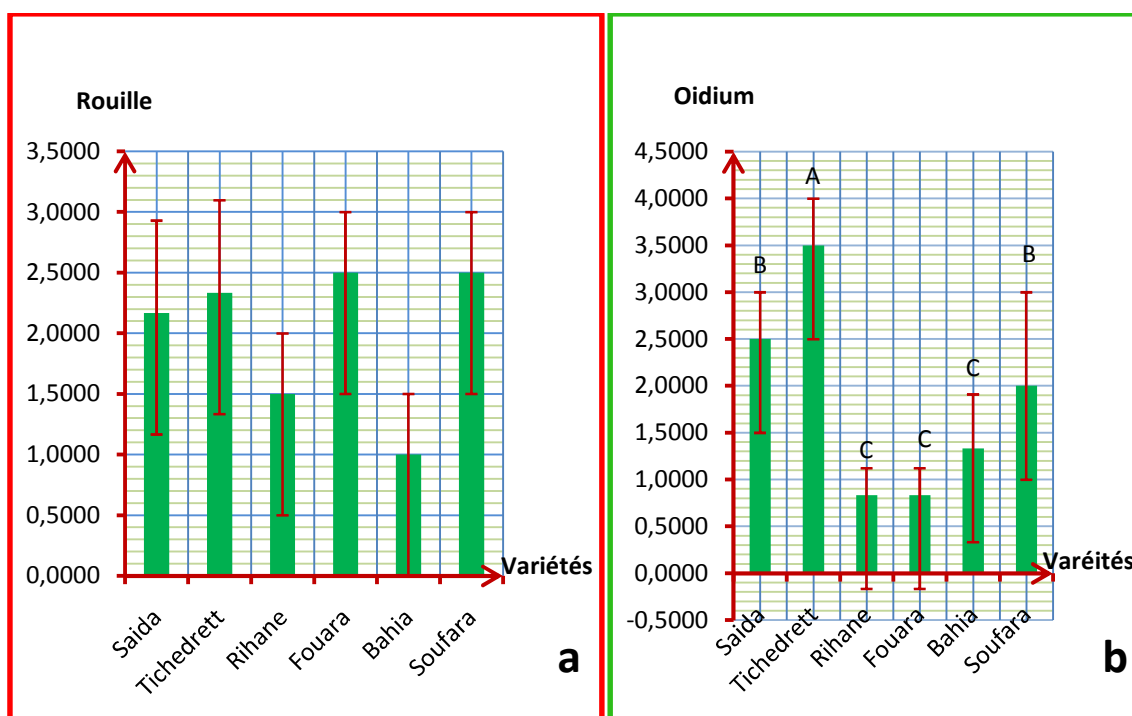


Figure 5.31. Degré d'intensité de a). La rouille ; b). L'oïdium sur les feuilles

La variété la plus sensible est Tichedrett suivie par Saïda et Soufara. Cependant, Rihane ; Fouara et Bahia sont les plus résistantes à l'oïdium. D'après PAYNTER et HILLS, [285], parmi les principales maladies des feuilles de l'orge : la rouille et l'oïdium qui peuvent causer des réductions de rendement allant jusqu'à (45 %) affectant ainsi la qualité des grains [286] ; [287] ; [288] ; [289] ; [290]. OCHOA et PARLEVLIE [291], soulignent que les pertes de rendement provoquées par la rouille des feuilles varient selon le degré d'intensité de la pathologie et qui peuvent atteindre (31,5 %) chez les cultivars modérément sensibles, de (46 %) chez les cultivars sensibles et jusqu'à (63,5%) pour les cultivars très sensibles.

Il faut souligner que la perte de la qualité des orges est souvent plus importante que la baisse du rendement dans le cas d'une attaque par un agent pathogène [292]. De ce fait, dans le point suivant, nous mettons l'accent sur l'étude des paramètres technologiques déterminant la qualité du grain. En fait, l'utilisation de l'orge en malterie-brasserie, bien que minoritaire face au débouché considérable

CHAPITRE V. ETUDE DE COMPORTEMENT ET DE LA QUALITE TECHNOLOGIQUE DU GRAIN DE CULTIVARS D'ORGE INTRODUIT ET DE LA VARIETE LOCALE SAIDA

que représente l'alimentation animale, reste essentielle et stratégique sur le plan commercial et financier des pays producteurs. Par conséquent, le développement des technologies avancées est une nécessité pour le domaine industriel car le caractère qualité est actuellement très recherché il est devenu l'un des objectifs majeurs de l'amélioration des orges.

4. Evaluation des paramètres technologiques

Dans cette partie, quatre paramètres ont été évalués : la faculté germinative des grains (FG) ; le taux d'humidité des grains (THM) ; le taux en protéine des grains et le taux de cellulose brute (TCB). L'analyse de la variance effectuée pour les quatre facteurs indique des différences très hautement significatives entre les cultivars testés. Le test complémentaire de NEWMAN et KEULS de la PPAS, nous permet de classer les différents groupes homogènes et dévoile les meilleurs génotypes. Pour la faculté germinative, Fouara et Soufara renferment le meilleur groupe avec une valeur moyenne de (97,33 %) suivis par Rihane avec un degré moyen de (95 %). Par contre, Saida constitue le dernier groupe avec une teneur moyenne de (92,33 %), (Figure 5.32.a). Concernant le taux d'humidité du grain, nous constatons la présence de cinq groupes homogènes dont les faibles teneurs en eau sont représentées par Fouara et Soufara soient respectivement les teneurs moyennes de (8,95 et 9,36 %). Par contre, Saida renferme une teneur en eau importante de (11,18 %), (Figure 5.32.b).

**CHAPITRE V. ETUDE DE COMPORTEMENT ET DE LA QUALITE
TECHNOLOGIQUE DU GRAIN DE CULTIVARS D'ORGE INTRODUIT ET DE LA
VARIETE LOCALE SAIDA**

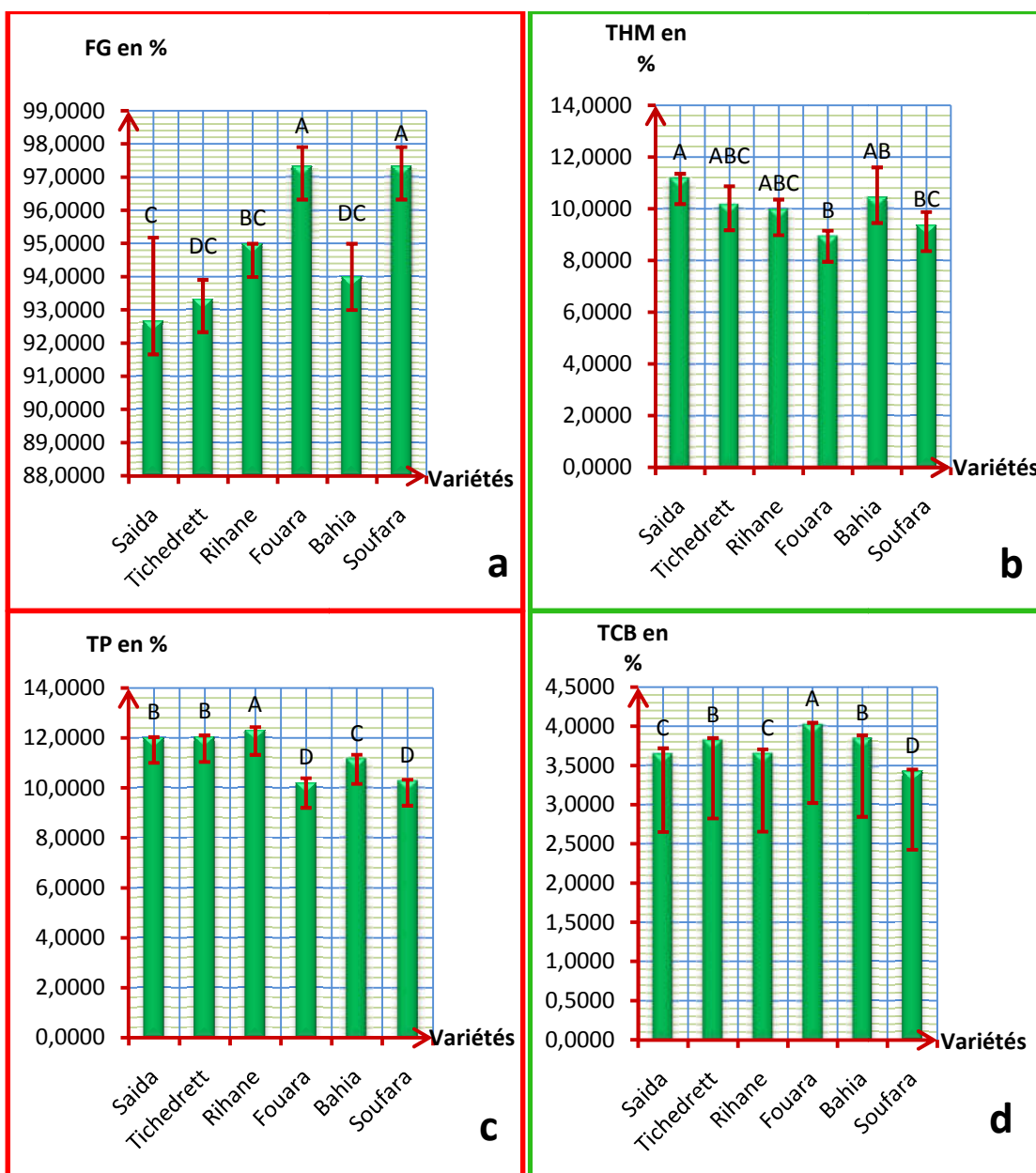


Figure 5.32. Taux de a). La faculté germinative (FG) ; b). L'humidité (THM) ; c). Protéines (TP) ; d). La cellulose brute (TCB).

Quatre groupes homogènes ont été constatés pour la teneur en protéines des grains, les meilleurs taux en protéines ont été enregistrés chez Rihane suivie par Tichedrett et Saïda avec respectivement les teneurs moyennes de (12,33 ; 12,04

CHAPITRE V. ETUDE DE COMPORTEMENT ET DE LA QUALITE TECHNOLOGIQUE DU GRAIN DE CULTIVARS D'ORGE INTRODUIT ET DE LA VARIETE LOCALE SAIDA

et 12,01 %). Par contre, Fouara et Soufara ont exprimé de faibles teneurs en protéines avec respectivement (10,21 et 10,23 %), (Figure 5.32.c). Quant à la teneur en cellulose brute, nous constatons la présence de quatre groupes homogènes où le génotype à deux rangs, Soufara, à donné les plus faibles teneurs avec un taux moyen de (3,42 %). Cependant, Fouara suivie par Bahia et Tichedrett ont exprimé des taux importants en cellulose brute soient respectivement les valeurs moyenne de (4,02 ; 3,84 et 3,82 %), (Figure 5.32.d).

D'après les résultats trouvés nous constatons la présence de deux catégories de variétés : des cultivars avec une très bonne faculté germinative et un faible taux en protéines telles que Fouara et Soufara et des variétés avec une bonne faculté germinative ; un taux en protéines élevé et des teneurs en cellulose brute importantes comme le cas de Saida ; Tichedrett ; Rihane et Bahia. Le grain des orges algériennes contient une teneur en protéine qui varie entre (8,06% et 14,1%) [293], [294]. La teneur en protéine des orges augmente avec l'ajout d'azote au niveau du sol et avec la salinité de ce dernier [295]. La valeur nutritive de l'orge change selon qu'il s'agit d'escourgeon, orge d'hiver à 6 rangs, plus riche en cellulose brute ou d'orge à deux rangs ou de printemps, plus énergétique, plus pauvre en cellulose brute [295]. Ce dernier auteur ajoute que la valeur nutritive des orges varie en fonction du milieu dans lequel elles sont cultivées.

5. Bilan de l'étude

L'analyse des caractères à intérêt agronomique en particulier, la productivité et ses composantes dans des milieux favorables et défavorables apparait comme un outil puissant de diagnostic permettant i) de décrire les comportements variétaux ii) d'évaluer l'équilibre et la compensation entre les caractères iii) la mise en évidence de la réponse à l'optimisation du milieu face à des variations de l'environnement. Dans le cas de la wilaya de Mila, la zone nord regroupe toutes les conditions pédoclimatiques convenables pour la culture de l'orge. La bonne répartition des pluies rend facile la définition d'un idio type en effet, la sélection doit être basée sur des variétés à paille courte et un tallage-épis important. Dans ce

CHAPITRE V. ETUDE DE COMPORTEMENT ET DE LA QUALITE TECHNOLOGIQUE DU GRAIN DE CULTIVARS D'ORGE INTRODUIT ET DE LA VARIETE LOCALE SAIDA

site, des variétés comme Fouara et Bahia peuvent être conseillées, les deux variétés locales peuvent être aussi recommandées mais, avec le grand risque de la verse qui est augmenté avec la fertilisation azotée et les fortes précipitations. Dans la zone sud où les variations interannuelles sont significatives, l'utilisation des génotypes locaux reste le meilleur choix en effet, ces variétés semblent être susceptibles de limiter les effets des contraintes climatiques par la présence d'une hauteur de la plante et une longueur de la barbe importantes. Donc, les génotypes autochtones possédant une longue paille, un PMG élevé et un tallage-épis moyen sont très adaptés aux contraintes environnementales sévères caractérisant les zones semi-arides. Par contre, les cultivars introduits possédant de faibles hauteurs de la paille, un tallage important et une très bonne fertilité de l'épi sont favorables dans les zones humides.

La compensation entre les caractères afin d'exprimer une productivité dépend du processus d'élaboration de cette productivité (conditions climatiques) et des processus physiologiques liés au génotype (potentiel génétique). Chaque génotype a sa propre stratégie afin de s'adapter avec les différents types de stress biotique et abiotique. Cependant, la productivité de la plante est étroitement liée au nombre de talles-épis par plante et ceci quelque soit le milieu, en outre, cette composante est corrélée positivement avec le nombre de grains par épi. Par contre, la productivité est corrélée négativement avec le PMG qui est généralement peu maîtrisable, car il est fortement lié aux effets de l'environnement au moment de la formation et du remplissage de grains.

Sur le plan technologique, l'évaluation des paramètres technologiques laisse apparaître deux grandes catégories de variétés, celles possédant une très bonne faculté germinative et un faible taux en protéines, cas de la variété à deux rangs, Soufara et de la variété à six rangs Fouara ; la deuxième catégorie est représentée par des variétés à six rangs dont Saida ; Tichedrett ; Rihane et Bahia qui se caractérisent par une bonne faculté germinative et des teneurs très élevées en protéines, en humidité et en cellulose brute.

**CHAPITRE V. ETUDE DE COMPORTEMENT ET DE LA QUALITE
TECHNOLOGIQUE DU GRAIN DE CULTIVARS D'ORGE INTRODUIT ET DE LA
VARIETE LOCALE SAIDA**

Enfin, la présence des différences significatives entre les génotypes, testés sur plusieurs plans, justifiait la mise en place d'un programme de croisements qui sera basé sur l'exploitation du matériel génétique local et introduit afin d'évaluer les composantes génétiques et le potentiel de sélection de différents caractères.

CHAPITRE VI.

HYBRIDATION DIALLELE ET ANALYSE GENETIQUE DES DESCENDANCES

Les principaux résultats obtenus dans cette partie ont fait l'objet de trois publications scientifiques :

- BOUCHETAT Fawzia et AISSAT A. (2018). Analyse génétique de quelques génotypes d'orge (*Hordeum vulgare* L.) et de leurs descendants en vue d'une évaluation de quelques caractères a intérêt agronomiques, *Agrobiologia*, (2018), 8(1) : 792-801
- BOUCHETAT Fawzia et AISSATA. Evaluation du déterminisme génétique d'une génération F1 d'orge (*Hordeum vulgare* L.) résultant d'un croisement diallèle complet entre des cultivars autochtones et introduits. *Heliyon* 5 (2019) e02744 .<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02744>.
- BOUCHETAT, Fawzia & AISSAT, Abdelkader & BOUTELLAA, Sana & BELLAH, Safa. (2020). Analysis of the main agronomic characters of some barley varieties and the genetic characterization of their descendancy after a full diallel cross. *Acta Scientifica Naturalis*. 7. 98-111. 10.2478/asn-2020-0010.

En effet, ce chapitre est réservé à la présentation des résultats obtenus par l'étude génétique de deux populations de la génération F1 issues par un croisement diallèle complet entre cultivars autochtones et introduits.

1. Évaluation de la première population de la génération F1

L'analyse génétique détaillée de douze hybrides et de leurs géniteurs a été effectuée par :

1.1. L'étude des lignées parentales et de la première population F1

Chez les lignées parentales, l'analyse de la variance du facteur génotype révèle un effet variétal hautement significatif à significatif pour l'ensemble des caractères mesurés à l'exception du caractère longueur de la barbe (LB) où, le test F observé est inférieur au test F théorique pour une probabilité de (0,78), (Tableau 6.13), notant que chez les hybrides F1 de la première population l'analyse de la variance indique un effet génotype très hautement significatif pour tous les paramètres testés, (Tableau 6.14).

Tableau 6.13. Valeurs moyennes des caractères mesurés chez les lignées parentales

Génotypes	HPF	LE	LB	SFE	COL	NTE	NG/E	PMG	PRO	PRE
Saida	71,475	07,665	13,727	09,355	18,240	10,660	40,700	50,330	22,030	128,000
Tichedrett	47,050	08,537	11,327	08,537	11,787	09,000	42,330	31,660	11,720	128,000
Nadawa	64,650	06,960	12,680	06,960	17,075	13,000	39,000	35,000	16,720	117,000
Fouara	67,687	07,525	13,362	07,525	14,912	12,000	43,000	43,000	20,700	128,000
Moyenne Générale	62,715	07,671	12,774	08,094	15,503	11,660	41,250	40,420	17,79	125,250
Probabilité	00,000	00,022	00,078	00,008	00,000	00,032	00,001	00,000	00,000	000,000
CV%	17,380	10,290	11,350	14,950	18,450	12,200	07,100	08,300	11,600	014,000

HPF = hauteur de la plante à la floraison en (cm), LE = longueur de l'épi en (cm), LB = longueur de la barbe en (cm), SFE = surface de la feuille étendard en (cm²), COL = longueur du col de l'épi en (cm), E/P = nombre d'épis par plante, NG/E = nombre de grains par épi, PMG = poids de mille grains en (g), PRO = productivité par plante en (g), PRE = précocité à l'épiaison par (jour), et le C.V. = coefficient de variation

Tableau 6.14. Valeurs moyennes des caractères mesurés chez les hybrides F1

Génotypes	HPF	LE	LB	SFE	COL	NTE	NG/E	PMG	PRO	PRE
Sai X Tich	50,683	09,073	14,703	08,753	14,500	05,000	46,050	46,600	10,720	136,000
Sai X Nad	38,883	08,140	14,123	06,346	11,660	05,333	46,750	39,300	09,790	131,000
Sai X Fou	39,560	07,473	16,453	08,460	10,830	06,666	41,050	46,700	12,810	132,000
Tich X Sai	59,856	09,600	14,190	07,140	08,830	09,333	63,350	43,600	25,670	128,000
Tich XNad	59,723	08,053	14,490	05,993	07,976	12,000	52,816	44,050	27,720	128,000
Tich X Fou	43,393	06,713	18,190	06,763	09,163	09,000	54,150	38,660	19,630	128,000
Nad X Sai	72,706	10,580	13,203	12,223	12,493	08,666	58,500	44,880	21,790	128,000
Nad X Tich	71,163	09,560	13,790	16,273	19,660	10,666	54,040	42,960	29,860	117,000
Nad X Fou	61,433	08,373	16,120	11,300	14,330	07,666	52,683	48,700	24,800	128,000
Fou X Sai	71,000	09,963	14,173	08,730	12,633	10,666	46,800	40,080	19,990	128,000
Fou X Tich	66,703	06,460	17,873	10,950	13,623	12,333	51,100	34,400	21,670	128,000
Fou X Nad	54,330	09,083	13,430	10,350	09,393	12,000	60,000	36,360	26,503	128,000
Moyenne										
générale	57,453	08,589	15,061	09,440	12,091	09,111	52,274	42,190	20,912	128,430
Probabilité	0,000	0,000	0,000	0,000	00,000	00,000	00,000	0 0,000	00,000	000,000
CV%	21,89	15,03	06,67	31,14	27,950	29,960	12,930	12,770	32,280	004,020

Sai = Saida, Tich = Tichedrett, Nad = Nadawa, Fou = Fouara

D'après les (Tableaux 6.13 et 6.14), les moyennes générales des caractères mesurés chez les hybrides F1 sont supérieures aux moyennes notées chez leurs parents, sauf pour les paramètres hauteur de la plante à la floraison, longueur du col de l'épi et le nombre d'épis par plante pour lesquels les moyennes générales des parents sont supérieures à celles de leurs descendants, soient respectivement, (62,715 cm; 15,503 cm et 11,66 épis par plante). Le coefficient de variation indique des valeurs relativement plus importantes chez les hybrides que les parents pour l'ensemble des caractères mesurés.

1.2. Analyse génétique des caractères mesurés dans le croisement diallèle complet

La mise en évidence des effets génétiques laisse apparaître les performances de chaque hybride au sein de son bloc, (Tableau 6.15).

Tableau 6.15. Mise en évidence des effets génétiques des hybrides F1

Caractères étudiés	Moyenne des carrés		
	Génotypes	Blocs	Interaction
HPF	445,84***	204,970	010,51
LE	004,94***	000,245	000,16
LB	008,55***	005,756	000,93
SFE	026,41***	001,092	000,51
COL	031,66***	000,338	002,36
NTE	019,47***	000,111	002,14
NG/E	090,66***	090,668	005,31
PMG	080,28***	028,046	010,32
PRO	107,96***	007,979	012,26
PRE	152,02***	012,111	000,11

***Hautement significatif pour $P \leq 0,001$

L'analyse de la variance montre des différences hautement significatives pour tous les paramètres évalués chez les hybrides F1. Le test F observé est très élevé par rapport au test F théorique pour une probabilité de (0,001) et un risque d'erreur de la première espèce α de (5 %), (Tableau 6.15). Ces résultats vont nous permettre de poursuivre l'analyse génétique détaillée par les deux modèles proposés par GRIFFING [184] et HAYMAN [185].

1.2.1. Hérité des caractères d'après le modèle GRIFFING

L'analyse de la variance des aptitudes à la combinaison réalisée selon le modèle GRIFFING [184], révèle des différences significatives pour l'ensemble des paramètres évalués par contre, l'analyse de la variance des effets maternels et spécifiques indique des différences non significatives pour la plupart des paramètres testés à l'exception de la longueur de la barbe ; la longueur du col de l'épi ; la surface de la feuille étendard ; le poids de mille grains et la productivité de la plante. Le ratio (AGC/ASC) est inférieur à l'unité pour tous les caractères.

Tableau 6.16. Analyse des variances du diallele : Modèle de GRIFFING [184].

Caractères étudiés	Moyenne des carrés				AGC/ASC
	AGC	ASC	Effet maternel	Effet spécifique	
HPF	006,29 *	372,60***	124,30 ns	727,40 ns	0,5941
LE	000,51*	003,48***	004,48 ns	003,65 ns	00,958
LB	002,27***	041,88 ns	005,16***	003,49***	00,250
SFE	003,06***	007,57**	031,47***	043,68***	000,40
COL	001,63 ns	008,75ns	064,75***	065,47***	000,18
NTE	000,53***	010,09 ns	087,90 ns	123,43 ns	000,05
NG/E	003,85***	049,72**	139,76 ns	094,18 ns	000,07
PMG	011,45***	041,56***	074,25***	117,16***	000,27
PRO	017,16***	058,26***	174,00***	200,62***	000,29
PRE	022,43***	056,27***	090,44 ns	136,22 ns	000,39

*, **, *** significatif à 0,05; 0,01; 0,001 respectivement, ns : non significatif

1.2.1.1 Evaluation de l'aptitude générale à la combinaison (AGC)

Le classement des variétés parentales dans l'ordre décroissant de leurs valeurs d'aptitudes générales à la combinaison révèle que les variétés Saida et Fouara occupent la première position suivies par Tichedrett. En effet, le génotype Saida a transmis à ses descendants un poids de mille grains élevé ; une meilleure longueur de l'épi ; une certaine tardivité à l'épiaison et une faible hauteur de la plante. Ce dernier caractère est très recherché par les agriculteurs pour diminuer la hauteur des pailles qui versent par contre, La variété Fouara à tendance à transmettre à ses descendances une meilleure fertilité de l'épi, une importante surface de la feuille étendard, une meilleure longueur de la barbe et une productivité considérable. Tichedrett exprime de meilleures valeurs d'AGC pour deux paramètres (HPF et SFE). Cependant, le génotype Nadawa transmis à ses descendants un cycle de développement réduit avec une meilleure précocité à l'épiaison, (Tableau 6.17).

Tableau 6.17. Valeurs des aptitudes générales à la combinaison (AGC) de chaque géniteur

Géniteurs	HPF	LE	LB	SFE	COL	NTE	NG/E	PMG	PRO	PRE
Saida	-2,00	0,55	-0,58	-1,50	-0,83	-0,26	-0,72	2,34	-3,53	3,78
Tichedrett	1,14	-0,35	0,48	0,61	-0,12	0,20	-0,39	-2,31	1,01	0,33
Nadawa	0,98	0,377	-0,86	0,28	0,96	0,49	-0,57	-0,56	0,73	-2,11
Fouara	-0,11	-0,09	0,98	0,61	-0,01	-0,42	1,69	0,55	1,78	-1,89

1.2.1.2. Evaluation de l'aptitude spécifique à la combinaison (ASC)

Les génotypes à effet d'ASC élevé sont : (Fouara X Saida) pour le poids de mille grains, la fertilité de l'épi et de la plante ; (Nadawa X Saida) pour la longueur de l'épi ; (Nadawa X Tichedrett) pour la longueur du col de l'épi et le nombre de talles épis. Par contre, les croisements (Tichedrett X Fouara) et (Nadawa X

Fouara) ont exprimé de faibles effets d'ASC pour respectivement la hauteur des plantes à la floraison et la précocité à l'épiaison, (Tableau 6.18)

Tableau 6.18. Valeurs des aptitudes spécifiques à la combinaison (ASC) de différents hybrides testés

Génotypes	HPF	LE	LB	SFE	COL	NTE	NG/E	PMG	PRO	PRE
Sai X Tich	-02,56	00,28	-02,11	-01,12	00,10	01,02	-06,42	02,88	-05,23	-01,99
Sai X Nad	-13,41	-01,37	-05,92	-02,28	-01,90	-01,11	-03,78	-00,75	-05,22	02,93
Sai X Fou	-13,2	-01,56	-04,09	-02,47	00,16	-01,37	00,10	01,46	-07,12	10,16
Tich X Sai	-00,05	00,81	00,61	01,71	-01,20	-01,08	-01,84	-05,10	01,03	-03,71
Tich X Nad	-06,51	-00,56	-00,49	01,15	-02,92	-02,6	-00,96	-03,06	02,24	01,29
Tich X Fou	-15,11	-01,43	-03,91	01,41	-00,91	-01,48	-01,42	-04,34	02,13	-00,86
NadX Sai	15,01	01,07	04,73	01,19	01,09	00,1	02,50	-01,39	02,86	-02,21
Nad X Tich	10,32	00,94	02,85	-01,34	03,83	03,89	05,26	06,91	00,82	03,02
Nad X Fou	03,11	-00,49	01,65	00,11	00,89	02,04	-03,04	-00,79	-02,88	-05,67
Fou X Sai	16,94	00,92	04,64	01,02	-00,10	01,03	07,96	05,88	08,51	01,19
Fou X Tich	09,50	-01,68	04,53	-01,34	00,92	00,82	03,29	-00,30	00,10	00,41
Fou X Nad	-03,99	00,21	-02,44	01,68	-00,24	01,24	-01,70	-01,41	02,80	-05,15

1.2.2. Analyse des effets génétiques selon la méthode graphique de HAYMAN

L'interprétation selon le modèle de HAYMAN [185], sera valable pour la hauteur des plantes à la floraison ; la longueur de l'épi ; la précocité à l'épiaison ; le nombre de talles épis et le nombre de grains par épi (HPF ; LE ; PRE ; NTE et NG/P).

D'après les (Figures 6.33 ; 6.35 ; 6.37 et 6.39), la droite de régression coupe l'axe Wr en dessus de l'origine pour les paramètres (HPF ; LE ; PRE et NTE) ce qui signifie l'existence d'une dominance incomplète dans l'expression de ces caractères. Par contre, il y a une superdominance dans l'expression du caractère

(NG/E) car la droite de régression coupe l'axe des ordonnées (W_r) en dessous de l'origine, (Figure 6.41)

Pour le caractère HPF, Le génotype Nadawa renferme des gènes dominants, Fouara et Tichedrett possèdent des gènes dominants et récessifs par contre, Saida contient des gènes récessifs de plus, cette variété se situe à une distance lointaine de la parabole ce qui indique que les possibilités d'obtenir une transgression sont forts, (Figure 6.33). La corrélation entre ($W_r + V_r$) et les valeurs propres parentales (X) est positive ($b > 0$). En effet, des allèles récessifs seraient favorables à l'augmentation de la hauteur des plantes, (Figure 6.34).

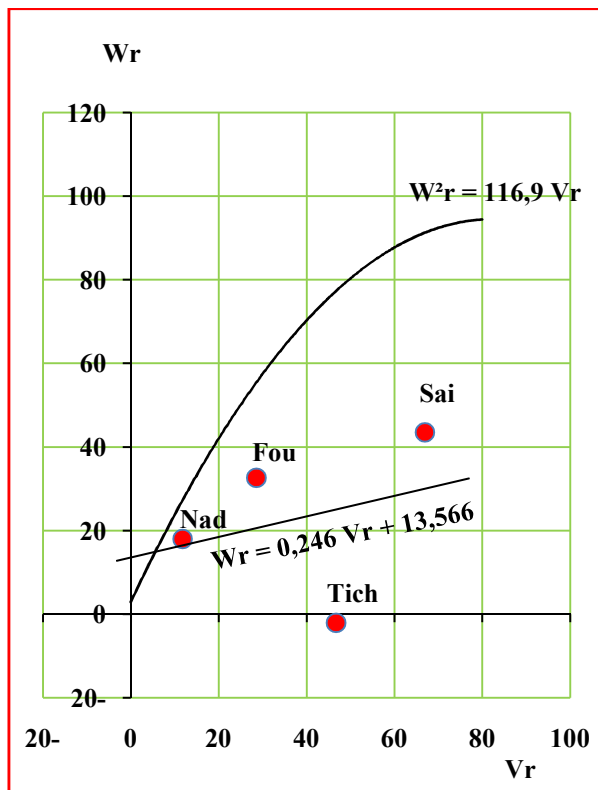


Figure 6.33. Représentation graphique de W_r en fonction de V_r du caractère hauteur des plantes à la floraison. W_r : covariance entre parent r et de ses descendants ; V_r : variance d'un parent r et de ses descendants.

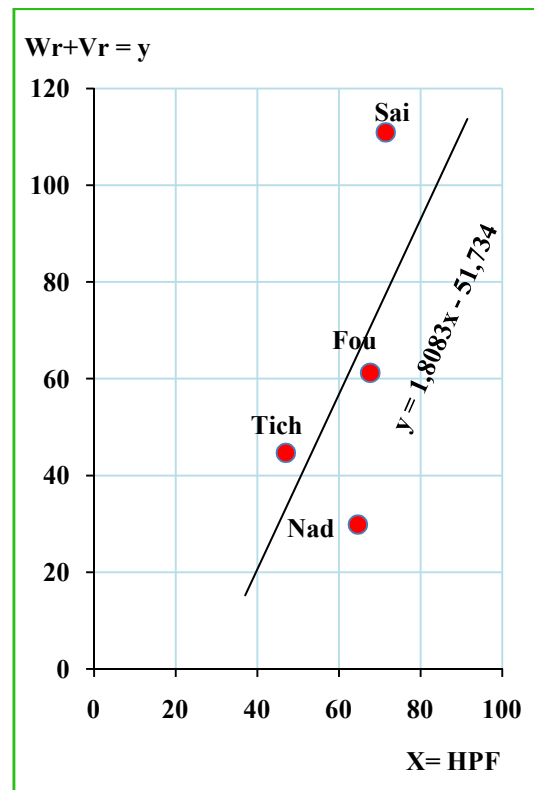


Figure 6.34. Représentation graphique de la quantité (W_r+V_r) en fonction de X : valeurs parentales du caractère hauteur des plantes à la floraison. W_r+V_r : ordre parentale de dominance.

Pour le paramètre LE, Les variétés Nadawa et Saida contiennent à la fois des gènes récessifs et dominants pour le contrôle du caractère longueur de l'épi cependant, les deux génotypes, Fouara et Tichedrett renferment des gènes récessifs. Des possibilités de transgression seraient présentent pour la sélection du caractère longueur de l'épi, (Figure 6.35). Les allèles récessifs ont un effet positif pour accroitre la longueur de l'épi, (Figure 6.36).

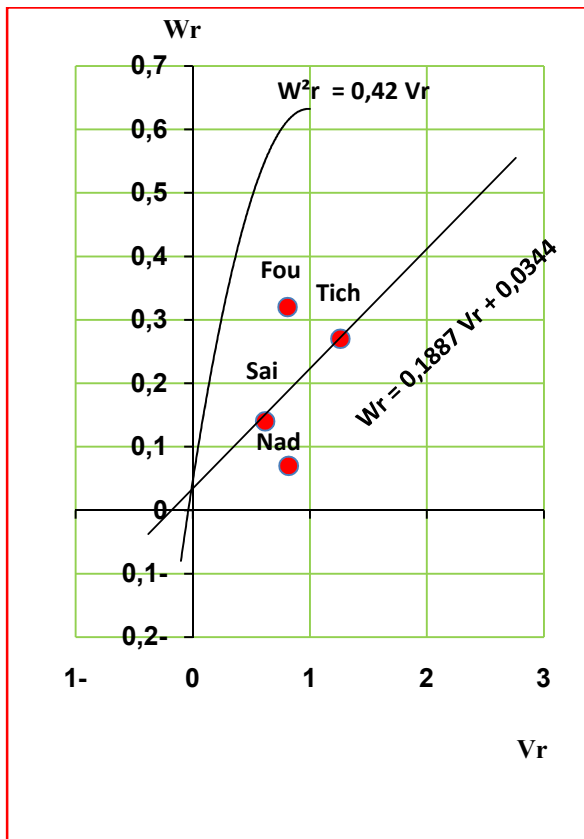


Figure 6.35. Représentation graphique de W_r en fonction de V_r du caractère longueur de l'épi.

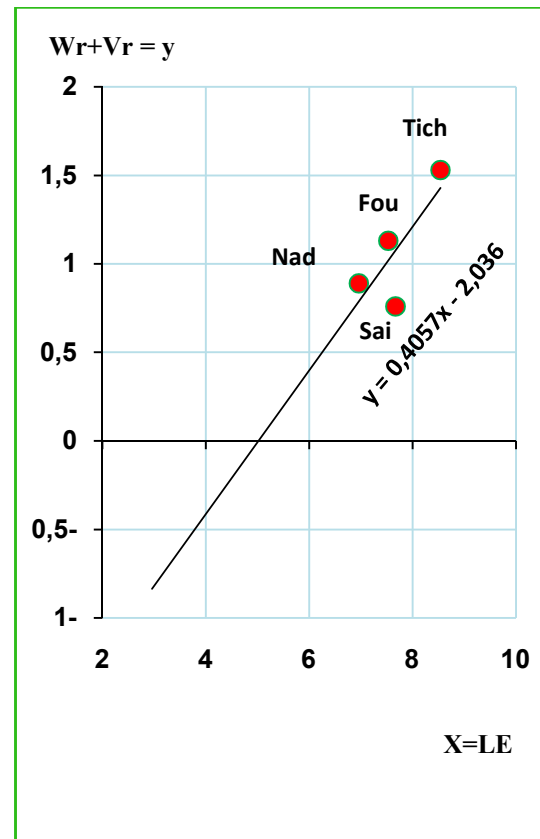


Figure 6.36. Représentation graphique de la quantité $(W_r + V_r)$ en fonction de X : valeurs parentales du caractère longueur de l'épi

Concernant le paramètre précocité à l'épiaison (PRE), Les variétés Fouara et Saida renferment des gènes dominants favorisant l'augmentation de la phase semis-épiaison en revanche, Nadawa possède des allèles récessifs diminuant ainsi la phase végétative. La variété Tichedrett est très proche de la parabole avec des valeurs élevées de W_r et de V_r ce qui suggère que des possibilités d'obtenir

une transgression seront relativement faibles, (Figure 6.37). Le coefficient de régression des ($W_r + V_r$) sur les valeurs propres parentales (X) est négatif pour la durée de la phase végétative (PRE) indiquant que la sélection des allèles dominants augmenterait la durée de cette phase mais, son raccourcissement serait contrôlé par des gènes récessifs, (Figure 6.38).

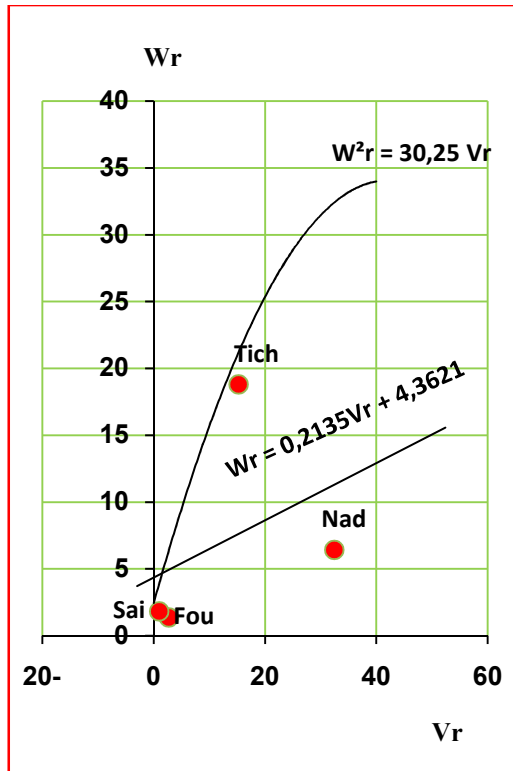


Figure 6.37. Représentation graphique de W_r en fonction de V_r du caractère précocité à l'épiaison.

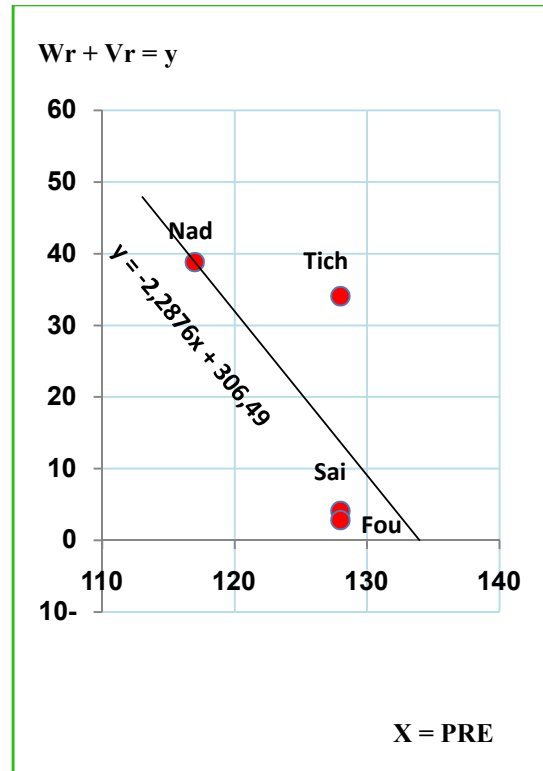


Figure 6.38. Représentation graphique de la quantité $W_r + V_r$ en fonction de X : valeurs parentales du caractère précocité à l'épiaison.

Quant au nombre de talles épis par plante (NTE), les deux génotypes Fouara et Saida contiennent des gènes dominants cependant, Tichedrett et Nadawa renferment des gènes récessifs pour le contrôle du nombre d'épis par plante. Les possibilités de transgression seraient impossibles. En effet, Tichedrett se situe sur la parabole renfermant tous les gènes favorables pouvant exister chez les autres parents inclus dans les croisements déjà réalisés (Figure 6.39). Les parents s'alignent le long de la droite de régression dont la pente est positive suggérant

que la dominance agit dans le sens de la réduction du nombre d'épis par plante, (Figure 6.40).

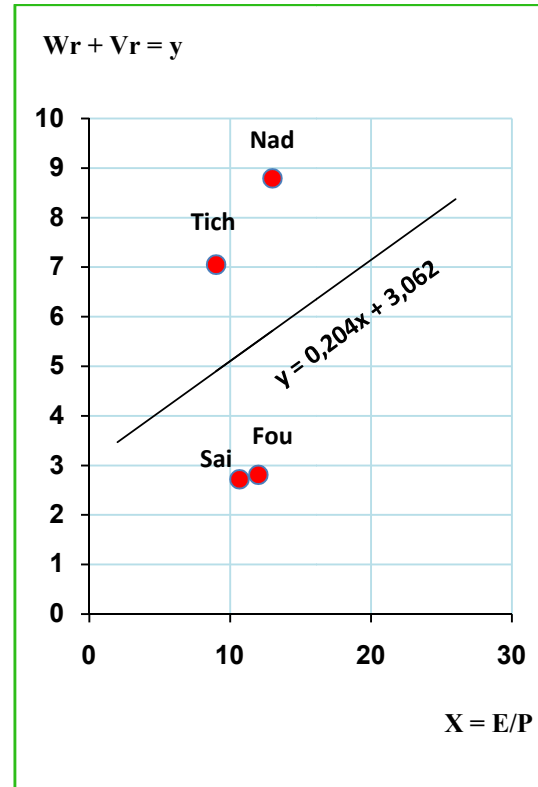
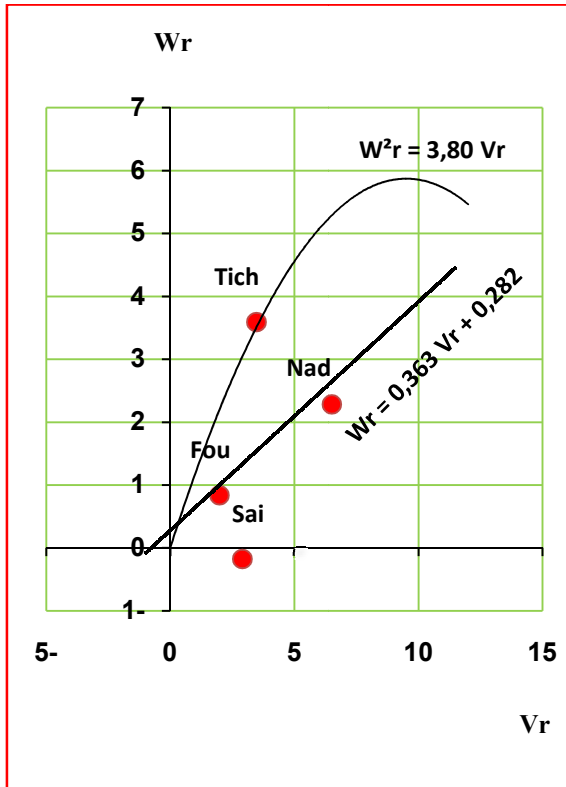


Figure 6.39. Représentation graphique de W_r en fonction de V_r du caractère nombre d'épis/plante.

Figure 6.40. Représentation graphique de la quantité $W_r + V_r$ en fonction de X : valeurs parentales du caractère nombre d'épi/Plante.

Tichedrett, Saida et Fouara renferment des gènes dominants et récessifs par contre, le génotype Nadawa tous ses allèles sont récessifs pour contrôler le caractère nombre de grains par épi, ainsi que des possibilités de transgression pourraient exister (Figure 6.41). La corrélation entre $(W_r + V_r)$ et les valeurs parentales du caractère nombre de grains par épi est positive ce qui indique que l'augmentation du nombre de grains serait contrôlée par des allèles récessifs (Figure 6.42).

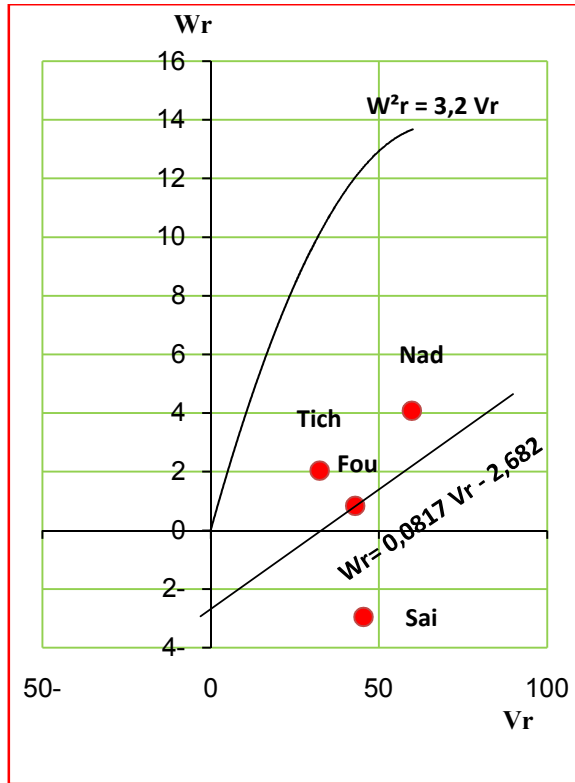


Figure 6.41. Représentation graphique de W_r en fonction de V_r du caractère nombre de grains/épi

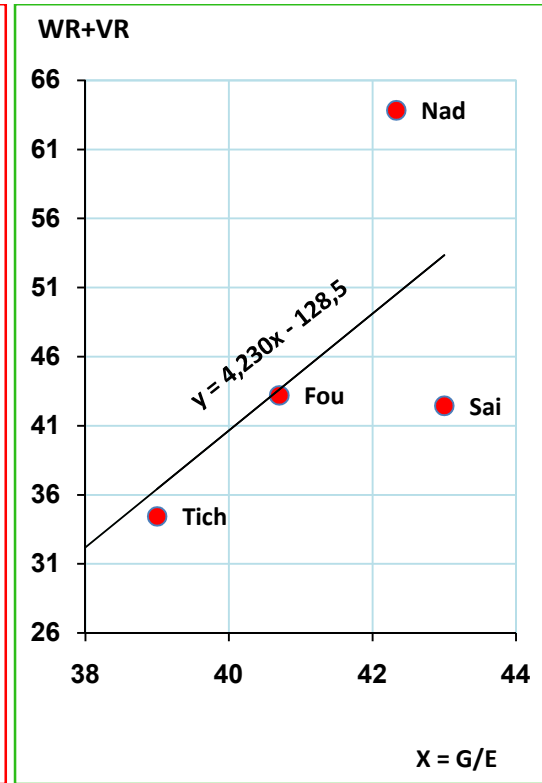


Figure 6.42. Représentation graphique de la quantité $W_r + V_r$ en fonction de X : valeurs parentales du caractère nombre de grains /épi.

1.2.3. Performance des hybrides d'après le sens de croisement

D'après la (Figure 6.43), la moyenne des hybrides issus de parents mâles et qui varie entre (60 et 75 cm) est plus importante que les moyennes des hybrides issus de parents femelles qui varient entre (40 et 60) car, ces derniers expriment une hauteur des plantes moins importantes que celle exprimée par les hybrides issus de parents mâles.

Pour la longueur de l'épi (LE), la moyenne des hybrides issus de parents femelles varie entre (7,5 et 8,5 cm). Par contre, la moyenne des hybrides issus de parents mâles varie entre (9 et 10,75 cm). En effet, les hybrides issus de parents mâles sont plus performants que les hybrides issus de parents femelles, (Figure 6.44).

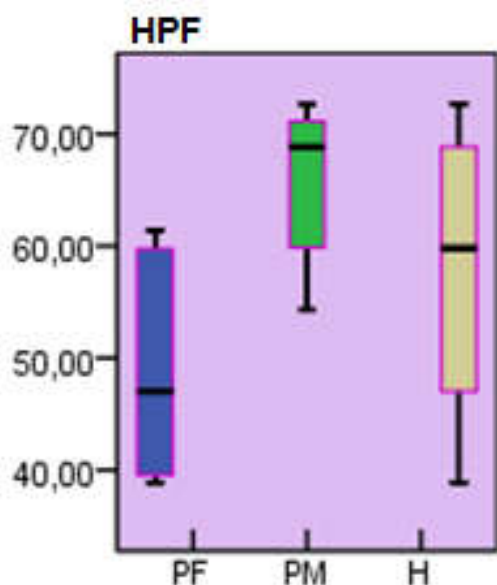


Figure 6.44. Boite à moustache de performances des hybrides selon le sens de croisement du caractère HPF

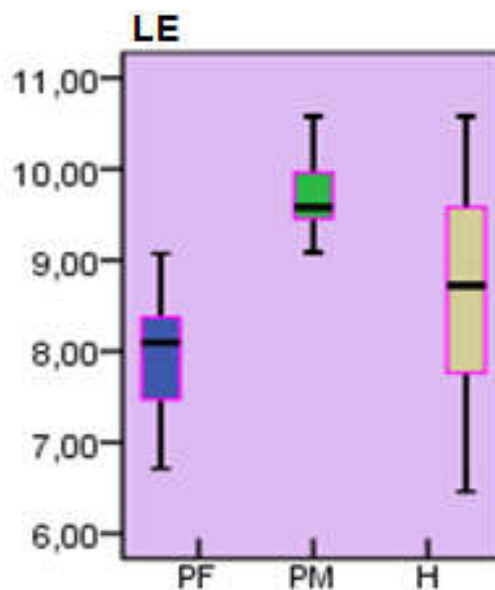


Figure 6.43. Boite à moustache montrant la performance des hybrides selon le sens de croisement du caractère LE

D'après la (Figure 6.45), la longueur des barbes est plus impotente chez les hybrides issus de parents femelles avec une moyenne qui varie entre (14,5 et 16,5 cm). En effet, les hybrides issus de parents mâles sont moins performants pour exprimer des valeurs moyennes de la longueur des barbes qui ne dépassent pas les (14 cm).

Pour le caractère longueur du col de l'épi, les hybrides issus de parents femelles sont plus performants que les hybrides issus de parents mâles, (Figure 6.46)

Chez les hybrides issus de parents mâles, la surface de la feuille étendard est mieux exprimée que chez les hybrides issus de parents femelles en effet, pour les hybrides issus de parents mâles, les valeurs moyennes des surfaces foliaires varient entre (7 et 16 cm²) par contre, chez les hybrides issus de parents femelles les valeurs moyennes varient entre (6 et 11,5 cm²), (Figure 6.47).

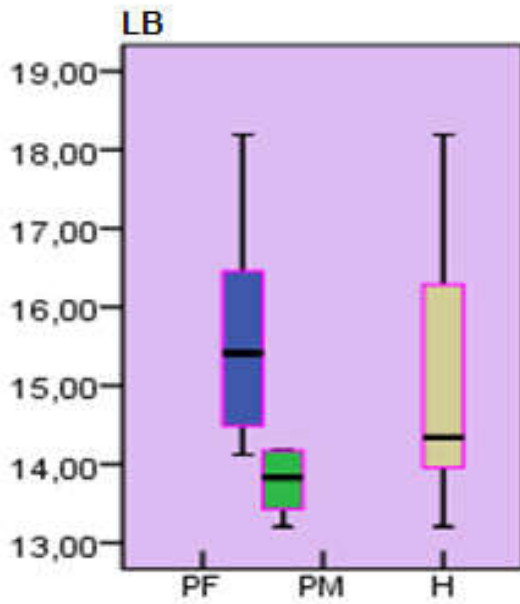


Figure 6.45. Boite à moustache montrant la performance des hybrides selon le sens de croisement

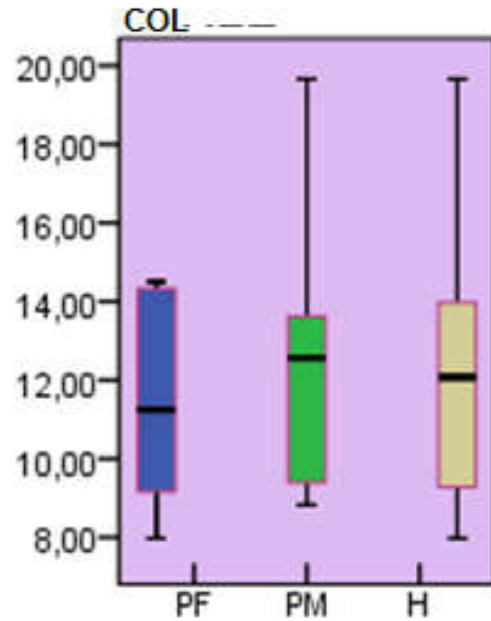


Figure 6.46. Boite à moustache montrant la performance des hybrides selon le sens de croisement

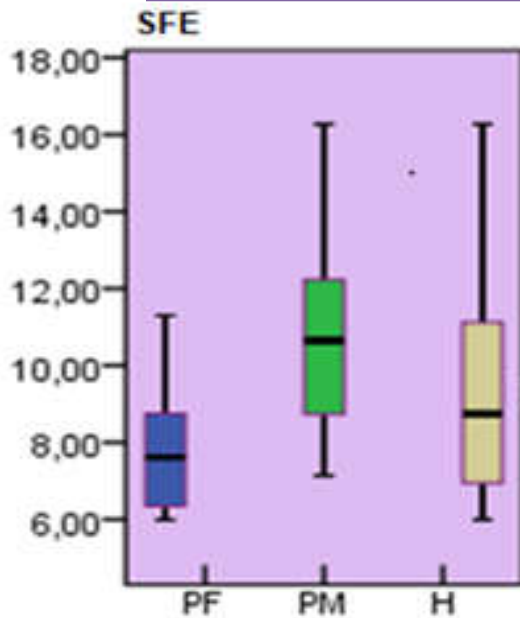


Figure 6.47. Boite à moustache montrant la performance des hybrides selon le sens

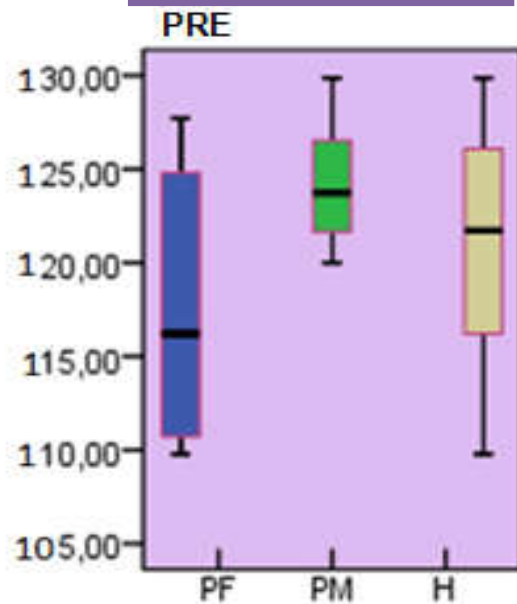


Figure 6.48. Boite à moustache montrant la performance des hybrides selon le sens

Pour la précocité à l'épiaison, les hybrides issus de parents femelles sont plus précoces que les hybrides issus des parents mâles par conséquent, ces derniers possèdent un cycle de développement plus long, il varie entre (120 et 130 jours), (Figure 6.48).

Les hybrides issus de parents mâles sont plus productifs que les hybrides issus de parents femelles. En effet, le nombre de talles épis et le nombre de grains par épis sont plus importants chez les hybrides issus de parents mâles que les hybrides issus de parents femelles. Les valeurs moyennes de ces derniers varient entre (5 et 12 talles épis) et entre (43 et 54 grains par épi). Par contre, chez les hybrides issus de parents mâles les valeurs moyennes sont plus importantes, elles sont comprises entre (9 et 13 talles épis) et entre (46 et 64 grains par épis), (Figures 6.49 et 6.50)

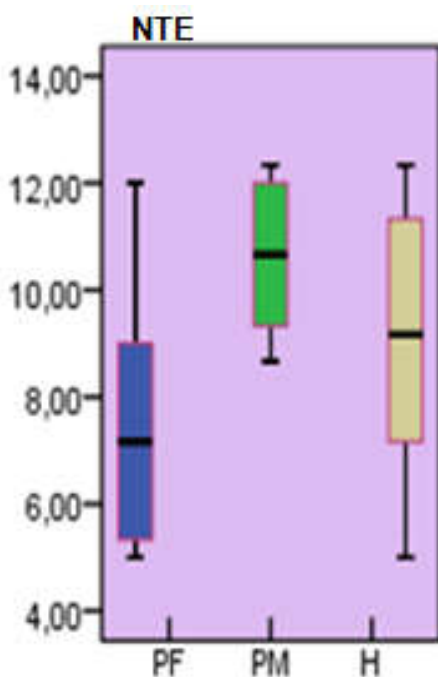


Figure 6.49. Boite à moustache montrant la performance des hybrides selon le sens de croisement

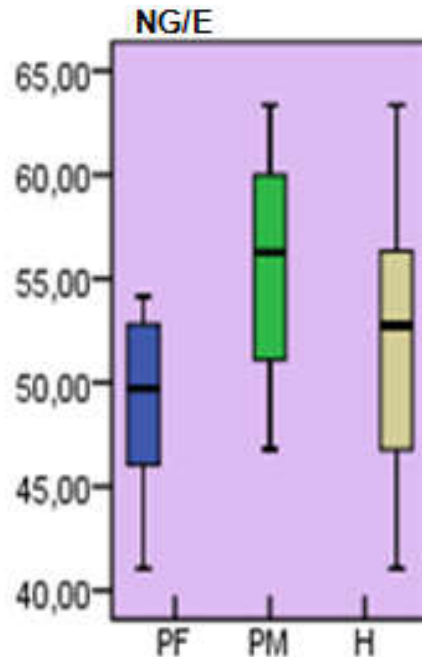


Figure 6.50. Boite à moustache montrant la performance des hybrides selon le sens de croisement

Concernant le poids de mille grains, les hybrides issus de parents femelles expriment les meilleurs poids avec une moyenne qui varie entre (39 et 49 grammes). Cependant, chez les hybrides issus de parents mâles, le PMG est moins important car la moyenne varie entre (34 et 45 grammes), (Figure 6.51).

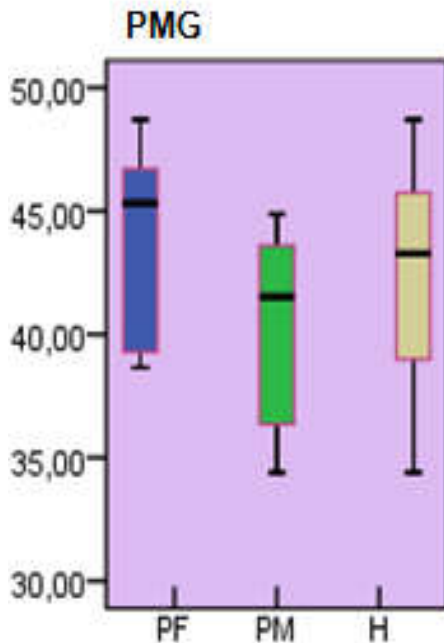


Figure 6.51. Boîte à moustache montrant la performance des hybrides selon le sens de croisement

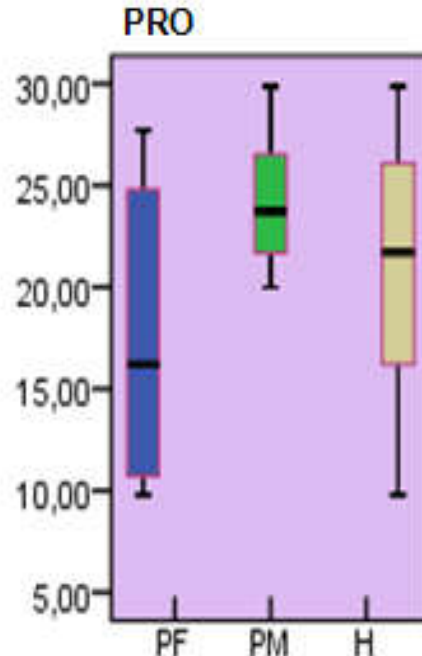


Figure 6.52. Boîte à moustache montrant la performance des hybrides selon le sens de croisement

Les hybrides F1 issus de parents mâles ont donné les meilleures performances pour l'expression du caractère productivité avec des valeurs moyennes qui varient entre (20 et 30 grammes par plante) devant une productivité moins importante exprimée par les hybrides issus de parents femelles avec des valeurs moyennes variant entre (10 et 28 grammes par plante), (Figure 6.52).

1.2.4. Analyse de l'effet hétérosis

D'après le (Tableau 6.19), La moyenne des F1 est inférieure à la moyenne des parents pour les caractères HPF; COL et NE/P en effet, l'hétérosis globale est négatif. Par contre, la moyenne des F1 est supérieure à la moyenne des parents pour le reste des paramètres car l'effet hétérosis est positif.

Tableau 6.19. Degrés d'hétérosis globale et du parent moyen en %

F1	Effet hétérosis par rapport au parent moyen									
	HPF	LE	LB	SFE	COL	E/P	NG/E	PMG	PRO	PRE
Sai X Tich	-27.15	12.11	17.41	-02.12	-03.39	-49.13	10.93	13.68	-36.45	06.25
Sai X Nad	-42.87	-2.18	06.96	-22.20	-33.93	-54.94	17.31	-07.87	-49.45	06.93
Sai X Fou	-43.16	-1.58	21.49	00.35	-34.64	-41.21	-01.91	00.08	-40.02	03.12
Tich X Sai	00.99	18.66	13.33	-20.13	-41.17	-05.08	52.61	06.36	52.16	00.00
Tich XNad	06.92	04.00	20.75	-22.60	-44.72	09.09	29.88	32.16	94.93	04.48
Tich X Fou	-24.35	-16.33	47.40	-15.71	-31.33	-14.28	26.93	03.56	21.09	00.00
Nad X Sai	06.81	48.42	00.00	49.93	-29.23	-26.79	46.80	05.20	12.49	04.48
Nad X Tich	27.41	23.51	14.91	110.2	36.33	-03.09	32.90	28.89	109.98	-04.48
Nad X Fou	-07.14	15.60	23.80	56.07	-10.32	-38.72	28.48	24.87	32.54	04.48
Fou X Sai	02.05	31.22	04.65	03.55	-23.77	-05.91	11.82	-14.10	-06.41	00.00
Fou X Tich	16.28	-19.45	44.81	36.53	02.09	17.42	19.78	-07.84	33.68	00.00
Hétérosis globale	-08.38	11.86	17.93	16.68	-22.00	-21.86	26.74	04.37	17.53	2.53

Pour le caractère PRO l'effet hétérosis par rapport au parent moyen varie de (-49.45) pour (Sai × Nad) à (+ 109.98) pour (Nad × Tich).

Pour le (Tableau 6.20) représentant le degrés d'hétérosis du parent supérieur où, onze hybrides sur douze ont donné un effet hétérosis négatif par rapport au parent supérieur pour le caractère NE/P. Dix croisements sur douze ont donné un hétérosis négatif par rapport au parent supérieur pour le caractère COL. Neuf hybrides sur douze ont enregistré un effet hétérosis négatif par rapport au parent supérieur pour les paramètres HPF et PMG par contre, onze croisements sur douze ont exprimé un effet hétérosis positif par rapport au parent supérieur pour les caractères LB; NG/E et PRE. Pour le paramètre PRO, six croisements sur douze ont enregistré un effet hétérosis positif par rapport au parent supérieur.

Tableau 6.20. Degrés d'hétérosis en % du parent supérieur

F1	Effet hétérosis par rapport au parent supérieur									
	HPF	LE	LB	SFE	COL	E/P	NG/E	PMG	PRO	PRE
Sai X Tich	-26.08	06.33	07.14	-06.41	21.79	-53.09	08.78	-07.41	-05.13	06.25
Sai X Nad	-45.59	06.26	02.91	-32.19	-36.07	-59.00	14.86	-21.91	-55.56	02.34
Sai X Fou	-31.91	-02.48	19.89	-09.51	-40.62	-44.50	-04.53	-07.21	-41.85	03.12
Tich X Sai	-16.25	12.54	03.42	-23.63	-51.58	-12.47	49.65	-13.37	16.42	00.00
Tich XNad	-07.62	-05.62	14.27	-29.77	-53.25	-07.69	24.75	25.85	65.78	00.00
Tich X Fou	-35.88	-21.33	36.15	-20.75	-38.56	-25.00	25.93	-10.09	-05.16	00.00
Nad X Sai	01.72	38.12	-3.79	30.69	-31.52	-33.38	43.73	-10.82	-01.08	00.00
Nad X Tich	10.06	12.07	03.21	90.73	15.17	-18.00	27.66	22.74	78.58	-08.59
Nad X Fou	-09.23	11.30	17.49	50.26	-16.05	-25.69	00.22	13.25	19.80	00.00
Fou X Sai	-00.65	30.02	06.06	-06.63	-30.75	-11.16	08.83	-20.36	-00.19	00.00
Fou X Tich	-11.44	-24.26	33.75	28.37	-08.62	00.27	18.83	-20.00	04.68	00.00
Fou X Nad	-19.72	20.74	00.52	37.63	-44.99	-07.69	39.53	-15.44	28.01	00.00

Concernant la productivité de la plante (PRO), sept croisements sur douze ont exprimé un hétérosis économique positif. Les deux croisements (Tich × Nad) et (Nad × Tich) présentent les meilleures hétérosis par rapport à la meilleure variété, (Tableau 6.21).

Tableau 6.21. Degrés d'hétérosis économique en %

F1	Effet hétérosis économique									
	HPF	LE	LB	SFE	COL	E/P	NG/E	PMG	PRO	PRE
Sai X Tich	-00.08	06.33	07.14	-06.41	-20.50	-61.53	07.09	-07.41	-48.21	06.25
Sai X Nad	-45.59	-45.72	02.93	-32.19	-36.07	-59.00	08.72	-21.91	-52.70	02.34
Sai X Fou	-44.64	-12.42	19.89	-09.51	-40.62	-51.45	-04.53	-07.21	-38.11	03.12
Tich X Sai	-16.25	12.54	03.42	-23.63	-51.58	-28.23	47.32	-13.37	24.00	00.00
Tich XNad	-16.44	-05.62	05.61	-35.93	-56.30	-07.69	22.81	-12.47	33.91	00.00
Tich X Fou	-39.28	-21.33	32.58	-27.77	-49.78	-30.76	25.93	-23.18	-05.16	00.00
Nad X Sai	01.70	24.03	-03.79	30.69	-31.52	-33.38	36.04	-10.82	05.26	00.00
Nad X Tich	-00.43	12.07	00.51	74.01	07.78	-18.00	25.67	-14.64	44.25	-08.59
Nad X Fou	-14.04	-01.87	17.49	20.85	-21.43	-41.07	22.51	-03.23	19.80	00.00
Fou X Sai	-00.65	16.73	03.06	-06.63	-30.75	-18.00	08.83	-20.36	-03.42	00.00
Fou X Tich	-06.67	-24.26	30.24	17.11	-25.32	-05.15	18.83	-31.65	04.68	00.00
Fou X Nad	-23.98	06.44	-02.11	10.69	-48.51	-07.69	39.53	-27.75	28.01	00.00

1.3. Synthèse et bilan de l'étude

L'étude des lignées parentales et de leurs descendances par l'analyse de la variance montre un effet variétal significatif pour l'ensemble des paramètres mesurés chez les géniteurs. Par contre, chez les hybrides F1 l'analyse révèle des effets génotypes très hautement significatifs pour tous les caractères testés. Les valeurs moyennes pour l'ensemble des caractères mesurés chez la descendance sont voisines ou supérieures aux valeurs moyennes enregistrées chez leurs géniteurs OURY et al., [296], trouvent que les valeurs maximales prises par l'hybride sont de même ordre de grandeur que celles mesurées chez les parents, ces résultats concordent avec ceux de BENMAHAMMED [06], qui trouve sur trente-neuf hybrides, des moyennes voisines de celles des parents qui les ont générés.

Pour l'analyse des effets génétiques par la méthode graphique de HAYMAN [185], les résultats trouvés indiquent que la nature des actions des gènes non additifs est plus importante que la nature des actions des gènes additifs. En effet, trois caractères seulement (HPF, LE et PRE) sont sous le contrôle des allèles additifs, parmi les dix paramètres analysés. Ces résultats concordent avec ceux de HANIFI-MEKLICHE et GALLAIS [07], sur l'orge, HANIFI-MEKLICHE et al., [297], sur le blé dur; SAAD et HASSAN [298], sur le blé tendre. Ils confirment que les caractères (HPF, LE) sont sous la gouvernance des allèles additifs; par contre, les résultats ne concordent pas avec ceux de ces auteurs pour le caractère PRE, cependant, nos résultats rejoignent ceux de JOHNSON et PAUL [299], qui trouvent que la précocité à l'épiaison (PRE) est exprimée par des gènes à action additive.

Pour la performance des hybrides d'après le sens du croisement, les hybrides issus de géniteurs femelles sont plus performants pour l'expression des caractères PMG ; LB et COL. Par contre, les hybrides issus de parents mâles expriment de meilleures valeurs pour les caractères HP ; LE ; SFE ; NEP ; NGE ; et PRO.

Concernant l'étude de l'effet hétérosis, nos résultats concordent avec ceux d'IMMER, [148], qui a effectué la première évaluation de l'effet hétérosis de l'orge, il apporte une augmentation du rendement de (+ 27 %). Depuis lors de nombreux

auteurs ont obtenu des augmentations significatives du rendement [148] ; [149] ; [151] ; [150] ; [154] ; [158] ; [156]. Avec des lignées moins sélectionnées de blé tendre SINGH et *al.*, [300], trouvent un effet hétérosis supérieur à (30%), chez le riz l'hétérosis pour le rendement en grain est plus important que chez le blé mais plus faible que celui observé chez le maïs [41], chez arabidopsis l'hétérosis parent moyen a été en moyenne de (55% à 60%), [301] ; [302]. D'après MEKLICHE et *al.*, [297], la supériorité au niveau de l'hétérosis vient du cumul des effets d'hétérosis observés pour les différents caractères simples associés au rendement tel que le nombre de grains par épi (NG/E). Quant à GALLAIS, [41], il souligne que l'hétérosis apparait plus important en milieu limitant ou défavorable à la croissance.

A partir des géniteurs choisis sur la base des caractéristiques complémentaires du matériel génétique local et introduit il est nécessaire de réaliser des croisements multiples et d'accorder plus d'importance à la descendance possédant l'hétérosis le plus élevé et aux caractères exprimés par des gènes à action additive afin d'assurer l'obtention d'une transgression dans les générations suivantes.

De ce fait, la partie suivante est consacrée à l'étude de la deuxième population de la génération F1, en présentant les principaux résultats ainsi qu'en interprétant et synthétisant les données afin de pouvoir tirer les conclusions les plus pertinentes.

2. Évaluation de la deuxième population de la génération F1

Le déterminisme génétique d'une population d'orge composée de vingt hybrides F1 a été analysé par le modèle de GRIFFING et HAYMAN. Les résultats sont obtenus par :

2.1. L'étude des lignées parentales et de la deuxième population F1

L'analyse de la variance du facteur génotype révèle un effet variétal hautement significatif à significatif pour l'ensemble des caractères mesurés chez les lignées parentales, (Tableau 6.22). Par contre, chez les hybrides de la deuxième population F1, l'analyse de la variance indique un effet génotype très hautement

significatif pour tous les paramètres testés, (Tableau 6.23). D'après les deux tableaux, les moyennes générales des caractères mesurés chez les hybrides F1 sont supérieures aux moyennes notées chez leurs parents, à l'exception du paramètre hauteur de la plante à la floraison pour lequel les valeurs moyennes des hybrides sont inférieures aux valeurs moyennes de leurs parents soit (55,42 cm chez les hybrides et 59,65 cm chez les géniteurs) Le coefficient de variation indique des variations plus élevées chez les hybrides par rapport à leurs géniteurs pour les paramètres HPF et LE soient respectivement (16,54 et 21,17 %) par contre, ce coefficient révèle des valeurs relativement importantes chez les parents que les hybrides pour le reste des caractères mesurés

Tableau 6.22. Valeurs moyennes des caractères mesurés chez les lignées parentales

Génotypes	HPF	LE	E/P	NG/E	PMG	PRO
Saida	71,475	07,665	05,500	55,500	51,000	16,642
Bahia	52,212	06,130	08,250	57,250	41,000	17,715
plaisant	60,400	07,910	06,750	50,500	37,500	13,732
Tichedrett	47,050	08,537	07,250	30,250	34,500	7,807
Express	67,125	06,802	07,500	68,000	38,500	19,575
Moyenne générale	59,652	07,409	07,050	52,300	40,500	15,094
Probabilité	00,000	00,001	00,024	00,000	00,000	00,005
CV%	17,660	13,780	18,580	24,970	14,440	35,850

HPF = hauteur de la plante à la floraison en (cm), LE = longueur de l'épi en (cm), E/P = nombre d'épis par plante, NG/E = nombre de grains par épi, PMG = poids de mille grains en (g), PRO = productivité par plante en (g)

Tableau 6.23. Valeurs moyennes des caractères mesurés chez la génération F1

Génotypes	HPF	LE	E/P	NG/E	PMG	PRO
Sai X Bah	43,983	08,123	06,667	53,323	52,070	18,270
Sai X Plai	49,560	09,090	07,333	50,700	51,700	18,370
Sai X Tich	50,683	09,073	06,667	49,023	48,380	16,413
Sai X Exp	56,683	08,700	07,333	53,730	43,683	17,640
Bah X Sai	60,310	08,233	12,667	60,700	40,063	30,333
Bah X Plai	59,457	10,333	08,333	70,300	43,653	37,783
Bah X Tich	35,200	08,933	12,333	63,600	40,433	18,670
Bah X Exp	58,683	08,273	09,333	72,773	42,060	29,073
Plai X Sai	51,683	08,840	11,333	60,250	42,313	29,260
Plai X Bah	41,773	10,010	09,333	51,573	38,900	19,240
Plai X Tich	58,810	08,100	08,333	56,400	45,023	22,910
Plai X Exp	54,387	08,350	09,000	54,500	44,353	21,710
Tich X Sai	59,857	09,600	10,667	55,500	39,233	22,570
Tich X Bah	64,933	08,730	10,000	59,450	35,603	22,220
Tich X Plai	52,500	08,873	11,333	58,000	41,783	26,650
Tich X Exp	58,873	07,173	12,667	55,323	36,563	26,330
Exp X Sai	58,100	08,663	10,000	57,643	46,423	25,563
Exp X Bah	67,137	08,373	09,333	69,600	43,993	29,373
Exp X Plai	58,623	08,100	11,333	58,310	38,050	25,540
Exp X Tich	67,250	08,330	08,667	64,350	40,350	22,443
Moyenne générale	55,420	08,690	09,630	58,750	42,730	24,010
Probabilité	00,000	00,000	00,000	00,000	00,000	00,000
CV%	16,540	21,170	10,700	11,480	10,900	27,690

Sai = Saida, Tich = Tichedrett, Bah = Bahia, Plai = Plaisant, Exp = Express

2.2 Analyse génétique des caractères mesurés dans le croisement diallele complet

La mise en évidence des effets génétiques laisse apparaitre les performances de chaque hybride au sein de son bloc, (Tableau 6.24).

Tableau 6.24. Mise en évidence des effets génétiques des hybrides F1

Caractères étudies	Moyenne des carrés		
	Génotypes	Blocs	Interaction
HPF	203,201***	053,130	026,300
LE	001,530***	003,410	000,410
NE/P	010,870***	000,517	001,370
NG/E	129,890***	020,004	005,780
PMG	060,240***	001,720	003,570
PRO	087,990***	002,130	024,700

***Hautement significatif

L'analyse de la variance montre des différences hautement significatives pour tous les paramètres évalués chez les hybrides F1. Le test F observé est très élevé par rapport au test F théorique pour une probabilité de (0,001) et un risque d'erreur de la première espèce α de (5 %), (Tableau 6.24).

2.3 Décomposition des effets génétiques par la méthode GRIFFING

La décomposition détaillée des effets génétiques par la méthode GRIFFING [184], révèle des différences hautement significatives pour les aptitudes générales et spécifiques. Par contre, l'analyse de la variance indique des différences non significatives pour les effets maternels et spécifiques de tous les paramètres évalués.

Tableau 6.25. Analyse des variances du diallele : Modèle de GRIFFING

Caractères étudies	Moyenne des carrés					Héritabilité
	AGC	ASC	Effet maternel	Effet spécifique	AGC/ASC	
HPF	022,46***	154,59***	001,57 ^{ns}	000,10 ^{ns}	000,14	022,08
LE	000,24***	001,05***	000,11 ^{ns}	000,20 ^{ns}	000,23	031,20
NE/P	000,60***	010,05***	000,67 ^{ns}	000,22 ^{ns}	000,06	011,03
NG/E	009,08***	041,12***	000,03 ^{ns}	000,20 ^{ns}	000,03	013,95
PMG	026,52***	759,52***	000,47 ^{ns}	000,48 ^{ns}	00,22	087,90
PRO	007,76***	076,66***	000,04 ^{ns}	001,18 ^{ns}	000,10	017,66

***Hautement significatif, ns : non significatif

Le rapport de variance (AGC/ASC) est inférieur à une unité pour tous les paramètres testés à l'exception du poids de mille grains. Concernant l'héritabilité des différents caractères, le pourcentage le plus élevé est obtenu par le paramètre poids de mille grains avec un taux dépassant les (87 %). Cependant, le pourcentage le plus faible est noté chez le paramètre nombre de talles épis par plantes avec un taux de (11,03 %), (Tableau 6.25)

Le classement des variétés parentales dans l'ordre décroissant de leurs valeurs d'aptitudes générales à la combinaison révèle que les variétés Bahia et Plaisant occupent la première position suivies par Saida et Tichedrett, (Tableau 6.26)

Tableau 6.26. Valeurs des aptitudes générales à la combinaison (AGC) de chaque géniteur

Géniteurs	HPF	LE	NTE	PMG	NG/E	PRO
Sai	-01,57	00,09	-00,57	02,75	-03,63	-01,71
Bah	-01,49	00,18	00,09	-00,62	03,92	01,60
Plai	-02,07	00,26	-00,11	00,49	-01,24	01,17
Tich	00,59	-00,09	00,68	-01,80	-01,04	-01,74
Exp	04,54	-00,45	00,05	-00,79	02,03	00,69

Les deux cultivars introduits (Bahia et Plaisant) ont exprimé de meilleures valeurs d'AGC pour les paramètres: productivité de la plante; fertilité de l'épi; longueur de l'épi et hauteur de la plante à la floraison en effet, la variété Bahia a tendance à transmettre à ses descendants une meilleure productivité de la plante et une meilleure fertilité de l'épi par contre, le génotype Plaisant à tendance à transmettre à sa descendance une meilleure longueur de l'épi et une faible hauteur de la plante (caractère recherché pour diminuer la hauteur des pailles qui versent). De sa part, la variété locale Tichedrett exprime de meilleures valeurs d'AGC pour le caractère talles épis par plante et de son côté, la deuxième variété locale a une bonne capacité de transmettre à ses descendants un meilleur poids de mille grains, (Tableau 6.26).

Les génotypes à effet d'ASC élevé sont : (Bahia X Plaisant) pour la longueur de l'épi; la fertilité de l'épi et la productivité de la plante ; (Saida X Bahia) pour le poids de mille grains et (Bahia X Saida) pour le nombre de talles épis. Par contre, les croisements (Bahia X Tichedrett) et (Plaisant X Bahia) ont exprimé de faibles effets d'ASC pour la hauteur des plantes à la floraison, (Tableau 6.27).

Tableau 6.27. Valeurs des aptitudes spécifiques à la combinaison (ASC) de différents hybrides testés

Génotypes	HPF	LE	NTE	PMG	NG/E	PRO
Sai X Bah	-08,377	-00,842	-02,508	07,220	-05,702	-05,635
Sai X Plai	-02,215	00,004	-01,632	05,730	-03,165	-05,100
Sai X Tich	-03,757	00,383	-03,093	04,710	-05,042	-07,057
Sai X Exp	-01,707	00,365	-01,802	-01,002	-03,410	-05,350
Bah X Sai	07,950	-00,732	03,492	-04,787	01,675	06,428
Bah X Plai	07,602	01,198	-01,297	01,063	08,880	10,998
Bah X Tich	-19,320	00,158	01,908	00,143	01,980	-05,205
Bah X Exp	00,293	-00,147	-00,467	00,755	08,078	02,768
Plai X Sai	-00,092	-00,210	02,368	-03,657	06,385	05,790
Plai X Bah	-10,082	00,875	-00,297	-03,690	-09,847	-07,545
Plai X Tich	04,875	-00,760	-01,882	03,613	67,600	-00,530
Plai X Exp	-03,498	-00,155	-00,590	01,928	-05,035	-04,160
Tich X Sai	05,417	00,910	00,907	-04,437	01,435	02,010
Tich X Bah	10,413	-00,045	-00,425	-04,687	-02,170	-01,655
Tich X Plai	-01,435	00,013	01,118	00,373	01,540	03,210
Tich X Exp	-01,677	-00,972	02,282	-03,562	-04,412	03,370
Exp X Sai	-00,290	00,328	00,865	01,738	00,503	02,573
Exp X Bah	08,667	-00,047	-00,467	02,688	04,905	03,068
Exp X Plai	00,738	-00,405	01,743	-04,375	-01,225	-00,330
Exp X Tich	06,700	00,185	-01,718	00,225	04,615	-00,517

2.4. Analyse des effets génétiques par la méthode graphique de HAYMAN

L'ajustement à une régression de pente + 1 est convenable c'est-à-dire la pente de la droite (W_r / V_r) doit être non significativement différente de 1, dans ce cas, le modèle sera valable pour tous les caractères étudiés HPF ; LE ; NTE ; NG/E ; PMG et PRO.

D'après la (Figure 6.63), la droite de régression passe par l'origine ce qui indique une dominance complète dans l'expression du caractère HPF, pour les (Figures 6.55 ; 6.57 ; 6.59 et 6.63) la droite de régression coupe l'axe W_r en dessous de l'origine pour les paramètres LE; NTE; NG/E et PRO, ce qui signifie l'existence d'une superdominance dans l'expression de ces caractères ; par contre, il y a une dominance incomplète dans l'expression du caractère PMG car la droite de régression coupe l'axe des ordonnées (W_r) en dessus de l'origine (Figure 6.61). Les points de l'intersection de la parabole avec la droite de régression (W_r/V_r) caractérisent des génotypes possédant tous des gènes dominants lorsque (W_r et V_r) augmentent. En revanche, tous les génotypes sont gouvernés par des gènes récessifs quand (W_r et V_r) diminuent.

D'après la (Figure 6.53), les deux génotypes introduits Express et Plaisant renferment des gènes dominants par contre, la variété locale Tichedrett et le cultivar introduit Bahia possèdent à la fois des gènes récessifs et dominants. La variété locale Saida renferme que des gènes récessifs et elle se situe à une distance lointaine de la parabole ce qui indique que les possibilités d'obtenir une transgression sont fortes.

D'après la (Figure 6.54), La corrélation entre ($W_r + V_r$) et les valeurs propres parentales (X) est positive ce qui signifié que des allèles récessifs seraient favorables à l'augmentation du caractère Hauteur des plantes à la floraison.

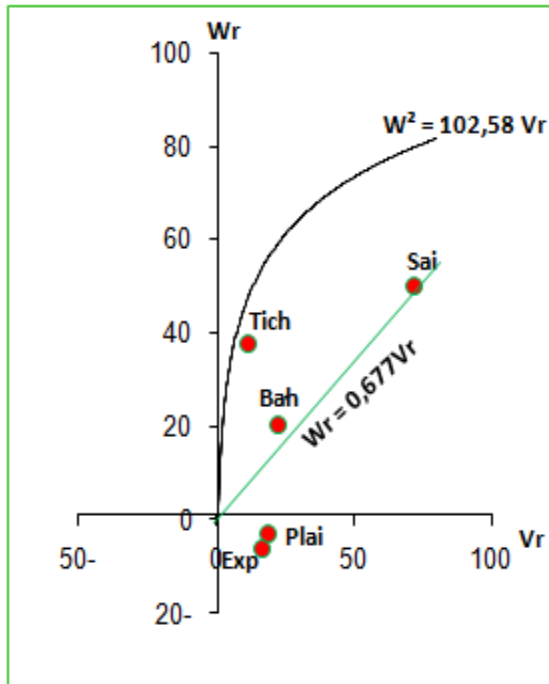


Figure 6.53. Représentation graphique de W_r en fonction de V_r du caractère hauteur des plantes à la floraison. W_r : covariance entre parent r et de ses descendants ; V_r : variance d'un parent r et de ses descendants

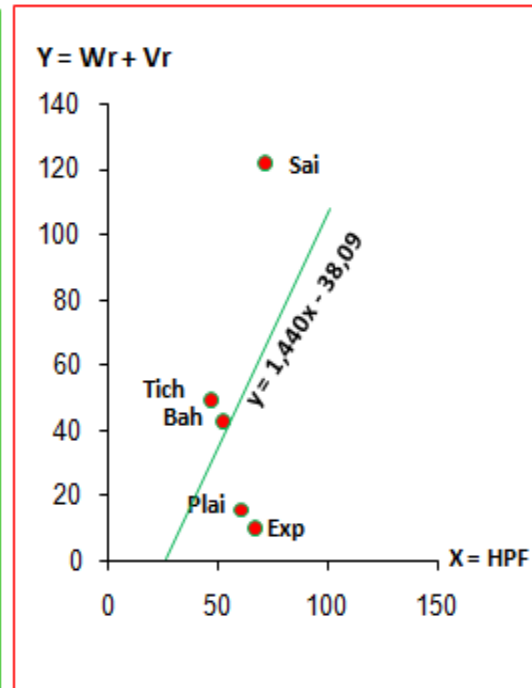


Figure 6.54. Représentation graphique de la quantité $(W_r + V_r)$ en fonction de X : valeurs parentales du caractère hauteur des plantes à la floraison. $(W_r + V_r)$: ordre parentale de dominance.

D'après la (Figure 6.55), les deux génotypes Plaisant et Tichedrett contiennent des gènes dominants cependant, express et Saida renferment des gènes récessifs et dominants. Le génotype Bahia possède des allèles récessifs pour le contrôle de la longueur de l'épi. Des possibilités de transgression seraient présentes pour la sélection de ce caractère.

D'après la (Figure 6.56), la corrélation entre $(W_r + V_r)$ et les valeurs parentales du caractère longueur de l'épi est positive ce qui indique que cette longueur serait contrôlée par des allèles dominants.

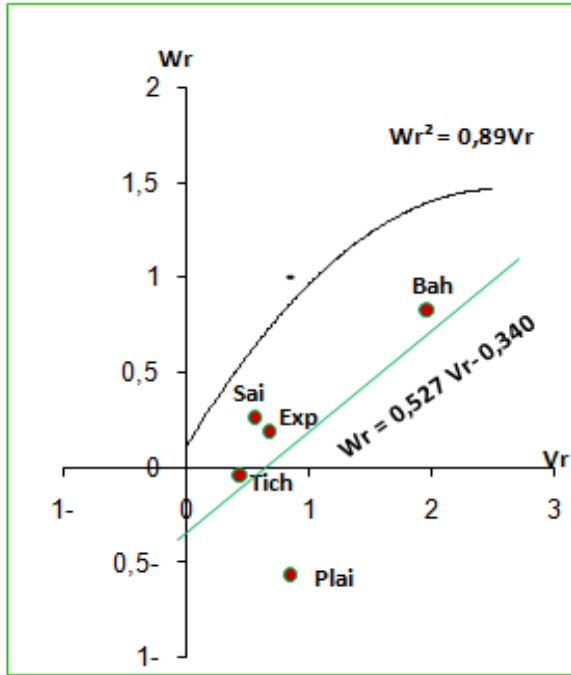


Figure 6.55. Représentation graphique de W_r en fonction de V_r du caractère longueur de l'épi.

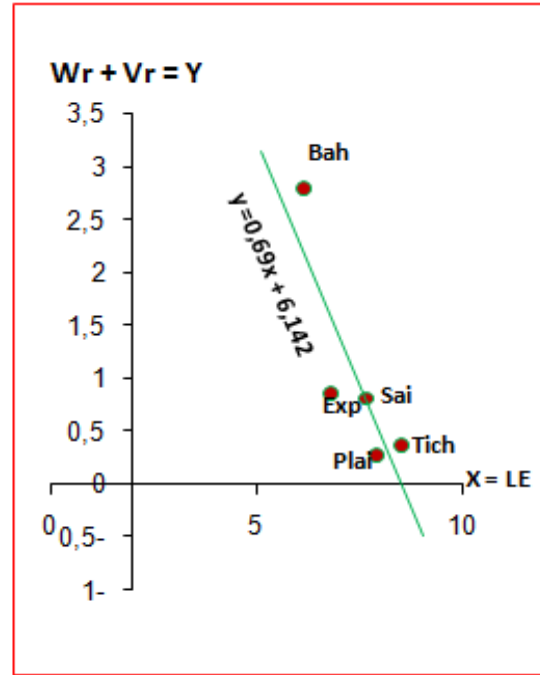


Figure 6.56. Représentation graphique de la quantité $(W_r + V_r)$ en fonction de X : valeurs parentales du caractère longueur de l'épi

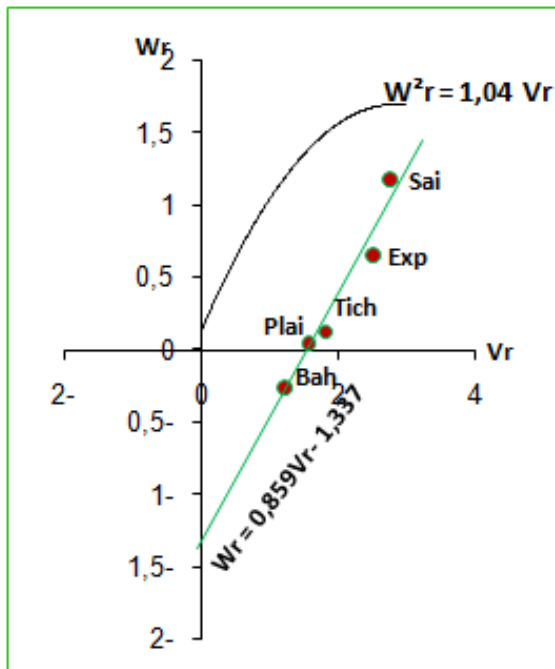


Figure 6.57. Représentation graphique de W_r en fonction de V_r du caractère nombre de thalles épis/plante.

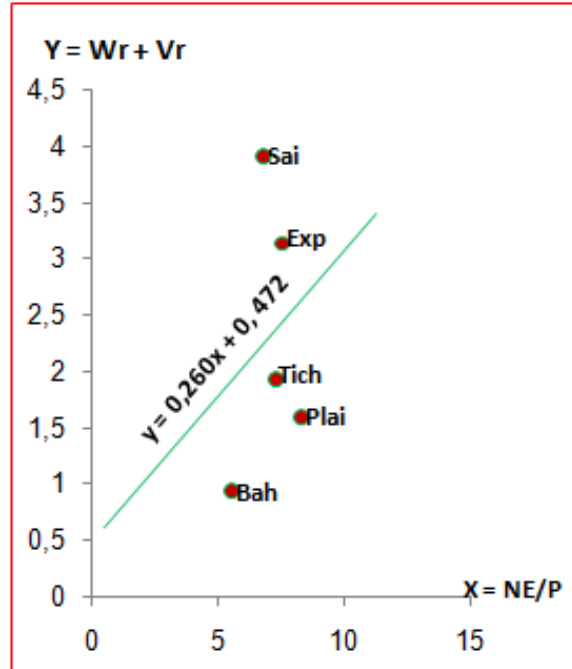


Figure 6.58. Représentation graphique de la quantité $(W_r + V_r)$ en fonction de X : valeurs parentales du caractère nombre de thalles épis/plante.

D'après la (Figure 6.57), la variété Bahia contient des gènes dominants; les deux génotypes Tichedrett et plaisant renferment des allèles dominants et récessifs pour le contrôle du caractère nombre de talles épis par plante cependant, les deux cultivars, Express et Saida renferment que des gènes récessifs. Des possibilités de transgression seraient présentes pour la sélection du caractère nombre de talle épis' par plante.

D'après la (Figure 6.58) les allèles récessifs ont un effet positif pour accroitre le nombre de talles épis.

D'après la (Figure 6.59), Plaisant, Saida et Bahia renferment des gènes dominants par contre, le génotype Tichedrett, tous ses allèles sont récessifs pour contrôler le caractère nombre de grains par épi, ainsi que des possibilités de transgressions pourraient exister. D'après la (Figure 6.60), les parents s'alignent le long de la droite de régression dont la pente est négative suggérant que la dominance agit dans le sens de l'augmentation du nombre de grains par épi.

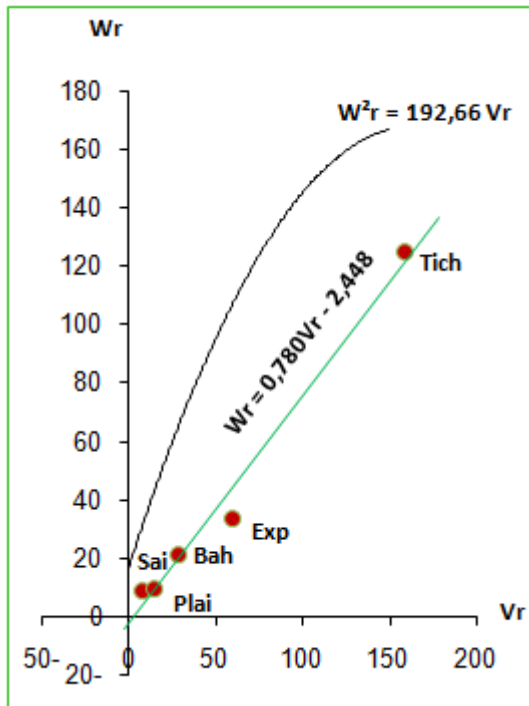


Figure 6.60. Représentation graphique de W_r en fonction de V_r du caractère nombre de grains/épi.

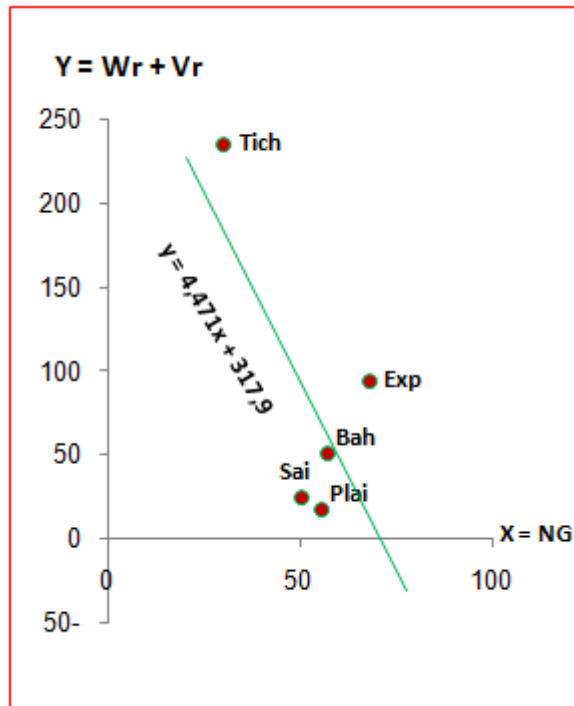


Figure 6.59. Représentation graphique de la quantité $(W_r + V_r)$ en fonction de X : valeurs parentales du caractère nombre de grains /épi.

D'après la (Figure 6.61), les variétés Bahia et Plaisant contiennent à la fois des gènes récessifs et dominants pour le contrôle du caractère poids de mille grains cependant, les deux génotypes locaux, Saida et Ttichedrett renferment des gènes récessifs par contre, le génotype introduit Express possède que des allèles dominants. Des possibilités de transgression seraient présentes pour la sélection de ce caractère.

D'après la (Figure 6.62), la corrélation entre $(W_r + V_r)$ et les valeurs parentales est négative ce qui indique que l'augmentation du poids de mille grains serait contrôlée par des allèles dominants.

D'après la (Figure 6.63), Express et Saida renferment des gènes dominants par contre, les génotypes introduits Plaisant et Bahia ont des allèles récessifs et dominants pour contrôler le caractère productivité de la plante, ainsi le cultivar local Tichedrett possède que des gènes dominants. Des possibilités de transgressions pourraient exister

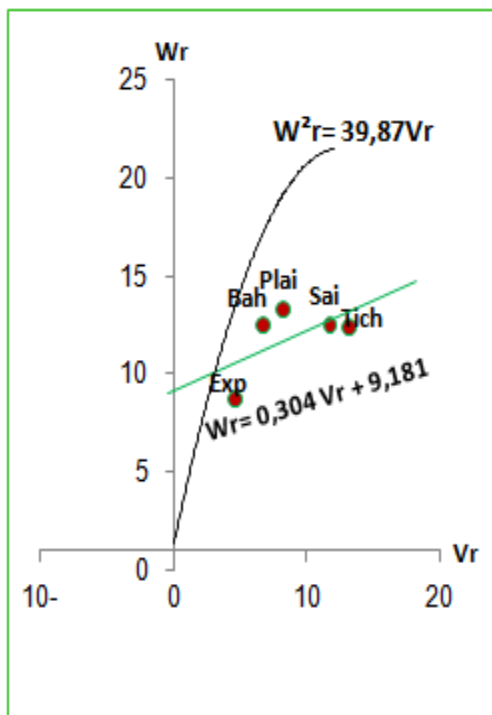


Figure 6.61. Représentation graphique de W_r en fonction de V_r du caractère poids de mille grains

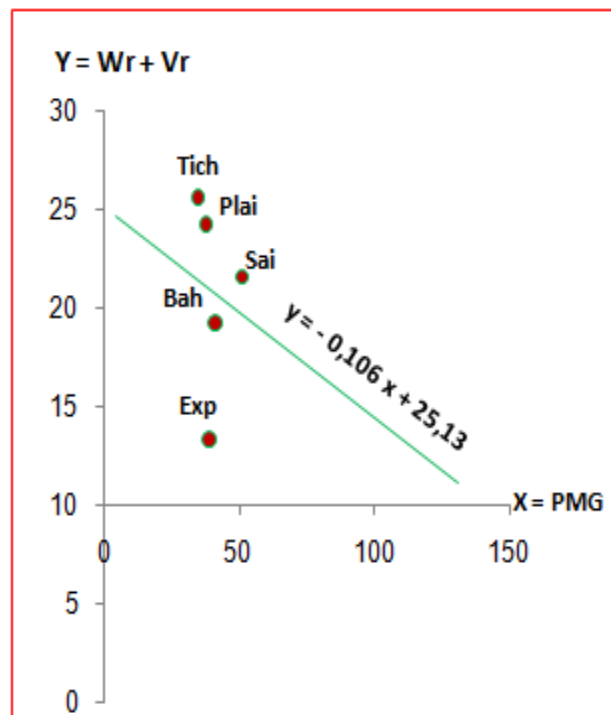


Figure 6.62. Représentation graphique de la quantité $(W_r + V_r)$ en fonction de X : valeurs parentales du caractère poids de mille grains

D'après la (Figure 6.64), les parents s'alignent le long de la droite de régression dont la pente est négative suggérant que la dominance agit dans le sens de l'augmentation de la productivité de la plante.

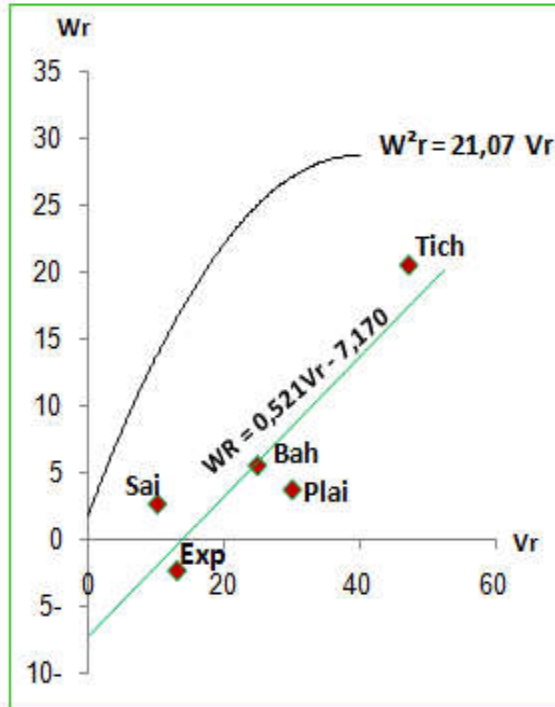


Figure 6.64. Représentation graphique de la quantité $W_r + V_r$ en fonction de X : valeurs parentales du caractère productivité de la plante

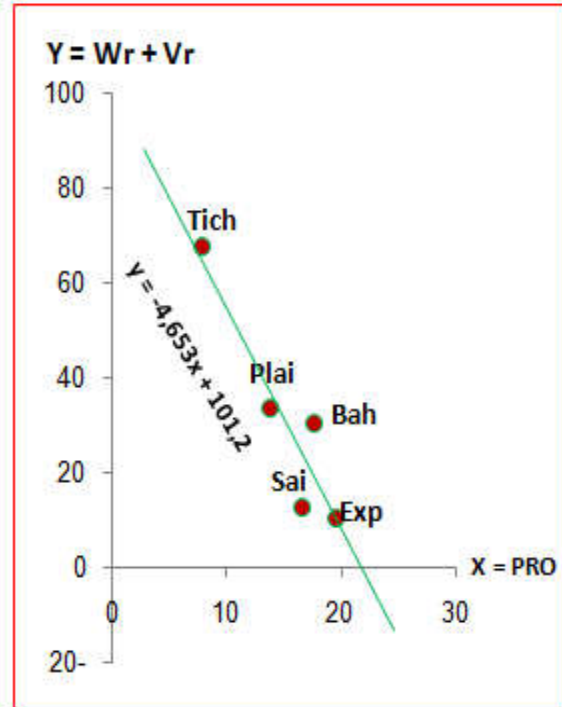


Figure 6.63. Représentation graphique de W_r en fonction de V_r du caractère productivité de la plante

2.5. Interaction génique

Les estimations de la variation des composantes génétiques révèlent des différences significatives des effets additifs et non additifs pour tous les paramètres évalués, (Tableau 6.25).

2.5.1. Influence de l'additivité (D) par rapport à la dominance (H1)

Une égalité des effets additifs et non additifs ($D = H1$) est constatée pour le caractère HPF ce qui signifie la présence d'une dominance complète confirmée

par la (Figure 6.53). Les effets additifs sont supérieurs aux effets de dominance ($D > H1$) pour le paramètre PMG ce qui montre l'importance des gènes agissant d'une manière cumulative suggérant ainsi une dominance partielle (Figure 6.61)

Tableau 6.28. Estimation des composantes de la variation génétique et de l'écart type de divers traits évalués

Paramètres / rapport	HPF	LE	NTE	PMG	NG/E	PRO
Effet additif (D)	20.72 ± 68.25	1407.96* ± 150.64	1312.50*± 12.50	11.35± 159.23	1766.91* ± 86.75	1.47± 21.58
Effet de dominance (H1)	0.87* ± 0.07	1.11*± 0.17	0.72*± 0.14	1.12*± 0.18	-0.003± 0.09	0.009± 0.023
Symétrie/Asymétries allèles(H2)	2.18* ± 0.09	2.16*± 0.21	1.06*± 0.18	3.06*± 0.22	0.57*± 0.12	0.004± 0.03
Fréquence relative des allèles dominants et récessifs(F)	82.43* ± 3.70	118.18*± 030.23	103.63*± 25.99	56.34± 31.95	6.21± 17.1	3.72± 4.33
Héritabilité au sens étroit	95.07* ± 16.18	135.40*± 035.71	120.28*± 30.70	68.44± 37.74	112.32*± 20.56	2.98± 5.12
Variance environnementale (E)	3.26* ± 0.75	7.27*± 1.65	5.72*± 1.42	4.03*± 1.74	1.94± 0.95	0.0007± 0.24
Proportion des gènes avec effets positifs et négatifs chez les parents (H2/ 4H1)	0.17*± 0.03	0.38*± 0.07	0.32*± 0.06	0.19*± 0.07	-0.002± 0.04	0.008± 0.010
Proportion des allèles dominants et récessifs chez les parents (KD/Kr)	0.19*± 0.05	0.47*± 0.10	0.411*± 0.06	0.19± 0.11	-.0.003± 0.059	0.007± 0.015
Héritabilité au sens large (%)	91.71*± 30.35	295.75*± 66.99	243.24*± 57.59	115.30± 70.81	30.02± 38.58	1.85± 9.60
Nombre de gènes qui contrôlent le caractère (h2/H)	06.56*± 01.93	20.52*± 04.27	19.71± 02.46	4.47± 4.51	19.47± 2.46	0.94± 0.61

Par contre, les effets non additifs sont plus importants que les effets additifs ($D < H1$) pour les caractères LE ; NE/P ; NG/E et PRO ce qui indique la présence d'une superdominance (Figure 6.55 ; 6.57 ; 6.59 ; 6.63). Le calcul de degré de dominance ($H1/D$) ½appui les résultats trouvés par une valeur égale à un pour le

caractère HPF, par des valeurs supérieures à un pour les paramètres LE ; NE/P ; NG/E et PRO soient respectivement et par une valeur inférieure à un pour le caractère poids de mille grains.

2.5.2. Distribution des gènes chez les parents

La différence entre H1 et H2 est une indication de la distribution inégale des gènes dominants et récessifs. En effet, Il ya une distribution asymétrique entre les gènes dominants et les gènes récessifs pour tous les caractères étudiés. Cette asymétrie des gènes est vérifiée par le rapport ($H2/4H1$) qui est différent de sa valeur maximale de (0,25), pour tous les caractères testés.

2.5.3. Proportion des gènes dominants et récessifs

Les caractères LE ; NG/E et PMG expriment des fréquences F supérieures à zéro ($F > 0$) soient respectivement (0,65 ; 174,9 ; 8,09) ce qui indique l'importance des allèles dominants par rapport aux allèles récessifs. Cela est confirmé par le rapport (KD/Kr) qui donne des valeurs supérieures à un ($KD/Kr > 1$), soient (1,4.3, 18 et 1,02) chez les caractères cités suggérant un excès de gènes dominants. Concernant les paramètres HPF ; NE/P et PRO, les fréquences de F prennent des valeurs inférieures à zéro ($F < 0$) soient respectivement (-191 ; -3,66 et -16,73) ce qui montre que la plupart des allèles sont récessifs, cela est vérifié par les valeurs du rapport (KD/Kr) qui sont inférieures à un ($KD/Kr < 1$) soient respectivement (0,78 ; -0,31 et 0,9) montrant ainsi un excès des gènes récessifs. Ces résultats sont confirmés par les (Figures 6.54 ; 6.56 ; 6.58 ; 6.60 ; 6.62 et 6. 64).

2.5.4. Effet de l'environnement

Des différences significatives de la composante environnementale pour tous les paramètres évalués. Des valeurs élevées ont été constatées pour les caractères HPF ; NG/E ; PRO et PMG soient respectivement (67,5 ; 43,29 ; 29,33 et 20,29) ainsi que des faibles valeurs pour les caractères LE et NE/P avec respectivement (0,51 et 3,62).

2.5.5. Héritabilité

L'héritabilité au sens large (H^2), des paramètres HPF ; NEP ; PMG et PRO, est exprimée par des valeurs modérées soient respectivement (58,9 ; 57,41 ; 52,03 ; 40,14 et 42,37 %) ce qui montre que les facteurs environnementaux ont un effet important sur le contrôle de ces caractères. Par contre, le caractère LE exprime une valeur très élevée soit (95,86 %) suggérant que les conditions environnementales ont peu d'effets sur la variance phénotypique qui est alors très largement due aux différences génotypiques. Concernant l'héritabilité au sens étroit (h^2), des valeurs relativement faibles ont été exprimées par les paramètres LE ; HPF ; PRO ; NGE et NE/P soient respectivement (31,20 ; 22,08 ; 17,66 ; 13,95 et 11,03 %) ce qui confirme que la variance de dominance est supérieure à la variance additive suggérant que ces caractères sont gouvernés par des effets génétique de type dominance. Par contre, l'héritabilité au sens étroit pour le caractère PMG est plus forte que celles des autres caractères soit (87,90 %) ce qui montre que la variance génétique additive est plus grande que la variance de dominance.

2.5.6. Nombre de gènes contrôlant les caractères

A partir des estimations de la composante h^2/H_2 , les paramètres LE ; NE/P ; NG/E et PRO sont sous le contrôle d'un gène ou un bloc de gènes pour exprimer une dominance. Les valeurs positives de (h^2/H_2) exprimant ainsi une dominance pour les paramètres LE et PMG soient respectivement (4,37 et 0,14) suggèrent la tendance à la dominance envers le parent supérieur qui se trouve en haut du graphique (Figure 6.55 et 6.61) par contre, les valeurs négatives de (h^2/H_2) pour les caractères HPF;NE/P ; NG/E et PRO avec respectivement (-0,45 ; -4 ; -1,21 et -18,89) suggérant la tendance à la dominance envers le parent inférieur qui se rapproche du point d'origine sur le graphique (Figure 6.53 ;6.57 ; 6.59 et 6.63)

2.6. Synthèse et conclusion

L'étude des lignées parentales et de leurs descendance par l'analyse de la variance montre un effet variétal significatif pour l'ensemble des paramètres mesurés chez les géniteurs locaux et introduits; par contre, chez les hybrides F1 l'analyse révèle des effets génotypes très hautement significatifs pour tous les caractères testés. Les valeurs moyennes pour l'ensemble des caractères mesurés chez la descendance sont voisines ou supérieures aux valeurs moyennes enregistrées chez leurs géniteurs. OURY et *al.*, [296]; BOUCHETAT et AISSAT [303], trouvent que les valeurs maximales prises par l'hybride sont de même ordre de grandeur que celles mesurées chez les parents, ces résultats concordent avec ceux de BENMAHAMMED [06], qui a trouvé sur trente-neuf hybrides, des moyennes voisines de celles des parents qui les ont générés. Concernant l'analyse des effets génétiques par la méthode GRIFFING [184], les résultats trouvés indiquent que les aptitudes générales et spécifiques à la combinaison (AGC et ASC) interviennent d'une manière significative dans l'expression de tous Les caractères testés chez la F1 alors que, les effets maternels et réciproques ne sont pas significatifs pour tous les paramètres, ces résultats sont en accord avec ceux de ZERIHUN et *al.*, [304]. Selon ZHAN et *al.*, [305], les valeurs propres des lignées parentales peuvent être un bon indicateur des effets d'AGC. Un croisement entre parents de valeurs d'AGC différentes (forte et faible) produit un effet d'ASC positif [306], cette interaction génétique responsable de fortes valeurs d'ASC peut être de type (additivité X additivité) ou bien de type (additivité X dominance). La première est fixable et est utilisable dans la sélection. Par contre, la deuxième est non fixable [173]. Un ratio (AGC/ASC) proche de l'unité est suggestif de la prédominance des actions génétiques de nature plus additive que non additive [307].

Le rapport variance (AGC/ASC) est inférieur à une unité pour tous les caractères étudiés en effet, La nature des actions des gènes non additifs est plus importante que la nature des actions des gènes additifs. La plupart des travaux de recherche portés sur le mode d'action génique dans la transmission des caractères, chez l'orge, ont affirmé que les effets non additifs sont plus important que les effets additifs, au moins pour un caractère, indiquant ainsi la prédominance d'une action génique de type dominance [308]; [207]; [213]; [309]. Ces résultats sont

confirmés par le modèle HAYMAN [185], qui est valable pour toutes les variables évaluées. En effet, l'influence de l'additivité par rapport à la dominance révèle une égalité entre les deux composantes pour le caractère HPF indiquant une dominance complète. Par contre, la composante non additive est plus importante que la composante additive pour les caractères : LE ; NTE ; NG/E et PRO ce qui signifié une superdominance contrôlant l'expression de ces caractères. Ces résultats sont en accord avec ceux de BUDAK , [214] ; SOYLU, [215] ; SHARMA et *al.*, [216], pour les paramètres HPF ; LE ; NTE et PRO et ceux de ROHMAN et *al.*, [261], pour le caractère NG/E. Concernent le poids de mille graines, une dominance partielle est constatée elle est confirmée par l'importance de la composante additive ($D>H1$), nos résultats sont en accord avec ceux de MEKLICHE et GALLAIS [07], qui rapportent que ce caractère est sous la gouvernance des gènes à action additive. Concernant la distribution des gènes chez les parents, une distribution asymétrique entre les gènes dominants et les gènes récessifs a été constatée pour tous les caractères étudiés ces résultats sont affirmés par BOUZERZOUR et DJEKOUNE [199]. Pour la proportion des gènes dominants et récessifs, Les caractères LE ; NG/E et PMG ont les allèles dominants plus important que les allèles récessifs en effet, les allèles dominants seraient favorables à l'augmentation de ces caractères. Pour HPF; NT/E et PRO un excès des allèles récessifs a été constaté ce qui indique que ces paramètres seraient contrôlés par des allèles récessifs. Une différence significative a été constatée pour la composante environnementale pour tous les paramètres évalués, ces résultats rejoignent ceux de RAHMAN et *al.*, [261]; ESHGHI et AKHUNDOVA [211]; AGHAMIRI et *al.*, [204]; METWALI et *al.*, [212] et PESARAKLU et *al.*, [213]. En effet, de nombreux caractères qui apparaissent quantitatifs sont contrôlés par un déterminisme polygénique avec des influences possibles de l'environnement [310]. Quant à l'héritabilité au sens étroit, elle est faible mais, l'héritabilité au sens large est élevée ce qui signifie une autre fois que la variance due à la dominance et à l'épistasie trans est plus élevée que la variance d'additivité. Des résultats expérimentaux montrent que les caractères liés au développement ont toujours une héritabilité assez forte quelque soit le milieu et la population indiquent une forte variation génétique cependant, d'autres caractères complexes comme la productivité ont souvent une héritabilité faible [109] ; [170]. Une superdominance est constatée pour l'expression des caractères:

fertilité de l'épi; productivité de la plante; longueur de l'épi et le nombre de talles épis ainsi qu'une dominance complète caractérise l'expression de la hauteur des plantes à la floraison. Par contre, une dominance partielle caractérise les gènes contrôlant l'expression du caractère poids de mille grains. Nos résultats sont en accord avec ceux de PAL et KUMAR [311], qui indique une prédominance des effets génétiques dominants dans le contrôle de l'hérédité des caractères: hauteur des plantes; la longueur de l'épi; le nombre de grains par épi et la productivité de la plante. SUNILK et *al.*, [312], appuient ces résultats par la confirmation d'une faible héritabilité de ces caractères, de son côté BERGOUGUI [313], rejoint ces auteurs par les faibles taux d'héritabilité qu'il a trouvé pour ces caractères. Pour le poids de mille grains, nos résultats sont en accord avec ceux de MEKLIICHE et GALLAIS [07], qui rapportent que ce caractère est sous la gouvernance des gènes à action additive.

Enfin, l'analyse de la nature des actions génétiques montre que les effets additifs et non additifs sont impliqués dans le contrôle génétique des variables étudiées avec la prépondérance des gènes à action non additive. Pour les variances d'AGC fortes, le choix dans la formule parentale est efficace donc, Bahia et Plaisant sont les meilleurs pour les caractères productivité de la plante; fertilité de l'épi; longueur de l'épi et hauteur de la plante à la floraison par contre, les génotypes autochtones Saida et Tichedrett sont les meilleurs pour les caractères poids de mille grains et talles épis par plante cependant, le choix des parents, avant l'hybridation, reste prioritaire pour les variances d'ASC faibles.

CONCLUSION GENERALE

Dans le monde comme en Algérie, les rendements des céréales ne cessent d'augmenter, en particulier ceux de l'orge. Cette amélioration revient en partie à la conduite culturale basée sur les techniques les plus modernes mais aussi en grande partie au progrès génétique qui se traduit par l'introduction de nouvelles variétés plus performantes et présentant une grande souplesse d'adaptation aux conditions du milieu et cela pour répondre aux exigences spécifiques de la consommation humaine et animale. En revanche, au bout d'une certaine période, les performances d'une variété peuvent diminuer. Il est important de renouveler de manière régulière la gamme variétale existante. De plus, une bonne compréhension de l'environnement et de l'ampleur de l'interaction génotype x milieu est essentielle dans un programme de sélection car le rendement de l'orge est sous la dépendance des conditions environnementales influençant sa croissance et son développement et sous aussi l'interaction avec la constitution génétique. En plus de la performance globale de la variété, il faut donc, tenir compte de sa réponse aux changements de différents milieux de production. Par conséquent, l'amélioration génétique des céréales est devenue la science et l'art de la création de nouvelles variétés ayant des caractères bien précis. Ainsi grâce aux croisements et à la sélection, des gènes initialement présents chez les parents différents sont associés dans une même variété.

C'est dans ce contexte que la présente recherche a été initiée et qui consiste, dans une première partie, étudier l'effet de l'interaction génotype x milieu sur les caractères agronomiques de six variétés d'orge ceci dans deux sites différents, à savoir une région-humide (Oued Endja) et une région semi-aride (Oued Seguen). Cette approche nous a permis de sélectionner les meilleurs génotypes dans chaque environnement. Dans une seconde partie, le programme de croisement basé sur l'utilisation des cultivars locaux et introduits a permis

d'analyser le mode d'action des gènes ainsi que la transgression des caractères afin de sélectionner les meilleurs géniteurs et les meilleurs hybrides.

Etude de comportement et de la qualité technologique du grain de cultivars d'orge introduits et de la variété locale Saida

L'analyse des caractères à intérêt agronomique en particulier, la productivité et ses composantes dans des milieux favorables et défavorables apparaît comme un outil puissant de diagnostic permettant i) de décrire les comportements variétaux ii) d'évaluer l'équilibre et la compensation entre les caractères iii) la mise en évidence de la réponse à l'optimisation du milieu face à des variations de l'environnement.

Dans le cas de la wilaya de Mila, la zone nord regroupe toutes les conditions pédoclimatiques convenables pour la culture de l'orge. La bonne répartition des pluies rend facile la définition d'un idiotype. Par conséquent, la sélection doit être basée sur des variétés à paille courte et un tallage-épis important. Dans ce site, des variétés comme Fouara et Bahia peuvent être conseillées, les deux variétés locales peuvent être aussi recommandées mais, avec le grand risque de la verse qui est augmentée avec la fertilisation azotée et les fortes précipitations. Dans la zone sud où les variations interannuelles sont significatives, l'utilisation des génotypes locaux reste le meilleur choix. En effet, ces variétés semblent être susceptibles de limiter les effets des contraintes climatiques par la présence d'une hauteur de la plante et une longueur de la barbe importantes. Donc, les génotypes autochtones possédant une longue paille, un PMG élevé et un tallage-épis moyen sont très adaptés aux contraintes environnementales sévères caractérisant les zones semi-arides. Par contre, les cultivars introduits possédant de faibles hauteurs de la paille, un tallage important et une très bonne fertilité de l'épi sont favorables dans les zones humides.

La compensation entre les caractères qui permet d'exprimer la productivité dépend du processus d'élaboration de cette productivité (conditions climatiques) et des processus physiologiques liés au génotype (potentiel génétique). Par conséquent, chaque génotype a sa propre stratégie afin de s'adapter avec les différents types de stress biotique et abiotique. Cependant, la productivité de la plante est étroitement liée au nombre de talles-épis par plante et ce quelque soit le

milieu. En outre, cette composante est corrélée positivement avec le nombre de grains par épi. Par contre, la productivité est corrélée négativement avec le PMG qui est généralement peu maîtrisable car il est fortement lié aux effets de l'environnement au moment de la formation et du remplissage de grains.

Sur le plan technologique, l'évaluation des paramètres technologiques laisse apparaître deux grandes catégories de variétés, celles possédant une très bonne faculté germinative et un faible taux en protéines, cas de la variété à deux rangs, Soufara et de la variété à six rangs Fouara ; la deuxième catégorie est représentée par des variétés à six rangs dont Saida, Tichedrett, Rihane et Bahia qui se caractérisent par une bonne faculté germinative et des teneurs très élevées en protéines, en humidité et en cellulose brute.

Au vu de ces résultats, une présence des différences significatives entre les génotypes, testés sur plusieurs plans, justifiait la mise en place d'un programme de croisements qui s'est basé sur l'exploitation du matériel génétique local et introduit afin d'évaluer les composantes génétiques et le potentiel de sélection de différents caractères.

Hybridation diallèle et analyse génétique des descendance

Cette partie a été réalisée afin d'étudier deux populations d'une génération F1 d'orge issues par un croisement diallèle complet entre les germoplasmes autochtones et introduits. En effet, la mise en évidence de la variation phénotypique et de l'analyse génétique, de différentes variables mesurées chez les hybrides et leurs géniteurs, a été effectuée par l'adoption du modèle de GRIFFING, [184] et de HAYMAN, [185].

L'analyse de la première population de la génération F1 montre un effet variétal significatif pour l'ensemble des paramètres mesurés chez les géniteurs. Par contre, chez les hybrides l'analyse révèle des effets génotypes très hautement significatifs pour tous les caractères testés. Les valeurs moyennes pour l'ensemble des caractères mesurés chez la descendance sont voisines ou supérieures aux valeurs moyennes enregistrées chez leurs parents. L'analyse de la variance des aptitudes à la combinaison réalisée selon le modèle GRIFFING [184], révèle des différences significatives pour l'ensemble des paramètres

évalués. Le rapport AGC/ASC est inférieur à une unité pour tous les caractères étudiés ce qui signifie la prédominance des gènes à action non additive. Ces résultats sont confirmés par la méthode graphique de HAYMAN, [185], indiquant ainsi que la nature des actions des gènes non additifs est plus importante que la nature des actions des gènes additifs. En effet, parmi les dix paramètres analysés, trois caractères seulement, la hauteur de la plante à la floraison ; la longueur de l'épi et la précocité à l'épiaison, sont sous le contrôle des allèles additifs.

L'évaluation de la performance des hybrides d'après le sens du croisement révèle que les hybrides issus de géniteurs femelles sont plus performants pour l'expression des caractères poids de mille grains ; longueur de barbe et longueur du col de l'épi. Par contre, les hybrides issus de parents mâles expriment de meilleures valeurs pour les caractères hauteur des plantes ; longueur de l'épi ; surface de la feuille étendard ; nombre de talles-épis ; nombre de grains par épi et la productivité de la plante.

L'analyse de l'effet hétérosis indique des différences significatives pour tous les caractères testés. En ce qui concerne la productivité de la plante, huit hybrides sur douze ont exprimé un hétérosis positif par rapport au parent moyen, six combinaisons sur douze ont enregistré un hétérosis positif par rapport au parent supérieur et par rapport à la meilleure variété avec un hétérosis globale de 17,53%.

L'analyse de la deuxième population de la génération F1 laisse apparaître la présence d'une large variabilité génotypique aussi bien au niveau des parents qu'au sein des hybrides pour l'ensemble des variables testées. Ces résultats justifiaient la poursuite de l'analyse génétique. Où l'étude de ces effets génétiques par la méthode GRIFFING, [184], a indiqué que les aptitudes générales et spécifiques à la combinaison (AGC et ASC) interviennent d'une manière significative dans l'expression de tous les caractères étudiés chez la F1 alors que, les effets maternels et réciproques ne sont pas significatifs pour tous les paramètres. Le rapport variance AGC/ASC est inférieur à une unité pour tous les caractères évalués. En effet, la nature des actions de gènes non additifs est plus importante que la nature des actions de gènes additifs. Ces résultats sont confirmés par le modèle graphique de HAYMAN, [185], qui a été valable pour

toutes les variables mesurées. Où une superdominance est constatée pour l'expression des caractères: fertilité de l'épi; productivité de la plante; longueur de l'épi et le nombre de talles-épis ainsi qu'une dominance complète a caractérisé l'expression de la hauteur des plantes à la floraison. Par contre, une dominance partielle a caractérisé les gènes contrôlant l'expression du caractère poids de mille grains.

Pour l'analyse des composantes génétiques, l'influence de l'additivité par rapport à la dominance révèle une égalité entre les deux composantes pour le caractère HPF indiquant une dominance complète. Par contre, la composante non additive est plus importante que la composante additive pour les caractères : LE ; NTE ; NG/E et PRO ce qui signifié la présence d'une superdominance contrôlant l'expression de ces caractères. Pour le poids de mille grains, une dominance partielle est constatée, elle est confirmée par l'importance de la composante additive ($D > H1$). Concernant la distribution des gènes chez les parents, une distribution asymétrique entre les gènes dominants et les gènes récessifs a été constatée pour tous les caractères étudiés. Pour la proportion des gènes dominants et récessifs, Les caractères LE ; NG/E et PMG ont les allèles dominants plus importants que les allèles récessifs. En effet, les allèles dominants seraient favorables à l'augmentation de ces caractères. Pour HPF; NTE et PRO un excès des allèles récessifs a été constaté ce qui indique que ces paramètres seraient contrôlés par des allèles récessifs. Une différence significative a été constatée pour la composante environnementale pour tous les paramètres évalués. Quant à l'héritabilité au sens étroit, elle est faible mais l'héritabilité au sens large est élevée ce qui signifie, une autre fois, que la variance due à la dominance et à l'épistasie trans est plus élevées que la variance d'additivité.

Au vu de cette étude, l'analyse de la nature des actions géniques montre que les effets additifs et non additifs sont impliqués dans le contrôle génétique des variables étudiées avec la prépondérance des gènes à action non additive. Pour les variances d'AGC fortes, le choix dans la formule parentale est efficace donc, Bahia et Plaisant sont les meilleurs pour les caractères productivité de la plante; fertilité de l'épi; longueur de l'épi et hauteur de la plante à la floraison par contre, les génotypes autochtones Saida et Tichedrett sont les meilleurs pour les caractères poids de mille grains et talles épis par plante cependant, le choix des

parents, avant l'hybridation, reste prioritaire pour les variances d'ASC faibles. Des possibilités de transgression seraient présentes pour la sélection des caractères testés mais il faut attendre les générations avenir. En effet, les faibles valeurs de l'héritabilité indiquent que l'amélioration de ces caractères par la sélection, à l'intérieur des générations précoces de ce diallèle complet, serait peu efficace. La sélection doit être donc, retardée jusqu'à l'obtention d'un degré d'homozygotie raisonnable.

Perspectives

A l'issue des résultats collectés dans le cadre des travaux réalisés dans cette thèse, plusieurs axes de recherche peuvent être soulevés :

Tout d'abord, la recherche d'autres variétés autochtones et introduites doit être menée de façon à mieux estimer la variation génotypique. Le travail portant sur l'étude du comportement variétal doit être poursuivi par la mise en évidence de l'effet de l'année où, éventuellement l'interaction génotype x environnement x année doit être prise en considération. Les familles de lignées recombinantes actuellement en F4 doivent être analysées. En parallèle, l'exploitation d'une large gamme variétale dans un programme de croisement diallèle complet ou partiel serait nécessaire.

Enfin, l'ensemble des résultats obtenus par le croisement diallèle complet préconisent une suite vers l'haplodiploïdisation permettant une fixation rapide des caractères en ségrégation des hybrides élites afin de pouvoir établir une évaluation des caractères distinctifs d'homogénéité et de stabilité (DHS) ainsi qu'une évaluation des valeurs agronomiques et technologiques(VAT) de ces génotypes.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. FAOSTAT., « Base de données statistiques de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture » 2018. Disponible à: <http://faostat.fao.org> . Accessible le: 30 juin 2019.
2. Newton A.C., Flavell A.J., George T.S., Leat P., Mullholland B., Ramsay L., Revoredo-Giha C., Russell J., Steffenson B.J., Swanston J.S., Thomas W.T.B., Waugh R., White P.J., Bingham I.J.,« Crops that feed the world 4. Barley: a resilient crop, Strengths and weaknesses in the context of food security». Food Security, 2011, 3: 141–178 pp.
3. Bernhard T., Friedt W., Voss-Fels Kai P., Frisch M., Snowdon R. J and Wittkop B.,« Heterosis for Biomass and Grain Yield Facilitates Breeding of Productive Dual-Purpose Winter Barley Hybrids». Crop Science Abstract - Crop Breeding & Genetics,2018,Vol. 57 No. 5, 2405-2418pp.doi:10.2135/cropsci2016.10.0872
4. Agriculture et agroalimentaire Canada., « Orge fourragère : situation et perspectives ». le bulletin bimensuel, 2007, volume 20 N° 15. WWW.agr.gc.ca/madam/ accessible le 9 novembre 2009.
5. Dawson Ian K., Russell J., Powell W., Steffenson B ., TB Thomas W ., WaughR.,«Barley: a translational model for adaptation to climate change». New phytologist, 2015, volume 206(3). <https://doi.org/10.1111/nph.13266>

6. Benmahammed A., « Hétérosis, transgression et efficacité de la sélection précoce et retardée de la biomasse, du nombre d'épis et utilisation des indices chez l'orge (*Hordeum vulgare* L.) ». Thèse Doc. INA, Alger, 2005, 125p.
7. Hanifi-Mekliche L., Gallais A., « Heterosis, genetic effects and value of F2 and doubled-haploid lines in barley breeding ». *Agronomie*, 1999, 509-520pp.
8. Bouzerzour H., Benmahammed A., « Environmental factors limiting barley yield in the high plateau of eastern Algeria ». *Rachis*, 1993, vol 12 N° 1/2. 14-19 pp.
9. Bousba R., Ykhlef N et Djekoune A., « Efficience hydrique et sénescence foliaire chez le blé dur (*Triticum durum* Desf) sous contraintes hydrique : analyse de variabilité génotypique ». X^{ème} Journées Scientifiques –AUF-Constantine 8- 11 mai 2006, 149-150pp.
10. Lillemo M., van Ginkel M., Trethowan R. M., Hernandez E et Crossa J., « Differential Adaptation of CIMMYT Bread Wheat to Global High Temperature Environments ». *Crop Sci*, 2005, 45, 2443–2453pp.
11. Bouzerzour H., et Oudina M., « Association de certains caractères morphologiques au rendement grain chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) en conditions semi-arides ». *Ann. Inst. Nat. Agr. El Harrach*, 1989, 13(1), 157-167pp.
12. Bouzerzour A., Benmahammed A., Benbelkacem T., Hazmoune H., Mimouni S., Bourmel et Mekhlouf A., « Stabilité des performances et caractéristiques phéno-morphologiques de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) issues d'une sélection multilocale ». *Symposium Blé 2000 : enjeux et stratégies/Alger*, 7-9 février 2000, 187-195pp.
13. Assemn N., El Hafid L., Haloui B et El Atmani K., « Effets du stress hydrique appliqué au stade trois feuilles sur le rendement en grains de dix variétés de blé cultivées au Maroc oriental ». *Sécheresse*, 2006, 17(4), 499-505pp.
14. Karrou M., « Contribution à la mise en place d'une approche intégrée de lutte contre la sécheresse chez le blé dur au Maroc ». *CIHEAM*, 2000, 559-567pp.

15. Sassi K et Boubaker M., « Comportement agronomique de lignées allochtones de blé dur dans un milieu semi-aride de Tunisie ». Cahiers Agriculture, 2006, 15 (4), 355-361pp.
16. Trentesaux, E., « Évaluation de la qualité du blé dur ». CIHEAM, 1995, 53- 59 pp.
17. Rosielle, A. A. et Hamblin, J., «Theoretical Aspects of Selection for Yield in Stress and Non-Stress Environment ». Crop Sci 21, 1981, 943-946 pp.
18. Gallais A.,«De la domestication à la transgène. Évolution des outils pour l'amélioration des plantes ».Ed. Quae, 2013, 184 p.
19. Hanifi L., «Contribution à l'étude de l'hétérosis et de l'intérêt des F1, F2 et des lignées haploïdes doubles chez l'orge (*Hordeumvulgare* L.) ». Thèse de doctorat d'État. Univ. Des Sciences et des Technologies de Lille, 1999,177 p.
20. Zhang X.,NivLv., Niv C., Guo B., Xu R.,«Combination of the ability of different agronomic traits and yield factors in hybrid barley». PLoS One, 2015, 10 (6):e0126828. Publié 2015 Jun 10.doi: 10.1371 / journal.pone.0126828.
21. Mühleisen J., Maurer HP., Stiewe G., Bury P., RrifJC.,«Hybrid reproduction in barley». Crop Science,2013, 53 : 819–824 pp.
22. Madić MR., Djurović DS., KnezevićDS., Paunović AS., TanaskovicST.,«Combining abilities for spike traits in a diallel cross of barley». Journal of Central Europran Agriculture,2014, 15 (1): 108-116 pp.
23. Qu Z., Li L., Luo J., Wang P., Yu S., Mou T., Zheng X., Hu Z., «QTL mapping of combining ability and agronomic trait heterosis in recombinant rice recombinant lines and hybrid crosses». PLoS One,2012, 7 (1): e28463.
24. Zhang XZ., Lv LJ., LV C., Xu RG.,«Analysis on the heterosis of the agronomic and yield traits of hybrid barley». Journal of Triticeae Crops,2013, 33 (1): 39–43pp.

25. Klykov A., Pavlova N., Murugova G., «Evaluation of Quantitative Transgression Characteristics of Spring Barley Hybrids ». *Rossiiskaiaselskokhoziaistvennaia nauka*, 2018, (6), 6-8 pp. DOI: 10.31857 / S250026270001835-3
26. Fujimoto R., Uezono K., Ishikura S., Osabe K., Peacock WJ., Dennis ES., «Recent research on the mechanism of heterosis is important for crop and vegetable breeding». *systems Race Sci*, 2018, 68 (2): 145-158pp. doi: 10.1270 / jsbbs.17155
27. Swanson-Wagner RA., R DeCook J Y., Borsuk LA., Nettleton D et Schnable PS., «All modes of action of possible genes are observed in a global comparison of gene expression in a F1 corn hybrid and its parent's». *inbred. Proc Natl AcadSci US A*, 2006, 2 mai; 103 (18): 6805-10pp.
28. Bouchetat F., & Aissat A., « Evaluation of the genetic determinism of an F1 generation of barley resulting from a complete diallel cross between autochthones and introduced cultivars». *Heliyon*, 2019, 5. e02744. [10.1016/j.heliyon.2019.e02744](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02744).
29. Zohary ré. Hopf M., « Domestication des plantes dans l'ancien monde: origine et propagation des plantes cultivées en Asie de l'Ouest, en Europe et dans la vallée du Nil ». 3e éd. New York, 2000, NY Presse universitaire d'Oxford.
30. Pourkheirandish M., Komatsuda T., «The Importance of Barley Genetics and Domestication in a Global Perspective». *Annals of Botany*, October 2007, Volume 100, Issue 5, P999, 1008, 1008. <https://doi.org/10.1093/aob/mcm139>
31. Jestin L., «L'orge, amelioration des espèces végétales cultivées». Ed. INRA, Paris, 1996, 55-70pp.

32. Asfaw Z., vonBothmer R., «Hybridation entre les variétés locales d'orge éthiopienne (*Hordeum vulgare* ssp. *Vulgare*) et le progéniteur de l'orge (H. *vulgare* ssp. *Spontaneum*)». *Hereditas*, 1990, vol 112 : 57-64pp.
33. Doré C., Varoquaux F., « Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées ». Ed. Cemagref, Cirad, Ifremer, INRA. 2006, ISBN : 2-7380-1215-9.
34. vonBothmer R., Jacobsen N., Rasmusson ré. « Origine, taxonomie et espèces apparentées, Orge, vol. 26. Madison, WI. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America». Monographieagronomique de l'ASA, 1985, 19-56 pp.
35. Soleimani V.D., Baum BR., Johnson DA., « Quantification of the retrotransposon». *BARE*. 1 reveals the dynamic nature of the barley genome, 2006, 49: 389-396 pp.
36. Grillot G. « La classification des orges cultivées ». *An. Am. Plantes*, 1959, 4: 446-486pp.
37. Mazoyer M., Aubineau M., Bermond A., Bougler J., Ney JR., « Larousse agricole ». Ed. Larousse, Paris, 2002, 767 p.
38. Simon F., « Identification et classification des variétés d'orges cultivées en France, étude des variétés ». *SEI Etude* 55, 1986, 2 p.
39. Bonjean A., Picard E., « Les céréales à paille. Origine, histoire, économie et sélection ». Ed. Nathan, 1990, 235 p.
40. Moule C., « Orge .P. 155-188 in : céréales ». Pub., la maison rustique, Paris, 1980.

41. Griffey C, Brooks W, Kurantz M, Thomason W, Taylor F, Obert D, Moreau R, Flores R, Sohn M, Hicks K., « Grain composition of Virginia winter barley and implications for use in feed, food and biofuels production ». *Journal of Cereal Science*, 2010, 51:41-49pp. DOI:10.1016/j.jcs.2009.09.004
42. Tricase C., Amicarelli V., Lamonaca E et Leonardo Rana R., « Analyse économique du marché de l'orge et des utilisations connexes, graminées comme denrées alimentaires et aliments pour animaux ». ZerihunTadele, IntechOpen, 5 novembre 2018, DOI: 10.5772 /intechopen.78967. Disponible à l'adresse suivante: <https://www.intechopen.com/books/grasses-as-food-and-feed/economic-analysis-of-the-barley-market-and-related-uses>
43. USDA/FAS (United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Systems), « Market and Trade Data/PSD Online/Custom Query».[Internet], 2018, Available from: [Accessed: March 10, 2018] <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery>.
44. Ullrich SE., «Significance, adaptation, production, and trade of barley». In: UllrichSE, editor. *Barley: Production, Improvement, and Uses*. Oxford: Wiley-Blackwell, 2011, 3-13pp. DOI: 10.1002/9780470958636.ch1
45. Kant L, Amrapali S, Babu BK., «Genetic and Genomic Resources for Grain Cereals Improvement », *Barley*. In: Upadhyaya MSH, editor. San Diego: Academic Press, 2016, 125-157pp. DOI: 10.1016/B978-0-12-802000-5.00003-4
46. Ajanovic A., « Biofuels versus food production: Does biofuels production increase food prices? ». *Energy*. 2011;36:2070-2076 pp. DOI: 10.1016/j.energy.2010.05.019
47. USDA (United States Department of Agriculture). «Saudi Arabia Grain and Feed Annual». 2017 [Internet], 2017, Available from:

- https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Grain%20and%20Feed%20Annual_Riyadh_Saudi%20Arabia_4-2-2017.pdf[Accessed: March 10, 2018]
48. Godon BetWillm C., « Les Industries de Première Transformation des Céréales ».ed. Tec & Doc. Lavoisier, Paris, 1991, 679 p.
 49. Godon B., « La composition physicochimique des céréales : un atout pour leur utilisation » In : Utilisation industrielle non alimentaire du blé et du maïs, Symposium International, ed. APRIA, Paris, 1986, pp: 5-34.
 50. Zhu, Fan. «Barley Starch: Composition, Structure, Properties, and Modifications: Barley starch review». Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2017, 10.1111/1541-4337pp.12265.
 51. Fox GP., « Composition chimique des grains d'orge et qualité du malt ». Dans:Zhang,GP., Li, CD (Eds.), « Génétique et amélioration de la qualité de l'orge malt ». Springer, Presse de l'Université du Zhejiang, Hangzhou, ZJ, 2010,63–98pp.
 52. Shewry, PR ; Ullrich, SE. **Editors:** Shewry, PR ; Ullrich, SE., «Orge: chimie et technologie» No.Ed.2, 2014, 336 p.
 53. Dehaas BW., Goering KJ., « La structure chimique des amidons d'orge: une étude de les propriétés de l'amylose et de l'amylopectine à partir d'amidons d'orge présentant une large variation des courbes de viscosité de cuisson Brabender ». Amidon 24,1972, 145-149 pp.
 54. Holtekjolen AK., KinitzC., Knutsen SH., « Flavanol et acide phénolique lié contenu dans différentes variétés d'orge». J. Agric. Food Chem,2006, 54, 2253-2260 pp.

55. Asare EK., Jaiswal S., Maley J., Båga M., Sammynaiken R., Rossnagel BG., Chibbar RN., « Les composants du grain d'orge, la composition de l'amidon et sa structure ont une incidence sur l'hydrolyse enzymatique *in vitro* de l'amidon » . *J Agric Food Chem*, 2011, 59 : 4743 – 54 pp.
56. Baik BK., Ullrich SE., « Orge à usage alimentaire: caractéristiques, amélioration et regain d'intérêt » . *J Cereal Sci*, 2008, 48: 233 - 42 pp.
57. Stanca AM., Gianinetti A., Rizza F., Terzi V., « Orge: aperçu d'un grain de céréale polyvalent ayant de nombreuses utilisations dans l'alimentation humaine et animale ». Dans CW Wrigley, H Corke, K Seetharaman, J Faubion, éditeurs. *Encyclopédie des céréales alimentaires*, 2016, 2e Ed. Oxford : Elsevier. 147 - 52 pp.
58. Gao J., Vasanthan T., Hoover R., « Isolement et caractérisation des isolats d'amidon de haute pureté à partir de grains d'orge ordinaires, cireux et à haute teneur en amylose » . *Cereal Chem*, 2009, 86 : 157 – 63pp.
59. Sagnelli D., Hebelstrup KH., Leroy E., Rolland-Sabaté A., Guilois S., Kirkensgaard JJK., Mortensen K., Lourdin D., Blennow A., « Amidons végétaux pour la production de bioplastiques ». *Glucides Polym*, 2016, 152 : 398 – 408pp .
60. Alijosius., Saulius & Švirmickas G.J., & Kliseviciute Vilma., Gruzauskas Romas., Sasyte Vilma., Racevičiute-Stupeliene A., Dauksiene Agila., Dailidavičienė Jurgita., « The chemical composition of different barley varieties grown in Lithuania ». 73, (2016), 9-13pp.
61. Martin, Hilary & Bamforth, Charles., « The relationship between β -glucan solubilase, barley autolysis and malting potential ». *Journal of the Institute of Brewing*, 1980, 86p. 10.1002/j.2050-0416.1980.tb06869.x.
62. Lardy GP., Ulmer DN., VL Anderson et JS Caton., « Effets de l'augmentation du niveau d'orge supplémentaire sur la consommation de fourrage, la digestibilité

- et la fermentation dans le ruminal chez les bovins de boucher nourris à la nourriture ». J. Anim. Sci, 2004, 82: 3662-3668 pp
63. Rosser CL., Beattie AD., Block HC., McKinnonJJ., Lardner HA., Górká P et Penner GB., « Effet de la maturité à la récolte pour l'orge et l'avoine de la culture entière sur la consommation de matière sèche, le tri, et la digestibilité lorsque nourris au bétail de boucherie ». J. Anim. Sci , 2016, 94: 697-708 pp
64. Bouzarzour H., Monneveux P., « Analyse des facteurs de stabilité du rendement de l'orge dans les conditions des hauts plateaux de l'Est algérien ». séminaire sur la tolérance à la sécheresse des céréales en zones méditerranéennes. INRA Ed. les colloques, 1992, 64 : 139-148pp.
65. SomelK.,«The importance of barley in food production and mand in west Asia and North Africa. Proceeding on increasing small ruminant's productivity in semi arid areas». Ed. E.F Thomson and F.J Thomson,(1990),27-35pp.
66. Mossab M.,« Contribution à l'étude de l'exploitation à double fin de l'orge (*Hordeumvulgare L.*) en zones semi-arides d'altitude », thèse, INA, Alger,(2007), 140 p.
67. Gate B., Crosson P., Couvreur P., « Mieux connaitre l'orge ». Perspectives agricoles, 1996,100 : 18-23pp.
68. FAOSTAT. « Division de statistiques ». WWW.fao.org , accessible le 16 décembre 2017.
69. Hakimi M., « Les systèmes traditionnels basés sur la culture de l'orge ». Proc. Symp. On the agrometeorologyofrainfed based farming system, 1989, Eds. WMO/ ICARDA. 179-183 pp.
70. Sekkate M.R., LeghzaliH.,«L'orge pivot de l'alimentation animale ». Terre et vie, 1999,34 : 23-28pp.

71. Bœuf F., Vasseau A., « Recherche et expérimentation en agriculture ». T1,(1949), 66-67pp.
72. Ney B., Bannerot H., Chaillou S., Dorion N., « Production végétale, Larousse agricole ». Ed. Larousse. Paris, 2002, 767 p.
73. Benmahammed A., « Association et héritabilité de quelques caractères à variation continue chez l'orge (*Hordeum vulgare* L. ». thèse de magister INA, Alger, 1995, 80 p.
74. Bensalem M., « Etude comparative de l'adaptation à la sécheresse du blé dur et du triticale. Tolérance de la sécheresse des céréales en zones méditerranéennes, diversité génétique et amélioration variétale ». Ed. INRA, Paris, Les colloques, 1993, 64 :292-309 pp.
75. Brown S.C., Gregory P.J., Wahbi A., « Root characterization water use in Mediterranean environment in drought tolerance in winter cereal ». Edi. John Wiley and sons, N.Y, 1987, 275-283 pp.
76. Elmourid M., Alouali A., Ambri A.M., Aloumari M., Goebel W., « Caractérisation agro écologique : outil de gestion et d'aide à la décision en 39. agriculture aléatoire ». Acte du 1^{er} symposium international sur la filière blé, enjeux et stratégie, Alger, 7-9 février 2000, 99-104 pp.
77. Benkharbache N., « Contribution de la sélection à l'amélioration et à la stabilité du rendement de l'orge (*Hordeumvulgare*L.) en zone semi aride d'altitude ». thèse de magister, INA, Alger, 2002, 54 p.
78. Benkharbache N., Bouzarzour H., Benmahammed A., Hassous K.L., « Contribution des nouvelles obtentions à l'amélioration et à la stabilité du rendement d'orge (*Hordeumvulgare* L.) en zone semi-aride d'altitude ». recherche agronomique de INRAA, 2002, 10 : 45-58pp.

79. Benmahammed A., « La production de l'orge et possibilité de développement en Algérie ». Céréaliculture, 2004, 41 :34-38pp.
80. Chehat F., Djenane A., Jouve M.A., « Les stratégies de mise en marché des céréales par les agriculteurs dans la région de Sétif ». Rapport SEFCA. TIII. 25 p
81. Zeghouane O., Boufnare Z.F., Yousfi M., « La technologie semencière, la production de semences des céréales à paille en Algérie ». ITGC, deuxième édition ,2008, 138 p.
82. Sekkate M.R., Leghzali H., « L'orge pivot de l'alimentation animale ». Terre et vie, 1999, 34 : 23-28 pp.
83. Benmahammed A., « Communication au cours de séminaire international sur le développement de la production et de la commercialisation de l'orge ». Rebat,1998,23-25 pp.
84. Maciejewski J., « Semences et plants ». Ed. Technique et documentation Lavoisier. 1991. 233 p.
85. Bouchetat F ; Aissat.A ., « Hybridation de l'orge en vue de l'obtention de lignees issues de la variete locale saidaadaptees a la zone sub-humide centre », thèse de magister, USD, Blida, 2011, 177 p.
86. Djili K., Daoud Y., « Influences des hauteurs des précipitation des calcaire et du pourcentage de sodium échangeable dans les sols du nord de l'Algérie ». sécheresse, 2000, (1) 11 : 37-43pp.
87. Oulddaoudi M., Gaudin F., « Composition et valeur nutritionnelle de quelques aliments d'Algérie et plantes sauvages de Kabylie ». INN.NUT. ALIN.V.1979, 24 N° 6.B, 107 p.

88. Bouzarzour H., « Sélection pour le rendement en grain, la précocité, la biomasse aérienne et l'indice de récolte sur les orges en zones semi-arides ».thèse doctorat d'Etat, université de Mentouri, Constantine, 1998, 170 p.
89. Bouzarzour H., Djekoun A., « La biomasse comme critère de sélection pour améliorer le rendement du blé dur (*Triticum durum* Desf) en zone semi-aride ».analyse de l'institut national agronomique, El Harrach, Algérie, 1996, 20 :117-125pp.
90. Ali Dib T., Monneveux P., « Adaptation à la sécheresse et notion d'idéotype chez le blé dur.I. Caractères morphologiques d'enracinement ». Agronomie, 1992, 12 : 371-379pp.
91. Khaldoun A., Djennadi F., Bellah F., « Développement des fourrages en Algérie dans le cadre du PNDA, actes du 1^{er} atelier national sur la stratégie de développement des fourrages en Algérie ». 10-12 juin 2001, Alger : 12-17pp.
92. Bouzarzour H., Benmahammed A., Abbas K., « Les céréales, les légumineuses alimentaires, les plantes fourragères et pastorales », Recueil des communications du 3^{ème} atelier sur : biodiversité importante pour l'agriculture », MATE-GEP/PNUD. Evaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires à la conservation et à l'utilisation durable de la biodiversité importante en agriculture, Alger, 22-23 janvier 2003 :3-18pp.
93. Boufnar Z.F., Zaghouane O., « Diagnostic de la production semencière et du système de distribution et analyse des facteurs liés à l'utilisation des nouvelles variétés de blé dur dans la zone du projet (Tiaret- Tissemsilt) projet de recherche intégrée et d'études socio-économiques sur le blé dur (IRDEN) ».ITGC/ICARDA/ IFAD,2004 ,40p.
94. Boufnar Z.F., Zaghouane O., Zaghouane F., « Guide des principales variétés de céréales à paille en Algérie (blé dur, blé tendre, orge, et avoine) », Première Edition, 2006, ITGC/ ICARDA /CNCC/MADR, 154 p.

95. Bouzarzour H., Sahraoui A., « Performances des nouvelles variétés de céréales en milieu producteur ». document interne, ferme expérimentale, ITGC, Sétif, 1989, 9 p.
96. Rachedi M.F. « Les céréales en Algérie, problématique et option de réforme ». Ed. ITGC., Céréaliculture, 2003, N°38.
97. DSA,(Direction des services agricoles) ,« Statistiques agricoles, superficies et productions ». Ed. Direction des statistiques agricoles et des systèmes d'information de la DSA de Mila, 2009-2019.
98. Taylor, J, « Plantes tolérant la sécheresse ». Ed. La Maison Rustique, 1994, 192p.
99. Monneveux Ph., « Quelles stratégies pour l'amélioration génétiques de la tolérance au déficit hydrique des céréales d'hiver ?. In l'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides ». Ed. AUPELF. UREE. John LibbeyEurotext.Paris, 1991, 165-186pp.
100. El Jaafari S., Lepoivre P et Semal J., « Implication de l'acide abscissique dans la résistance du blé à la sécheresse. In Quel avenir pour l'amélioration des plantes ? ». Ed. AUPELF-UREF. John LibbeyEurotext. Paris, 1995, 141-148pp.
101. Di Fonzo N., Flagella Z., Camplanile R.G., Stoppelli M.C., Spano G., Rascio A., Russo M., Trono D., Padalino L., Laus M., De Vita P., Shewry P.R., Lawlor D et Troccoli A., «Resistance to abiotic stresses in durum wheat : Which ideotype ?». CIHEAM, 2000, 215-225 pp.
102. Bustos-Korts D., Romagosa I., Borràs-Gelonch G., Casas AM, Slafer GA, van Eeuwijk F.,«Genotype by Environment Interaction and Adaptation». Dans: Meyers R. (eds) Encyclopedia of Sustainability Science and Technology. Springer, 2018, New York, NY.

103. Verrier E., Brabant PH., Gallais A., « Faits et concepts de base en Génétique quantitative. Hérité et milieu ». II. INA Paris- Grignon, 2001, 133p.
104. Talbert L. E., Blake N. K., Storlie E. W et Lavin M., « Variability in wheat based on low copy DNA sequence comparisons ». *Genome*, 1995, 38, 951-957pp.
105. Mackenzie A., Ball A.S. et Virdee S.R., « L'essentiel en écologie ». BENTI, Paris, 2000, 363 p.
106. Delourme D., « Génétique ».ed. Dunod, Paris, ISBN 2100047523, 1999, 63 p.
107. Monneveux P. et This D., « La génétique face au problème de la tolérance des plantes cultivées à la sécheresse : espoirs et difficultés ». Synthèse, Ed. INRA, Paris, 1997, 29-36pp.
108. Feldman M., « Origin of Cultivated Wheat ». Dans Bonjean A.P. et Angus W.J., Ed. *The World Wheat Book: a history of breeding*. Intercept Limited, Andover, Angleterre, 2001, 3-58pp.
109. Gallais A., « Théorie de la sélection en amélioration des plantes ». Massou, Paris, 1990, 45-382pp.
110. Gallais A., « Bases génétiques et stratégie de sélection de l'adaptation générale », *Sel Fr.*, 42, 1992, 59-78pp.
111. Lefebvre V., Pflieger S., « L'approche gène candidat pour la caractérisation moléculaire et fonctionnelle de locus de résistance aux parasites chez les plantes ». *Sel Fr.*, 51, 2000, 31-45pp.
112. Zhang J., Nguyen HT., Blum A., « Genetic analysis of osmotic adjustment in crops plants ». *J. Exp. Bot.*, 50, 1999, 291-302 pp.
113. Cook, J., Johnson, V.A. et Allan, R. E. 1991. « Le blé ». Pp27-38. In *Méthodes traditionnelles de sélection des plantes : un aperçu historique destiné à servir*

- de référence pour l'évaluation du rôle de la biotechnologie moderne. Organisation de Coopération et de Développement Economiques, 249p.
114. Teulat-Merah, B., Ben Salem, M., Zoumarou, W., Bahri, H., Douimi, R et This, D, « Etude de la tolérance à la sécheresse chez les céréales ». 2001, 493-516pp.
115. Acevedo E., Craufurd P.Q., Austin R.B., Pereambz-Marco P., « Traits associated with high yield in barley in low-rainfall environments ». J. Agric. Sci-C, 1991, 116:23-36pp.
116. Ceccarelli s., Grandò S., Hamblin J., « Relationships between barley grains measured in low and high yielding environments », Euphytica, 1992, 64: 49-58pp.
117. Slama A., Ben Salem M., Ben Naceur M et ZidEzzidine., « Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance ». Sécheresse ; 16(3), 2005, 225-229pp.
118. Levitt, J, « Responses of plants to environmental stresses ». Ed. Academic Press, INC.USA, 1980, 607p.
119. Tardieu, F et Zivy, M., « Amélioration génétique de la tolérance des cultures à la sécheresse ». Sécheresse et Agriculture, INRA Montpellier, 2006, 242-257pp.
120. Oosterom V.E., Ceccarelli S., Peacock J.M., « Yield response of barley rainfall and temperature in Mediterranean environments ». Journal of agriculture science, 1993, 121: 307-313 pp.
121. Bouzarzour H., Benmahammed A., « Analyse graphique d'un croisement diallèle sur orge (*Hordeum vulgare L.*) ». Céréaliculture, 1995, 28 : 8-12 pp.

122. Hadjichritodoulou A., « Dual purpose barley ». Technical bulletin of agriculture research institut, Nicosia, Cyprus, 1983, 46: 9 p.
123. Abbassene F., Bouzarzour H., Hachemi L., « Phénologie et production du blé dur (*Triticum durum* Desf.) en zone semi-aride d'altitude ». Annales agronomiques INA, 1997, 18 : 24-36pp.
124. Bahlouli F., Bouzarzour H., Benmahammed A., « Cinétique d'accumulation et de repartition de la biomasse chez des géotypes contrasté d'orge (*Hordeum vulgare* L.) ». Revue Sciences et Technologies de l'université de Constantine, 1998, 13 : 59-64pp.
125. Edhaie B., Waines J.G., Hall A.E., « Differential responses of landraces and improved spring wheat genotype to stress environment ». Crop Science, 1988, 28: 838-842 pp.
126. Fischer R.A., kertesZ Z., « Harvest index in spaced population and grain weight in micropots as indicator of yielding ability in spring wheat ». Crop Science, 1976, 16: 55-59 pp.
127. Deraissac M., « Mécanisme d'adaptation à la sécheresse et maintien de la productivité ». Agro Tropicale, 1922, 46: 29-39pp.
128. Ceccarelli S., « Utilisation of landraces and *Hordeum spontaneum* in barley breeding for dry areas at ICARDA ». Rachis, 1984, (3), 2: 8-11pp.
129. Ceccarelli S., Grando S., Van leur J.A.G., « Barley landraces of the fertildesert offer new breeding options for stress environments ». Diver Sity, 1995, (11), 1-2: 112-113 pp.
130. Belkassem E., This D., Monneveux P., « L'adaptation génétique face aux contraintes de sécheresse ». Cahier de l'agriculture, 1996, 4 : 251-261pp.

131. Bouzarzour H., Oudina A., « Variabilité du rendement de l'orge sous l'influence du climat des hauts plateaux ». séminaire WOM, Ed. ICARDA, 1989, 109-119 pp.
132. Benmoussa M., Achouch A., Zhu J., « QTI of genetic effects and genotype × environment interaction effects for yield component of rice (*Oryza sativa* L.) ». Journal of agriculture et environment, 2005, vol.3 et 4: 133-137pp.
133. Austin R.B., Morgan C.L., Ford M.A., Blackwell R.D., «Contribution to grain yield from preanthesis assimilation in tall dwarf phenotypes in two contrasting seasons». Annals of botany, 1980, 45: 309-319 pp.
134. Gill K., Bhullard G.S., Mahal G.S., « Combining ability in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) ». Crop improvement, 1979, 6: 30-35pp.
135. Ceccarelli S., Grando S., « Selection environment and environmental sensitivity in barley ». Europhytica, 1991, 57: 157-167pp.
136. Bouzarzour H., Benmahammed A., « Environemental factors limiting barley grain yield in the high plateau of eastern Algéria ». Rachis, 1994, 7:11-14pp.
137. Boubaker M., Benhammouda M., Sakouhi L., « Adaptation et stabilité du rendement de trios espèces céréalières dans les zones semi-arides et sub-humides de la Tunisie ». sécheresse, 1999, (4), 10 : 273-279pp.
138. Karrou M., «Caractérisation de la croissance du grain et recherche des parents pour l'amélioration du taux du remplissage du grain et du rendement de l'orge en bour au Maroc ». Al Awamia, 2003, 107 : 87-101pp.
139. Fonseca S., Patterson F.L., « Yield component heritability interrelationships in winter wheat ». crop science, 1968, 8: 614-617pp.

140. Allard R.W., Bradshaw A.D., « Implication of environment interaction in applied plant breeding ». *Crop sci.* 1964, 4: 503-508 pp.
141. Gallais A., « Hétérosis et variétés hybrides en amélioration des plantes » .Ed. Quae, 2009, 365 p.
142. Ramage R.T., « Heterosis and hybride seed production in barley ». Ed. Springer, 1983, verlag Brin,.
143. Simon H., Coddaccioni P., Lecoeur X., « Produire les céréales à pailles, Agriculture d'aujourd'hui scientifiques et techniques d'adaptation ». Eds. Tec et Doc. Lavoisier, Paris, 1989, 333 p.
144. Upadhyaya B.R., Rasmusson D.C., « Heterosis and combining ability in barley ». *Crop Sci*, 1967, 7: 644-647pp.
145. Gebrekidan B., Rasmusson D.C., « Evaluating parental cultivars for use in hybrids and heterosis in barley ». *Crop Sci.*, 1970, 10: 500-502 pp.
146. Matchett R.W., Cantu O.P., « Hybrid barley and an elusive 8 year chase ». *Barley newslett*, 1977, 20: 130-139 pp.
147. Maciejewski J., « Semences et plants », Ed. Technique et documentation Lavoisier. 1991. 233 p.
148. Immer F.R., « Relation between yielding ability and homozygosis in barley crosses ». *J. Am Soc Agron*, 1941, 33: 200-206pp.
149. Wienhues F., « Long-term yield analyses of heterosis in wheat and barley: variability of heterosis, fixation of heterosie ». *Ephytica* 17, Suppl, 1968, 1: 49-62pp.

-
150. Nettevic E.D., Sergeev A.V., «Hybrid barley-review ». Sel'SkochozBiol, 1973, 8: 224-233 pp.
151. Bogomolov A.M., Grib S.I., «The manifestation of heterosis in F1 hybrids of spring barley ». S.B NauchnTrBelorussSel'SkochozAkad, 1971, 80: 19-28 pp.
152. Krivogornicyn B.L., «Grain yield formation in heterosis hybrids of spring barley». SelekcijaSemenovc, 1972, 172, 6: 56-57 pp.
153. Gorastev H., «Studies on heterosis in barley», Genet Selekcija (Sofia), 1973, 6:81-87 pp.
154. Hayes J.D., Foster C.A., «Heterosis in self-pollinating crops, with particular reference to barley heterosis ». in Jonossy A., Lupton FGH. Ed. Plant breeding, akademiakiado, Budapest, 1976, 239-256 pp.
155. Johnson C.F., «Genotype-environment interaction effects in F1 barley hybrids». Euphytica, 1977, 26:67-73 pp.
156. Scholz F., Kunzel G., « Zur problematic der hybridgerste». Tag BerAkad. LanddwirtshWiss DDR, 1983, 122: 265-271 pp.
157. Lehmann L., Hagoorg P., Hagberg G., «Pollen lethal induced with sodium azide». Barley Genet N newslett , 1979, 9: 57-58 pp.
158. Lehmann L., «Where is hybrid barley», Barley Genet, 1982, IV 120.
159. Pawlisch PE., Dijk Van AH., «Forage and grain production of four F1 barley hybrids and their parents». Crop Sci, 1965, 5: 135-136 pp.
160. Suneson CA., Dickson AD., «Hybrid barleys are coming». Master Brewers AssocAmtech Q, 1966, 3: 185-188 pp.

161. Adoptif AE., Shooler AB., «Cytoplasmic male sterility in barley hybrids». J Hered, 1968, 58: 206- 211 pp.
162. Fejer SO., Fedak G., «Heterosis and combining ability in a diallel cross of six-rowd spring barley selections». Barley Genet III, 1976, 797-801 pp.
163. Grafius JE., « Heterosis in barley », Agron J., 1959, 51 : 551-554 pp.
164. Lints F., « Génétique ».Ed. Technique et documentation, Paris, 1987, 539 p.
165. Demarly Y., « Génétique et amélioration des plantes ». Collection des sciences agronomiques, Eurotext, Paris, 1977, 152 p.
166. Vilain M., « Production végétale », T. 1. Les composantes de la production, Ed. J.B. Balliere et fils, Paris, 1987, 403 p.
167. Boyeldieu J., « Les cultures céréalières », Nouvelle encyclopédie des connaissances agricoles, Ed. Hachette, 1982, 256 p.
168. Demarly Y., « Génétique des tétraploïdes et amélioration des plantes », An. Am. Des plantes, 1963, N° 13 (4), 1963, 307-498 pp.
169. Lefort G., « Les distances génétiques : estimation et application ». Ed. INRA, France, 1985, 103-114 pp.
170. Khaldoun A., Bellah F., Mekliche L., « L'obtention variétale en Algérie, cas des céréales à paille ». Ed. Institut National de la Recherche Agronomique d'Alger, 2006, ISBN: 9961-881-10-9. 82 p.
171. Parnes J., « gestion des ressources génétiques des plantes ». Ed. agence de coopération culturelle et technique, Paris, 1984, ISBN : 9026-9026 pp.
172. Gallais A., « modèle pour l'étude des effets génétiques ». An. Am. des plantes, 1967, N° 17(3), 229-241 pp.

173. Falconer D., « introduction to quantitative genetics par Oliver and Royd ». Ed. Masson et Cie, 1972, 284 p.
174. Gallais A., « Amélioration des populations, méthodes de sélection et création de variétés. Bases génétiques pour l'étude de la sélection récurrente réciproque ». An. Am. des plantes, 1978, N° 28, 637-666 pp.
175. Oulie., « Amélioration des plantes ». Ed ; C.N.P.R., 1986, 96 p.
176. Ecochard R., « Triticum d'Ethiopie ». An. Am. des plantes, 1963, N° 13(1), 5-25 pp.
177. Gallais A., « Extrait sur la signification de l'aptitude générale à la combinaison ». INRA de France, 1974, 11 p.
178. Ecochard R., et Huet J., « Contribution à l'étude de la génétique quantitative chez une plante autogame : blé ». An. Am. des plantes, 1961, N° 11, 25-59 pp.
179. FEYT., « étude critique de l'analyse des croisements diallèles au moyen de la simulation ». An. Am. des plantes, 1967, N° 26 (2), 24 p.
180. Cousin R., « Les essais diallèles ». Le sélectionneur français, 1969, N° 16, 5-7pp.
181. Schwendiman J. Cateland B., « méthodologie pratique pour l'analyse d'un croisement diallèle ». Laboratoire de cytogénétique, Cote d'Ivoire, 1976, 40 p.
182. Thomas., « Analyse diallèle, utilisation et interprétation des méthodes d'analyse diallèle », ENSA, Montpellier, 1987, 11 p.
183. Berbegier A., « dernier résultat de l'étude d'un croisement diallèle chez l'orge » An. Am. des plantes, 1968, N° 18 (2), 139-157 p.

184. Griffing B., «Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems». *Aust. J. Biol. Sci.* 9, 1956, 463-493pp.
185. Hayman B.I., «The theory and analysis of diallel crosses». *Genetics*, (1954), 39, 789-809pp.
186. Farshadfar E., Mahmodi N., & Yaghotipoor A., «AMMI stability value and simultaneous estimation of yield and yield stability in bread wheat (*Triticum aestivum* L.)». *Australian journal of crop science (AJCS)*, (2011), 5(13):1837-1844 pp.
187. Sharma., Yogendra & JOSHI ., «Combining ability analysis for yield and yield contributing characters in six-rowed barley». (2002).
188. Sethi S. K., Paroda R. S., and Singh D., «Combining ability for harvest index and grain yield in barley». *Crop Improv*, 1987, 14: 2, 157-159 pp.
189. Kudla M., Kudla M. M., and Czembor H. J., «Combining ability of varieties and effects of gene action in spring barley mutants». *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roslin*, 1988, 167: 3-12 pp.
190. Leistrumaite A. K., «Combining ability of barley varieties in diallel crosses». *Nauchno Tekhnicheskii Byulleten' Vsesoyuznogo Ordena Leninai Ordena Druzhby Narodov Nauchno I ssledovatel'skogo Instituta Rasteniievodstva menii N. I. Vavilova*, 1989, 188: 26-27 pp.
191. Bhatnagar, V. K., and Sharma S. N., «Diallel analysis for combining ability for grain yield and its components in barley». *Indian J. Genet.* 55: 3, 1995, 228-232 pp.
192. Bhatnagar V. K., and Sharma S. N., «Diallel analysis for grain yield and harvest index in barley under diverse environments». *Rachis*. 16 : 1-2, 1998, 22-27 pp.

193. Zao L. Q., Lu M. Q., Wang N. L., and Li G. M., «Genetic analysis of agronomic traits in two-rowed barley». *Acta Agric. Shanghai* 7:3, 1991, 93-96 pp.
194. Guo Y. Y., and S. Y. Xu., « Genetic analysis of yield traits in two-rowed barley». *Acta Agric. Zhejiangensis* 6:3, 1994, 156-60 pp.
195. Phogat D. S., Singh D., Dahiya G. S., and D. Singh. «Genetics of yield and yield components in barley (*Hordeum vulgare* L.)». *Crop Res. Hisar*. 9: 3, 1995, 363-369 pp.
196. Madic M., «Inheritance of spike traits and grain yield in barley (*H. vulgare* L.) hybrids». *Rev. Res. Work, Fac. Agric. Belgrade*, 1996, 41: 1, 53-65 pp.
197. El-Seidy E. S. H., «Inheritance of earliness and yield in some barley crosses». *Ann. Agric. Sci. Moshtohor*, 1997a, 35: 2, 715-30 pp.
198. El-Seidy E. S. H., «Inheritance of plant height, grain yield and its components in three barley crosses (*Hordeum vulgare* L.) ». *Ann. Agric. Sci. Moshtohor*, 1997b, 35: 1, 63-76 pp.
199. Bouzerzour H., and A. Djakoune., «Inheritance of grain yield and grain yield components in barley». *Rachis*, 1998, 16: 1-2, 9-16 pp.
200. Lal Ch., Shekhawat A., Rajput S., Singh J ., Sharma Sh., «Combining Ability Analysis for Grain Yield and Its Attributing Traits in Six-rowed Barley (*Hordeum vulgare* L.)». 6, (2018), 408-414 pp.
201. Yilmaz R., and Konak C., «Heterotic effects regarding salt tolerance in some characters of barley (*Hordeum vulgare* L.) ». *Turk. J. Agric. For.* 24, (2000), 643-648 pp.

202. Ali A., Mageed M., Ahmed I. and Mariey S., «Genetic and molecular studies on barley salt tolerance». In: African Crop Science Conference Proceedings, (2007), Vol. 8, 669-682pp.
203. Potla K., Bornare S., Prasad L., Prasad R and Madakemohekar A., «Study of heterosis and combining ability for yield and yield contributing traits in barley (*Hordeum vulgare* L.) ». The Bioscan, 8(4), 2013, 1231-1235 pp.
204. Saad F., El-Mohsen A.A., El-Shafi M.A., and Al-Soudan I., «Genetic behavior of grain yield and its components in barley crosses under water stress and non-stress conditions». Scientia, 1, 2013, 45-55 pp.
205. Aghamiri, S., Mostafavi, K. and Mohammadi A., «Genetic study of agronomic traits in barley based diallel cross analysis». Advances in Environmental Biology, 2012, 6, 62-68pp.
206. Tofiq S.E., Amin T.N.H., Abdulla S.M.S., and Abdulkhaleq D.A., «Genetic analysis in some barley varieties and their hybrids in F2 generation». Int. J. Plant Ani. Environ. Sci. 5, 2015, 208-217 pp.
207. Patial M, Pal D and Kumar J., «Combining ability and gene action studies for grain yield and its component traits in barley (*Hordeum vulgare* L.)». SABRAO J. Breed. Genet, 2016, 48, 90-96 pp.
208. Sultan M S., Abdel-Moneam M., UNE et Haffez S. H., « Estimation de combiner aptitude pour rendement et ses Composants dans orge sous normal et stress sécheresse état ». J. Plante Production, Mansoura .Univ., 2016, 7 (6): 553-558 pp.
209. Ram M et Shekhawat AS., « Génotypique écarts et les interactions avec environnements dans orge géotypes en utilisant moitié Diallel une analyse pour grain rendement et ses personnages associés ». Forage Res., 2017, 43(10) :22-25pp.

210. Mansour MA., «Genetic analysis of earliness and yield component traits in five barley crosses». *Journal of Sustainable Agricultural Science*, 2017, 43 (3): 165-173.
19. Mather K and JL Jinks. 1971. *Biometrical Genetics*. 2nd edition. Chapman and Hall, London , 382p.
211. Eshghi R., Akhundova E., « Genetic analysis of grain yield and some agronomic traits in hulless barley». *Afr. J. Agric*, 2009, Res.4.1464-1474pp.
212. Metwali E.M.R., Abd El-Haleem S.H.M., El-Saeid R.A.R., Kadasa N.M.S., «An investigation of gene action on different traits of barley (*Hordeum vulgare*L.) using partial diallel crosses system». *Life Sci*, 2014, J. 11, 64–71pp.
213. Pesaraklu S., Soltanloo H., Ramezanpour S., KalateArabi M., NasrollahNejadGhomi A., «An estimation of the combining ability of barley genotypes and heterosis for some quantitative traits». *Iran Agric*, 2016, Res. 35, 73–80 pp.
214. Budak N., « Heterosis, estimations combineeesspecifiques aux generations F1 et F2 d'un 8x8 populations diallele d'orge ». *Grandes Cultures Turques J* 5, 2000, 61–70 pp.
215. Soyly S., « Une etude sur la capacite de combinaison du rendement en grain et d'autres caracteres agronomiques dans l'orge (*Hordeum vulgare*) ». *Agric. Mediterr*, 2002, 132, 9–14 pp.
216. Sharma Y., Sharma S.N., Joshi P., Sain R.S., «Combinaison de capacite dans les generations F 1 et F 2 diallele dans six orges ramees (*Hordeum vulgare*L.)». *Acta Agron. Hung*, 2003, 51, 281–288 pp.
217. Rohman M., Sultana R., Podder R., Islam M.K., Islam M., «Nature of gene action in barley (*Hordeum vulgare*L.)». *Asian J. Plant Sci*. 5, 2006, 170-137 pp.

218. Rabbani G., Munir M., Ajmal S.U., Hassan F., Shabbir G & Mahmood, A., «Inheritance of yield attributes in bread wheat under irrigated and rainfed conditions». *Sarhad J. Agri*, 2009, 25(3): 429-438 pp.
219. Association Française de Normalisation (AFNOR)., « Directives générales pour le dosage de l'azote avec minéralisation selon la méthode de Kjeldahl ». Produits Agricoles Alimentaires, 1970, NF V 03-050.
220. Mercier C., Tolleir M.T., « séparation et dosage des glucides et amylases, guide pratique d'analyses dans les industries des céréales », Lavoisier, 1984, 273-327 pp.
221. Denis J.B., Piepho H.P. et Van Eeuwijk F.A., « Modelling expectation and variance for genotype by environment data». *Heredity*, 1997, 79, 162-171 pp.
222. Steel R.G.D. & Torrie J., «Principles and Procedures of Statistics, A., Biometric Approach». McGraw-Hill Book Company, 1980, NY. 633 p.
223. Singh, R.K. & Chaudhary, B.D., «Biometrical methods in quantitative genetic analysis». Kalyani, New Delhi, 2012, 318 p.
224. Deshmukh S.N.N., Basu M.S., & Reddy P.S., « Genetic variability, character association and path coefficient analysis of quantitative traits in Virginia bunch varieties of groundnut». *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 1986, vol. 56: 516 – 521 pp.
225. Dan Makumbi D., Alvarado G., Crossa J., and Burgueño J., Sashaydiall A., « SAS program for hayman's diallel analysis ». *Crop Science*, 2018, 58:1605–1615 pp.
226. D'Eberhart S.A., Gardner C.O., « A general model of genetic effects ». *Biometrics*, 1966, 22, 864-881 pp.

227. Meynard J.M. « L'analyse de l'élaboration du rendement des céréales sur les essais de fertilisation ». *Pers. Agricoles*, 1997, 115 : 76-83.
228. Saoudi M., Benkharbache N., Benniou R., Haffaf H., « étude de la fertilisation azotée appliquée sur la production de semences d'orge (*Hordeum vulgare* L.), la variété Tichedrett en zone semi-aride de M'sila ». *Agriculture*, 2016, (1), 265-271 pp.
229. Jonard P., « Etude comparative de la croissance de deux variétés de blé tendre ». *Ann. Amél. Plant.*, 1964, 14 (2) : 101-130 pp.
230. Grignac P., « Rendement et composantes du rendement de blé d'hiver dans l'environnement méditerranéen français ». In. *Limites de potentialités de blé dans différents systèmes de culture dans différentes zones méditerranéennes*, Ed. les colloques 11, 1981, 1178 : 185-195 pp.
231. Rousset M., « Amélioration des plantes autogames ». *Agronomie* N° 9, 1986, 616-619 pp.
232. Neeymod D.A., Vez., « La fumure azotée de blé, essai de précision de doses », *Ruvue suisse d'agriculture*, 1981, 13-1, 7-13 pp.
233. Gate PH., Bouthier A., Monnier J.L., « La tolérance des variétés à la sécheresse : une réalité à valorisée ». *Pers. Agri*, 1992, 169, 62-67pp.
234. Rasmusson D.C., Cannell R.Q., « Selection for grain yield and component of yield in barley ». *Crop, Sci.*, 10: 51-54pp.
235. Ortiz F.G., yan S.K., Ayad M., « Identification of agronomic traits associated with under stress conditions ». In. *physiology breeding of winter cereals for stressed Mediterranean environment/ E. Acevedo, Conesa A.P., Monneveux P., Srivastava J.P*, Ed. Montpellier, France, INRA. *Les Colloques*, 55: 67-88pp.

236. Masse J., Gate P.H., « La maturation », ITCF, Service plantes-climats, 1990, 10 p.
237. Perry M.W., D'Antuono M.F., «Yield improvement and associated characteristics of some Australian spring wheats introduced between 1860 and 1982» .Aust .J. Agri.Res, 1989, (3)-40p.
238. Mosseddaq M., « Fertilisation azotée des céréales, cas des blés en bour en irrigué ». Bulletin de transfert de technologie en agriculture, 1999, 62.4 p.
239. Ledent J.F., « Etude intravariétale des relations entre le rendement par épi et les caractères morphologiques chez le blé d'hiver (*Triticumaestivum* L.) relationsmorphologiques à la floraison ». Ann. Agron., 1978, 29 (6): 625-640pp.
240. Kabouche S., Bouzerzour H., Benmahammed A., Hassous K.L., « Les nouvelles variétés d'orge et les risques climatiques des hautes plaines de l'Est : cas de la région de Sétif ». Céréaliculture, 2001, 35 : 4-12pp.
241. Le Gouis J., « Grain filling and shoot growth of 2-row and 6-row winter barley varieties». Agronomie, 1993, 1232: 545-552pp.
242. Blum A., Shipler L., Golan G., Mayer J., «Yield stability and canopy temperature of wheat, genotypes under drought stress ». Field crop research, 1989, 22: 289-296pp.
243. Popović V., Vidić M., Ikanović J., Filipović V., Đekić V., Tabaković M., Veselić J., «Soybean oil yield as affected by the growing locality in agro-climatic divergent years». Agriculture and Forestry, (2016), 62 (1): 217-225pp. DOI:10.17707/AgricultForest.62.1.25.
244. Đekić V., Jelić M., Milivojević J., Popović V., Branković S., Staletić M., Terzić D., «Winter wheat yield and yield components depending on the level of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization». Proceedings, VIII International Scientific Agriculture Symposium "Agrosym 2017", Jahorina, 2017, 650-657pp.

245. Đekić V., Popović V., Terzić D., Đurić, N., Perišić V., Perišić V., Luković K., «The impact of climate change on the grain yield of wheat». Proceedings of research papers PKB Agroekonomik, Belgrade, 2019, 25(1-2): 9-18pp.
246. Terzić D., Đekić V., Milivojević J., Branković S., Perišić V., Perišić V., Đokić D., «Yield components and yield of winter wheat in different years of research». BiologicaNyssana, 2018, 9(2): 119-131pp. DOI:10.5281/zenodo.2538604
247. Rajčić V., & Milivojević J., & Popović V., & Branković S., & Djurić N., & Perišić V., & Terzić D., «Winter wheat yield and quality depending on the level of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization». 65, 2019, 79-88pp. 10.17707/AgricultForest.65.2.06.
248. Gate PH., Brain J., Briffaux G., « Pour les céréales a pailles à chaque variété son époque de semis », Perspectives agricoles, 1990, 148 : 20-27pp.
249. Ortiz F.G., Yan S.K., Ayad M., «Identification of agronomic traits associated with under stress conditions» , In. physiology breeding of winter cereals for stressed Mediterranean environment/ E. Acevedo, Conesa A.P., Monneveux P., Srivastava J.P, Ed. Montpellier, France, INRA. Les Colloques, 55: 67-88pp.
250. Tribou E., « Etude de potentiel génétique du production du blé tendre à travers la structure et le fonctionnement du peuplement », in. A.T.P. écophysiologie du blé, rapport intermédiaire, INRA, France, 1987, 91-105 pp.
251. Ehdai B., Waines JG., « Genetic variation, heritability and path analysis in landraces of bread wheat from south western Iran». Euphytica 41, 1989, 183-190pp. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00021584>
252. Garcia del Moral LF., Ramos JM., Garcia del Moral MB., Jimeneztejada MP., «Ontogenetic approach to grain production in spring barley based on path-coefficient analysis». Crop Science 31, 1991, 1179-1185pp. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1991.0011183X003100050021x>

253. Doting WR., Knight CW., «Alternative model for path analysis of small-grain yield». *Crop Science* 32, 1992, 487-489.
<http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1992.0011183X003200020040x>
254. CARPICI E., & CELIK N., «Correlation and Path Coefficient Analyses of Grain Yield and Yield Components in Two-Rowed of Barley (*Hordeum vulgare* convar. distichon) Varieties». *Notulae Scientia Biologicae*, 2012, 4.10.15835/nsb.4.2.7388.
255. Saed-Moucheshi A., Fasihfar E., Hasheminasab H., Rahmani A., Ahmadi A., «A Review on Applied Multivariate Statistical Techniques in Agriculture and Plant Science». *International Journal of Agronomy and Plant Production* 4(1), 2013, 127-141pp.
256. Nerson H., «Effects of population density and number of ears on wheat yield and its components». *Field Crops Research* 3, 1980, 225-234pp.
[http://dx.doi.org/10.1016/0378-4290\(80\)90031-3](http://dx.doi.org/10.1016/0378-4290(80)90031-3)
257. Darwinkel A., Hag BA., Kuizenga J., «Effect of sowing date and seed rate on crop development and grain production of winter wheat». *Netherlands Journal of Agricultural Science* 25, 1977, 83-94pp.
258. Bhatt GM., «Significance of path coefficient analysis in determining the nature of character association». *Euphytica* 22, 1973, 338 - 343pp.
<http://dx.doi.org/10.1007/BF00022643>
259. Gebeyehou G., Knott DR., Baker RJ., «Rate and duration of grain filling in durum wheat cultivars. ». *Crop Science* 22, 1982, 337-340pp.
<http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1982.0011183X002200020033x>.
260. Hadjichristodoulou A., «Stabilité du poids de 1000 grains et sa relation avec d'autres caractères de l'orge dans les zones sèches». *Euphytica* 51, 1990, 11-17pp.
<https://doi.org/10.1007/BF00022887>

261. Raham M., «The Correlation Study of important Barley agronomic traits and grain yield by Path Analysis». *Biological Forum – An International Journal*, 2015, 7(1): 1211-1219pp
262. Yap TC., Harvey BL., «Inheritance of yield components and morphological traits in Barley (*Hordeum vulgare* L.)». *Crop Science* 12, 1972, 283-288pp.
<http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1972.0011183X001200030008x>.
263. Singh TP., Singh KB., «Association of grain yield and its components in segregation population of green gram». *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding* 33, 1973, 113-119 pp.
264. Bedasa M., «Sélection des variétés d'orge pour leur potentiel de rendement dans la zone de chute de pluie faible en fonction des caractères quantitatifs et qualitatifs North West Tigray, Shire, Éthiopie». *Journal international de sélection végétale et génétique*, 2014, 8: 205-213 pp.
265. Dorostkar S., Hassan P., Kordshooli M.A., Massumeh A., Neda Sobhanian, Raziye Gh., Masoud E., «Study of relationship between grain yield and yield components using multivariate analysis in barley cultivars (*Hordeum vulgare*) ». *International Journal of Agronomy and Agricultural Research (IJAAR) International Journal of Agronomy and Agricultural Research* ISSN: 2223-7054 (Print) 2225-3610 (Online) <http://www.innspub.net> Vol. 6, 2015, n° 4, p. 240-250pp.
266. Adams MW., «Basis of yield component compensation in crop plants with special reference to field bean, *Phaseolus vulgaris*». *Crop Science* 7, 1967, 505-510pp.
<http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1967.0011183X000700050030x>
267. Hafs M., Bouzarzour H., «Diagnostic du comportement variétal du blé dur dans des hauts plaines sétifiennes ». séminaire sur la tolérance à la sécheresse des céréales en zones méditerranéennes. INRA Ed. les colloques, 1993, 64 : 139-148pp.

268. Arpali D., & Yagmur M., «The Determination of Selection Criteria Using Path Analysis in Two Rowed Barley (*Hordeum vulgare* L. Conv. *Distichon*)». *TURKISH JOURNAL of AGRICULTURAL and NATURAL SCIENCES*. 2, 2015, 248-255pp.
269. Madić M., & Knezevic D., & Đurović Dr., & Paunović A., & Stevović V., & Tomić Da., & Rajčić V., «Assessment of the correlation between grain yield and its components in spring barley on an acidic soil». *Acta agriculturae Serbica*. 24, 2019, 41-49pp. 10.5937/AASer1947041M.
270. Wadan A., «Correlation and Regression Analysis in Barley». *Egyptian Journal of Plant Breeding*. 16, 2012, 205-226pp. 10.12816/0003958.
271. Meziani M., Bammoun A., Hamou M., Brinis L., « Essai de définition des caractères d'adaptation du blé dur dans différentes zones agroclimatiques de l'Algérie », séminaire sur la tolérance à la sécheresse des céréales en zones méditerranéennes. INRA Ed. les colloques, 1993, 64 : 139-148pp.
272. Демидов О., & Гудзенко В., & Васильківський С., & Мельник С., & Українець С., «Expression level and correlation between yielding capacity, morphological characters and yield components in spring barley (*Hordeum vulgare* L.)». *Plant varieties studying and protection*. 13, 2017, 190-197pp. 10.21498/2518-1017.13.2.2017.105413.
273. Jabbari M., Siahpar B.A., Ramroodi M., Koohkan S.A. and Zolfaghari F., «Correlation and path analysis of morphological traits associated with grain yield in drought stress and non-stress conditions in barley *Agronomy*». *Journal Pajouhesh and Sazandegi*, 2010, 93:112-119pp.
274. Drikvand R., Samiei K., and Hossinpor T., «Path Coefficient Analysis in Hull-less Barley under Rainfed Condition». *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 2011, 5 (12):277-279pp.

275. Niazi-Fard A., Nouri F., Nouri A., Yoosefi B., Moradi A., and Zareei A., « Investigation of the relationship between grain yield and yield components under normal and terminal droughtstress conditions in advanced barley lines (*Hordeum vulgare*) using path analysis in Kermanshah province ». *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 2012, 4: 1885-1887pp.
276. Slafer GA., Calderini DF et Miralles DJ., « Rendement composants et compensation dans le blé: opportunités en outre augmenter le rendement potentiel ». Dans: Reynolds MP., Rajaram S., McNab A., (éd.) « Augmentation du potentiel de rendement Blé: cassant les barrières ». Mexico DF, CIMMY, 1996, 101-134pp.
277. Miroslavljević M., & Przulj N., & Canak P., & Momcilovic V., & Aćin VI., & Jockovic B., & Hristov Ni., & Mladenov No., « Relationship between grain yield and agronomic traits in winter barley ». *Ratarstvo i povrtarstvo*. 52, 2015, 74-79pp. 10.5937/ratpov52-7860.
278. Caierão E., « Effect of induced lodging on grain yield and quality of brewing barley ». *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 2006, 10.12702/1984-7033.v06n03a05.
279. Stanca AM., Jenkins G and Hanson PR., « Varietal responses in spring barley to natural and artificial lodging and to a growth regulator ». *Journal of Agricultural Science* 93, 1979, 449-456pp.
280. Berry PM., Sterling M., Spink JH., Baker CJ., Sylvester-Bradley R., Mooney SJ., Tams AR and Ennos AR., « Understanding and reducing lodging in cereals ». *Advances in Agronomy* 84, 2004, 217-271pp.
281. Briggs KG., « Studies of recovery from artificially induced lodging in several six-row barley cultivars ». *Canadian Journal of Plant Science* 70, 1990, 173-181pp.

282. Pinthus MJ., «Lodging in wheat, barley and oats: the phenomenon, its causes, and preventive measures». *Advances in Agronomy* 25, 1973, 210-256pp.
283. Eassen DLK., White EM and Pickles SJ., «The effects of weather, seed rate and cultivar on lodging and yield in winter wheat». *Journal of Agricultural Science* 121, 1993, 145-156pp.
284. Berry PM., Spink J., Sterling M and Pickett AA., «Methods for rapidly measuring the lodging resistance of wheat cultivars». *Journal of Agronomy and Crop Science* 189, 2003, 390-401pp.
285. Paynter B., & Hills A., «Mixing feed barley cultivars did not decrease leaf disease or increase grain yield». *Australasian Plant Pathology*. 37, 2008, 626-636pp. doi: 10.1071/AP08066.
286. Khan TN., D'Antuono MF., « Relationship between scald (*Rhynchosporium secalis*) and losses in grain yield of barley in Western Australia». *Australian Journal of Agricultural Research* 36, 1985, 655–661pp. doi: 10.1071/AR9850655
287. Jayasena KW., Loughman R., Majewski J., «Evaluation of fungicides in control of spot-type net blotch on barley». *Crop Protection (Guildford, Surrey)* 21, 2002, 63–69pp. doi: 10.1016/S0261-2194(01)00118-1
288. Jayasena KW., Loughman R., Tanaka K., «Late-season management of powdery mildew in barley with foliar fungicides». *Australasian Plant Pathology* 35, 2006, 355–357pp. doi: 10.1071/AP06025
289. Jayasena KW., van Burgel A., Tanaka K., Majewski J., Loughman R., «Yield reduction in barley in relation to spot-type net blotch». *Australasian Plant Pathology* 36, 2007, 429–433pp. doi: 10.1071/AP07046

290. Jayasena K.W., Beard C., Thomas G., Loughman R., «Managing barley leaf diseases». Farmnote 288/2008. Department of Agriculture and Food Western Australia, South Perth, 2008.
291. Ochoa Jose & Parlevliet J., «Effect of partial resistance to barley leaf rust, *Puccinia hordei*, on the yield of three barley cultivars». *Euphytica*, (2007), 153. 309-312pp. 10.1007/s10681-006-9168-6.
292. Czembor J.H., «Résistance à l'oïdium dans les variétés locales d'orge du Maroc». *J Plant Pathol*, 2000, 82: 187–200pp. <https://doi.org/10.1071/AP00022>
293. Balland A., « Les aliments, analyses, expertises, valeur alimentaire », I, céréales, Paris, 1907, 383p.
294. Husson M., « Contribution à l'étude de quelques orges d'Algérie », Journées des techniciens d'agriculture, Alger, 1933.
295. Peters J.R., « The effects of phosphorus and nitrogen fertilizer on the relationship between soil salinity levels and the grain yield and protein content of barley grown on stubble land », *Can. J. Soil. Sci.*, 1983, 60: 107-118pp.
296. Oury F.X., Brahant P., Pluchard P., Berard P., Rousset M., «Etude multilocale des blés hybrides : niveau d'hétérosis et élaboration du rendement». *Agronomie*, 1990, 10 : 735-748pp.
297. Hanifi-mekliche L., Boukecha d., Mekliche A. «Effet de stress hydrique sur quelques prédateurs des valeurs F1 et de l'hétérosis chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.)». *Annales de l'INA-EI Harache*, 2008.
298. Saad A.M.M., Hassan E.E., «Combining ability, heterosis, correlation and multiple linear regression for yield and its contributing characters in some bread wheat genotypes». *Annuals of Agric. Sc. Moshtohor*, 1996, Vol. 34, 2 p.

299. Johnson L.P.V., Paul O. «Inheritance of earliness in barley». *Can. J. Plant Sci.*, 1985, 38.2, 19-233pp.
300. Singh H., Shaha S.N., Sain R.S., «Heterosis studies for yield and its components in bread wheat over environments». *Hereditas*, 2004, 141, 106-114pp.
301. Barth S., Busimi A.K., Utz H.F., Melchinger A.E. «Heterosis of biomass yield and related traits in five hybrids of *Arabidopsis thaliana* L». *Hereditas*, 2003, 91M 36-42pp.
302. Meyer R.C., Törjek O., Becher M., Altmann T., «Heterosis of biomass production in *Arabidopsis thaliana*». *Plant Physiology*, 2004, 134, 1813-1823pp.
303. Bouchetat F., Aissat A., «Analyse génétique de quelques géotypes d'orge (*Hordeum vulgare* L.) et de leurs descendants en vue d'une évaluation de quelques caractères à intérêt agronomiques ». *Agrobiologia*, 2018, Vol. 8(1), 792-801pp.
304. Jalata Z., Mekbib F., Lakew B., Ahmed S., «Gene Action and Combining Ability Test for Some Agro-morphological Traits in Barley». *Journal of Applied Sciences*, 2019, 19. 88-95pp. 10.3923/jas.2019.88.95.
305. Zhan K.H., Wang F.T., Cui D.Q., Fan L., «Analysis of the combining ability of some quality characteristics in wheat». *Acta Agriculturae Boreali Sinica*, 1996, 11: Supplement, 10-15pp.
306. Bhowmik A., Ali M.S., Sadeq Z. «Genetic analysis of kernel weight in wheat (*Triticum aestivum* L.) ». *Bangladesh J. Bot.*, 1990, 19:21-27pp.
307. Baker R.J., «Issues in diallel analysis». *Crop Sci.*, 1978, 18(4): 533-536pp.
308. Nakhjavan S.H., Bihanta M.R., Darvish F., Sorkhi B & Zahravi M., «Mode of inheritance of some quantitative traits in normal irrigation and terminal

- drought stress conditions using generation mean analysis». *New Findings in Agriculture*, 2009, 2(10), 203-222pp.
309. Yadav SK., « Studies on genetic divergence and combining ability analysis for yield and malting quality traits in barley (*Hordeumvulgare* L.)». PhD Thesis JNKVV, 2016, 209 p.
310. Klug W., Cummings M., Spencer C., «Génétique». 8^e édition, Pearson Education, 2006, 704 p.
311. Pal D., and Kumar S., « Genetic analysis of forage yield and other traits in barley (*Hordeumvulgare* L.)». *Barley Genetics Newsletter*, 2009, 39: 13-19 pp.
312. SunilK Yadav., Ashok K., Singh Praveen., Pandey and SmitaSingh., «Genetic Variability and Direct Selection Criterion for Seed Yield in Segregating Generations of Barley (*Hordeumvulgare* L.)». *American Journal of Plant Sciences*, 2015, 6, 1543-1549 pp.
313. Bargougui M.A., « Genetic analysis of barley (*Hordeumvulgare*L.) grain yield components». *Journal of New Sciences*, 2016, Vol: 31(8):1794-1799 pp.

ANNEXES

ANNEXE A**Fiches descriptives détaillées des variétés****Variété :** Saida 183**Obtenteur :** ITGC Saida**Demandeur :** ITGC**Origine :** Algérie**Année de dépôt :** 1997**Pedigree :** sélection généalogique

DESIGNATION DU CARACTERE	NIVEAU D'EXPRESSION
1-Plante: port au tallageMi dresse- mi étalé	
2-Feuille de la base: pilosité de la gaine	Présente
3-Dernière feuille: portlégèrement récurvé	
4-Dernière feuille: pigmentation anthocianique des oreillettes	Absente
6-Dernière feuille: glaucescence de la gaine	Moyen
7-Epoque d'épiaison: 1er épillet visible sur 50% des plants	Tardive
8-Barbes: pigmentation anthocianique des pointes	Présente
9-Barbes: intensité de la pigmentation anthocianique des pointes	Faible

10-Epi: glaucescence	Nul à très faible
11-Epi: port	Droit
12-Plante: hauteur (tige-épi et barbe)	Longue
13-Epi: nombre de rangs	Plus de deux
14-Epi: forme	Pyramidal
15-Epi: compacité	Très lâche
16-Barbes: longueur par rapport à l'épi	Plus longues
17-Barbes: denticulation des nervures dorsales	très forte
18-Rachis: longueur du premier article	Court
19-Rachis: incurvation du premier article	Faible
25-Epillet médian: longueur de la glume ou de l'arête par rapport au grain	De même longueur
26-Grain: type de la pilosité de la baguette	Courte
27-Grain: glumelles	Présente
28-Grain: pigmentation anthocyanique des nervures de la glumelle inférieure	Nul à très faible
29-Grain: denticulation des nervures dorsales internes de la glumelle inférieure	Forte
30-Grain: pilosité du sillon	Absente
31-Grain: position des lodicules	Latérales

Variété : Tichedrett

Obtenteur : ITGC Sétif

Demandeur : ITGC

Origine : Algérie

Année de dépôt : 1999

Pedigree : C9520S F 4N° 21 1998/99

DESIGNATION DU CARACTERE NIVEAU D'EXPRESSION

1-Plante: port au tallage Mi dresse- mi-étalé

2-Feuille de la base: pilosité de la gaine	Présente
3-Dernière feuille: portlégèrement récurvé	
4-Dernière feuille: pigmentation anthocianique des oreillettes	Absente
5-Dernière feuille: intensité de la pigmentation anthocyanique des oreillettes	Nul à très faible
6-Dernière feuille: glaucescence de la gaine	Moyen
7-Epoque d'épiaison: 1er épillet visible sur 50% des plants	Tardive
8-Barbes: pigmentation anthocianique des pointes	Présente
9-Barbes: intensité de la pigmentation anthocianique des pointes	Nul à très faible
10-Epi: glaucescence	Nul à très faible
11-Epi: port	Droit
12-Plante: hauteur (tige-épi et barbe)	Très longue
13-Epi: nombre de rangs	Plus de deux
14-Epi: forme	Pyramidal
15-Epi: compacité	Compact
16-Barbes: longueur par rapport à l'épi	Plus longues
17-Barbes: denticulation des nervures dorsales	très forte
18-Rachis: longueur du premier article	Court
19-Rachis: incurvation du premier article	Faible
25-Epillet médian: longueur de la glume ou de l'arête par rapport au grain	Plus longue
26-Grain: type de la pilosité de la baguette	Longue
27-Grain: glumelles	Présente
28-Grain: pigmentation anthocyanique des nervures de la glumelle inférieure	Nul à très faible
29-Grain: denticulation des nervures dorsales internes de la glumelle inférieure	Moyen
30-Grain: pilosité du sillon	Absente
31-Grain: position des lodicules	Latérales

Variété : El Bahia

Obtenteur : ITGC Sétif
Demandeur : ITGC
Origine : Algérie
Année de dépôt : 2002
Pedigree : Tichedrett/RebelleC5 95203 SF4

DESIGNATION DU CARACTERE NIVEAU D'EXPRESSION

1-Plante: port au tallageMi dresse- mi étalé	
2-Feuille de la base: pilosité de la gaine	Présente
3-Dernière feuille:	port légèrement récurvé
4-Dernière feuille: pigmentation anthocianique des oreillettes	Absente
5-Dernière feuille: intensité de la pigmentation anthocyanique des oreillettes	Nul à très faible
6-Dernière feuille: glaucescence de la gaine	Moyen
7-Epoque d'épiaison: 1er épillet visible sur 50% des plants	Tardive
8-Barbes: pigmentation anthocianique des pointes	Présente
9-Barbes: intensité de la pigmentation anthocianique des pointes	Nul à très faible
10-Epi: glaucescence	Nul à très faible
11-Epi: port	Droit
12-Plante: hauteur (tige-épi et barbe)	Très longue
13-Epi: nombre de rangs	Plus de deux
14-Epi: forme	Pyramidal
15-Epi: compacité	Compact
16-Barbes: longueur par rapport à l'épi	Plus longues
17-Barbes: denticulation des nervures dorsales	très forte
18-Rachis: longueur du premier article	Court
19-Rachis: incurvation du premier article	Faible
25-Epillet médian: longueur de la glume ou de l'arête par rapport au grain	Plus longue

26-Grain: type de la pilosité de la baguette	Longue
27-Grain: glumelles	Présente
28-Grain: pigmentation anthocyanique des nervures de la glumelle inférieure	Nul à très faible
29-Grain: denticulation des nervures dorsales internes de la glumelle inférieure	Moyen
30-Grain: pilosité du sillon	Absente
31-Grain: position des lodicules	Latérales

Variété : Rihane

Obtenteur : Icarda

Demandeur : ITGC

Origine : Syrie

Année de dépôt : 2001

Pedigree : AS46/AVT11 ATHS2L-1AP-3AP-0AP

DESIGNATION DU CARACTERENIVEAU D'EXPRESSION

1-Plante: port au tallage	Mi dressé
2-Feuille de la base: pilosité de la gaine	Absente
3-Dernière feuille: port légèrement récurvé	
4-Dernière feuille: pigmentation anthocyanique des oreillettes	Présente
5-Dernière feuille: intensité de la pigmentation anthocyanique des oreillettes	Faible
6-Dernière feuille: glaucescence de la gaine	Forte
7-Epoque d'épiaison: 1er épillet visible sur 50% des plants	Très précoce
8-Barbes: pigmentation anthocyanique des pointes	Présente
9-Barbes: intensité de la pigmentation anthocyanique des pointes	Nul à très faible
10-Epi: glaucescence	Moyen
11-Epi: port	Droit

12-Plante: hauteur (tige-épi et barbe)	Moyenne
13-Epi: nombre de rangs	Plus de deux
14-Epi: forme	Pyramidal
15-Epi: compacité	Très compact
16-Barbes: longueur par rapport à l'épi	Plus longues
17-Barbes: denticulation des nervures dorsales	très forte
18-Rachis: longueur du premier article	Très court
19-Rachis: incurvation du premier article	Nul à très faible
25-Epillet médian: longueur de la glume ou de l'arête par rapport au grain	Plus longue
26-Grain: type de la pilosité de la baguette	Courte
28-Grain: pigmentation anthocyanique des nervures de la glumelle inférieure	Nul à très faible
29-Grain: denticulation des nervures dorsales internes de la glumelle inférieure	Très forte
30-Grain: pilosité du sillon	Absente
31-Grain: position des lodicules	Latérales

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	
RESUME	
ABSTRACT	
الخلاصة	
SOMMAIRE	
LISTE DES TABLEAUX	
LISTE DES FIGURES	
LISTE DES ARTICLES ET DES COMMUNICATIONS	
INTRODUCTION GENERALE.....	15
ETAT DES CONNAISSANCES	20
CHAPITRE I. GENERALITES SUR LA CULTURE DE L'ORGE.....	21
1. PRESENTATION DE L'ESPECE	21
2. SITUATION DE LA CULTURE DE L'ORGE DANS LE MONDE.....	22
2.1. CONTEXTE AGRICOLE MONDIAL DE LA CULTURE DE L'ORGE.....	22
2.2 CONTEXTE POLITICO-ECONOMIQUE MONDIAL	24
2.3. VALORISATION DE LA CULTURE DE L'ORGE.....	28
2.3.1. Composition chimique des grains d'orge et des parties végétatives.....	29
2.3.2. Les transformations microbiologiques de l'orge.....	29
2.3.3. L'orge dans la production des boissons	30
2.3.4. L'orge en alimentation animale	31

3. SITUATION DE L'ORGE EN ALGERIE	33
3.1. CONTEXTE AGRICOLE LOCAL DE LA CULTURE DE L'ORGE	34
3.2. CONTEXTE POLITICO-ECONOMIQUE LOCAL DE LA CULTURE DE L'ORGE	36
3.3. UTILISATION DE L'ORGE EN ALGERIE	37
3.4. LES VARIETES D'ORGE CULTIVEES EN ALGERIE	37
3.5. LA GAMME VARIETALE DE L'ESPECE ORGE EN ALGERIE	38
4. SITUATION DE LA CULTURE DE L'ORGE DANS LA WILAYA DE MILA.....	39
4.1. REPARTITION DE L'ORGE DANS LES DIFFERENTES COMMUNES DE LA WILAYA DE MILA.....	40
4.2. ÉVALUATION DES SUPERFICIES, DE LA PRODUCTION ET DES RENDEMENTS DE L'ORGE DANS LA WILAYA DE MILA	41
CHAPITRE II. ADAPTATION DE LA CULTURE DE L'ORGE À L'ENVIRONNEMENT ..43	
1. ENVIRONNEMENT	43
2. LE GENOTYPE.....	44
3. PHENOTYPE	44
4. INTERACTION GENOTYPE X MILIEU	45
5. BASES GENETIQUES DE L'INTERACTION GENOTYPE X MILIEU	45
6. PRENDRE EN COMPTE L'ADAPTATION EN SELECTION.....	47
7. CARACTERES INFLUENÇANT L'ADAPTATION	48
8. SELECTION DIRECTE DE L'ORGE	49
CHAPITRE III. CREATION VARIETALE ET MODE D'ANALYSE GENETIQUE.....52	
1. LES VOIES DE LA VARIABILITE GENETIQUE.....	52
2. L'HYBRIDATION	53
2.1. EVALUATION DU DETERMINISME GENETIQUE	56
2.1.1. Les méthodes de la génétique quantitative	56
2.1.2. Génétique quantitative et ressources génétiques.....	56
2.1.2.1. Les effets additifs	57
2.1.2.2. Les effets de dominance	57
2.1.2.3. L'épistasie.....	58
2.1.2.4. L'Aptitude à la combinaison	58
2.1.2.5. Héritabilité.....	59
2.1.3. Les différents plans de croisements	59
2.1.3.1. Le modèle Griffing appliqué à l'analyse génétique de croisements diallèles.....	60
2.1.3.2. Le modèle Hayman appliqué à l'analyse génétique de croisements diallèles.....	61

3. PRESENTATION DES PRINCIPAUX TRAVAUX PORTES SUR L'EVALUATION DU DETERMINISME GENETIQUE DE L'ORGE	63
CHAPITRE IV. MATERIEL ET METHODES.....	66
1. ÉTUDE DE COMPORTEMENT	67
1.1 LOCALISATION DU MILIEU EXPERIMENTAL	67
1.1.1 Ferme pilote Bahri Mebarak -site 1-Oued Sèguen	68
1.1.2. Ferme pilote Amira Ahmed- Site 2- Radjas	69
1.2. CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES DES SITES.....	69
1.2.1. Les températures.....	70
1.2.2. Les précipitations	71
1.3 CARACTERISTIQUES DU SOL	73
1.4. PROTOCOL EXPERIMENTAL	74
1.5. METHODES D'ETUDES	75
1.6. TECHNIQUES D'ANALYSE STATISTIQUE.....	76
2. HYBRIDATION DIALLELE ET EVALUATION DE DETERMINISME GENETIQUE.....	78
2.1. PROTOCOLE EXPERIMENTAL	79
2.2. METHODES D'ETUDE	79
2.3 .TECHNIQUES D'ANALYSE GENETIQUE	80
2.3.1. La mise en évidence des effets génétiques.....	81
2.3.2. Techniques d'analyse génétique selon la méthode GRIFFING, [184].....	81
2.3.3. Techniques d'analyse génétique selon la méthode de HAYMAN, [185]	82
2.3.3.1. Techniques d'analyse génétique selon la méthode graphique de HAYMAN.....	82
2.3.3.2. Détermination des paramètres génétique.....	85
2.3.4. Calcul de l'effet hétérosis	88
CHAPITRE V. ETUDE DE COMPORTEMENT ET DE LA QUALITE TECHNOLOGIQUE DU GRAIN DE CULTIVARS D'ORGE INTRODUIES ET DE LA VARIETE LOCALE SAIDA	89
1. LA MISE EN EVIDENCE DE L'INTERACTION GENOTYPE X SITE	90
1.1. PRESENTATION DES RESULTATS ET DISCUSSION	91
1.1.1. Hauteur des plantes à la floraison.....	92
1.1.2. Longueur de l'épi	93
1.1.3. Longueur de la barbe	95
1.1.4. Longueur du col de l'épi	96

1.1.5. Nombre de talles-épis par plante.....	97
1.1.6. Nombre de grains par épi.....	98
1.1.7 Poids de mille grains par épi	100
1.1.8. Productivité par plante	101
2. VALORISATION DES RELATIONS EXISTANT ENTRE LA PRODUCTIVITE ET LES VARIABLES EVALUEES.....	103
2.1. CORRELATION ENTRE LA PRODUCTIVITE ET LA HAUTEUR DES PLANTES.....	103
2.2. CORRELATION ENTRE LA PRODUCTIVITE ET LA LONGUEUR DES BARBES.....	104
2.3. CORRELATION ENTRE LA PRODUCTIVITE ET LA LONGUEUR DE L'ÉPI.....	105
2.4. CORRELATION ENTRE LA PRODUCTIVITE ET LA LONGUEUR DU COL DE L'ÉPI.....	106
2.5. CORRELATION ENTRE LA PRODUCTIVITE ET LE NOMBRE DE TALLES EPIS.....	107
2.6. CORRELATION ENTRE LA PRODUCTIVITE ET LE NOMBRE DE GRAINS.....	107
2.7. CORRELATION ENTRE LA PRODUCTIVITE ET LE POIDS DE MILLE GRAINS.....	108
2.8. BILAN DE CETTE ETUDE	109
3. EVALUATION DE LA RESISTANCE A LA VERSE ET AUX MALADIES CRYPTOGAMIQUES.....	111
3.1. DEGRE D'INTENSITE DE LA VERSE	111
3.2. DEGRE D'INTENSITE DES MALADIES FONGIQUES	114
4. EVALUATION DES PARAMETRES TECHNOLOGIQUES	116
5. BILAN DE L'ETUDE	118
CHAPITRE VI. HYBRIDATION DIALLELE ET ANALYSE GENETIQUE DES DESCENDANCES.....	121
1. ÉVALUATION DE LA PREMIERE POPULATION DE LA GENERATION F1	121
1.1. L'ETUDE DES LIGNEES PARENTALES ET DE LA PREMIERE POPULATION F1	122
1.2. ANALYSE GENETIQUE DES CARACTERES MESURES DANS LE CROISEMENT DIALLELE COMPLET	124
1.2.1. Hérité des caractères d'après le modèle GRIFFING, [184].....	125
1.2.1.1 Evaluation de l'aptitude générale à la combinaison (AGC).....	126
1.2.1.2. Evaluation de l'aptitude spécifique à la combinaison (ASC).....	126
1.2.2. Analyse des effets génétiques selon la méthode graphique de Hayman (1954)...	127
1.2.3. Performance des hybrides d'après le sens de croisement	132
1.2.4. Analyse de l'effet hétérosis	137
1.3. SYNTHÈSE ET BILAN DE L'ETUDE	139
2. ÉVALUATION DE LA DEUXIEME POPULATION DE LA GENERATION F1	140
2.1 ETUDES DES LIGNEES PARENTALES ET DE LA DEUXIEME POPULATION F1	140

2.2 ANALYSE GENETIQUE DES CARACTERES MESURES DANS LE CROISEMENT DIALLELE COMPLET	142
2.3 DECOMPOSITION DES EFFETS GENETIQUES PAR LA METHODE GRIFFING	143
2.4 ANALYSE DES EFFETS GENETIQUES PAR LA METHODE GRAPHIQUE DE HAYMAN,[185]...	146
2.5. INTERACTION GENIQUE.....	151
2.5.1. Influence de l'additivité(D) par rapport à la dominance (H1).....	151
2.5.2. Distribution des gènes chez les parents	153
2.5.3. Proportion des gènes dominants et récessifs.....	153
2.5.4. Effet de l'environnement	153
2.5.5. Héritabilité.....	154
2.5.6. Nombre de gènes contrôlant les caractères.....	154
2.6. SYNTHÈSE ET CONCLUSION	155
 CONCLUSION GENERALE	158
 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	
 ANNEXES	
 TABLE DES MATIERES	

Nom du document : Fouzia thèse corrigée
Répertoire : C:\Users\Dell\Documents
Modèle : C:\Users\Dell\AppData\Roaming\Microsoft\Templates\Normal.d
otm
Titre :
Sujet :
Auteur : Dell
Mots clés :
Commentaires :
Date de création : 06/09/2020 20:34:00
N° de révision : 45
Dernier enregistr. le : 29/11/2020 21:15:00
Dernier enregistrement par : Dell
Temps total d'édition : 36 752 Minutes
Dernière impression sur : 29/11/2020 21:19:00
Tel qu'à la dernière impression
Nombre de pages : 212
Nombre de mots : 56 645 (approx.)
Nombre de caractères : 311 549 (approx.)