

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA

Faculté des Sciences Agronomiques et Vétérinaires

Département des Sciences Agronomiques

MEMOIRE DE MAGISTER

En Agronomie

Spécialité : Agro-Ressources

INFLUENCE DU MILIEU SUR LES CARACTERISTIQUES
AGRONOMIQUES ET TECHNOLOGIQUES
DES BLES TENDRES ALGERIENS

Par

BOUZIANI Yamna

Devant le jury composé de

Mr. S.A. SNOUSSI	Professeur, USD Blida	Président
Mr. M. BENMOUSSA	Professeur, USD Blida	Promoteur
Mr. A. ACHOUCH	Professeur, USD Blida	Examineur
Mr. A. AISSAT	Maitre de conférence A, USD Blida	Examineur
Mme. M.S ABDUL HUSEIN M C A,	USD Blida	Examinatrice

Blida, Juin 2012

Résumé

La présente étude, consiste à faire l'analyse des paramètres agronomiques et technologiques d'une gamme variétale de blé tendre (17 variétés), à fin de cibler les potentiels génétiques qui expriment mieux leurs qualités agronomiques et technologiques en s'adaptant à deux milieux différents « Oued Smar et Guelma »

Les résultats obtenus de tous les paramètres analysés, confirment que les géotypes répondent différemment aux variations du milieu. L'analyse statistique des données montre une influence hautement significative de l'interaction variétés-environnements pour la plupart des paramètres étudiés. Le meilleur rendement est obtenu par les variétés V7 et V13 respectivement de 42.42 et 41.61qx/ha pour le site de Guelma. Le PMG le plus élevé est enregistré par la variété V16 de 44.59g pour le site de Guelma suivi par la variété V15 pour le site d'Oued Smar. Le taux de protéine le plus élevés est observé par la variété V10 et qui est de 15.38% pour le site de Guelma. Les valeurs de la force boulangère de la station de Guelma sont généralement plus élevées que celles obtenues à Oued Smar, la meilleure valeur est obtenue par la variété V1 et qui s'élève à 260 pour le site d'Oued Smar.

Mots clés : blé tendre, interaction génotype et milieu, paramètres agronomiques et technologiques.

Summary

This study is to analyze agronomic and technological parameters of a range of varieties of wheat (17 varieties), in order to the genetic potential which give better agronomic and technological quality in adapting themselves to both environments "Oued Smar and Guelma"

The results of the parameters analyzed confirm that genotypes respond differently to environmental variation. The statistical analysis shows a highly significant interaction of varieties-environments for most parameters studied. The best performance is obtained respectively by V7 and V13 42.42 and 41.61qx/ha for Guelma site. The weight for 1000 grains is the highest recorded for V16 44.59g in the site of Guelma followed by V15 in the site of Oued Smar. As far as the protein is concerned the highest value is obtained by V10 with 15.38% at the site of Guelma. The values of the baking strength of the station Guelma are generally higher than those of Oued Smar. The best value is obtained by V1 with a value of 260 at the site of Oued Smar.

Keywords: wheat, interaction genetic and environment, agronomic and technology wholes.

ملخص

إن هذه الدراسة تهدف إلى تحليل المقاييس الفلاحية و التكنولوجيا لمجموعة من أصناف القمح اللين (17 صنف) بهدف تعيين القوى الوراثية التي تبرز النوعية الفلاحية و التكنولوجيا التي تتكيف في وسطين مختلفين (واد السمار و قالمة)

النتائج المتحصل عليها سواء الفلاحية أو التكنولوجيا تؤكد أن الأصناف تتجاوب بشكل مختلف مع تغيرات الوسط. إن تحليل النتائج يوضح التأثير الإيجابي الكبير لتفاعل المناطق و الأصناف لمعظم المقاييس المدروسة. أفضل محصول تحصل عليه الصنف الوراثي V13 ; V7 بقدر 42.42 و 41.61 ق/ه على التوالي بمحطة قالمة. أما وزن الألف حبة المرتفع سجل من قبل الصنف V16 ب 44.59 غ بمحطة قالمة متنوعا بالصنف V15 بواد سمار. فيما يخص نسبة البروتين فقد سجلت أعلى نسبة من قبل الصنف V10 ب 15.38 % بمحطة قالمة. قيم القوة الخبزية بمحطة قالمة هم عموما الأكثر ارتفاعا مقارنة بمحطة واد السمار رغم أن القوية الأكبر تحصل عليها الصنف V10 ب 260 بمحطة واد السمار.

الكلمات المفتاح : قمح لين ،تفاعل وسط صنف ،عوامل فلاحية و تكنولوجية.

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à :

- Mes parents, surtout ma mère pour son aide précieuse et son encouragement ;
- Mes frères : Ali, Mustapha et Hichem.
- Mes sœurs : Fatiha, Soumia et Louiza et ma belle sœur Chérifa

Sans oublier mes copines, mes amis de près et de loin.

M^{elle} B. YAMNA

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail :

Je commencerai par remercier et rendre grâce à Dieu le tout puissant pour m'avoir donné le courage, la volonté et la patience de mener à bon terme ce mémoire.

Je tiens à présenter mes remerciements les plus profonds à monsieur le professeur BENMOUSSA M. qui m'a encadré et m'a permis de mener à bien ce travail grâce à son dévouement et ses conseils

Mes vifs remerciements s'adressent également à :

- A M^r S.A. SNOUSSI, qui me fait l'honneur d'accepter de présider le jury, et d'apporter son jugement sur ce travail.
- A M^r AISSAT, qui a bien voulu examiner et apprécier ce travail.
- A M^r A. ACHOUCH pour avoir accepté d'examiner et juger ce travail.
- M^{me} ABDUL HUSSEIN, qui me fait l'honneur d'accepter de juger ce travail.

A tous mes enseignants et professeurs.

Aux personnels de département d'agronomie de l'université de SAAD DAHLEB de Blida en particulier le responsable de la bibliothèque KAMEL et RIADH de centre de calcul.

Je remercier également Monsieur ZAGHOUANE le directeur de l'ITGC, pour avoir mis à notre disposition les moyens nécessaire à la réalisation de mon expérimentation, ainsi tout le personnel de l'ITGC en particulier M^{me} MADANI, et surtout EL-AREM, qui ont contribué à la réussite de mon expérimentation.

Je tiens à exprimer toute ma gratitude aux personnes qui ont contribué à la réalisation de ce travail.

M^{elle} B.YAMNA

LISTES DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX

Figure 1.1: Coupe d'un grain de blé.....	16
Figure 1.2 : Différents stades de développements.....	20
Figure 5.2 : courbes d'Alvéographe Chopin.....	55
Figure 6.3 : Effet de l'interaction G-E sur la hauteur des plants à la floraison.....	56
Figure 6.4 : Effet de l'interaction G-E sur le rendement en grains.....	59
Figure 6.5 : Effet de l'interaction G-E sur le poids de mille grains.....	62
Figure 6.6 : Teneurs en eau des grains.....	66
Figure 6.7 : Taux d'extraction des géotypes étudiés (%).....	68
Figure 6.7 : Effets de l'interaction géotype environnement sur le taux de cendre des grains.....	69
Figure 6.8 : Effet de l'interaction G-E sur la teneur en gluten sec.....	72
Figure 6.9 : Effet de l'interaction G-E sur la teneur de gluten humide.....	72
Figure 6.10: Effet de l'interaction G-E sur la capacité d'hydratation des farines...	76
Figure 6.11 : Effet de l'interaction G-E sur le volume de sédimentation.....	79
Figure 6.12 : Effet de l'interaction G-E sur l'indice de Zélény.....	82
Figure 6.13 : Effet de l'interaction G-E sur le taux de protéine des farines.....	85
Tableau 2.1 : les températures des différents stades phénologiques de la culture de blé.....	23
Tableau 3.2 : Composition chimique des différentes parties d'un grain de blé exprimée en pourcentage de la matière sèche.....	32
Tableau 3.3 : Variétés et type de précocité de blé tendre en Algérie.....	36
Tableau 5.4 : Données pluviométriques de la campagne agricole 2009-2010 (Stations météorologiques de fermes expérimentales d'Oued-Smar et de Guelma).....	42

Tableau 5.5 : Températures enregistrées pendant la campagne agricole 2009-2010 (Station météorologiques de fermes expérimentales d'Oued-Smar et de Guelma).....	43
Tableau 5.6 : Caractéristiques des deux variétés témoins.....	45
Tableau 5.7 : Nom de variétés expérimentées.....	46
Tableau 6.8 : Hauteur des plants à la floraison.....	57
Tableau 6.9 : Rendement en grains.....	60
Tableau 6.10 : Poids de mille grains des génotypes étudiés.....	63
Tableau 6.11 : Classification des génotypes selon le poids de mille grains.....	65
Tableau 6.12 : La teneur en eau des grains.....	66
Tableau 6.13 : Taux d'extraction des variétés (%).....	68
Tableau 6.14 : Taux de cendres des grains.....	70
Tableau 6.15 : teneur en gluten sec.....	73
Tableau 6.16 : Teneur en gluten humide.....	74
Tableau 6.17 : Capacité d'hydratation des farines des génotypes.....	77
Tableau 6.18 : Les volumes de sédimentation.....	80
Tableau 6.19 : Indice de Zélény.....	83
Tableau 6.20 : Classement des farines selon l'indice de Zélény.....	84
Tableau 6.21 : Taux de protéines des farines.....	86
Tableau 6.22 : classement des génotypes en fonctions des teneurs en protéines selon WILLIAMS et <i>al.</i>	87
Tableau 6.23. Les résultats d'alvéographe des farines des deux sites.....	88

TABLE DE MATIERES

RESUME

REMERCIEMENTS

LISTES DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX

TABLES DES MATIERES

INTRODUCTION.....	11
1. DONNÉES GÉNÉRALES SUR LE BLÉ TENDRE	
1.1. Origine géographique et génétique du blé tendre.....	13
1.2. Classification.....	14
1.3. Caractères morphologiques.....	14
1.4. Le cycle végétatif.....	17
2. L'IMPACT DE L'ENVIRONNEMENT SUR LA CULTURE DE BLÉ TENDRE	
2.1. Les exigences agro-écologiques.....	21
2.2. Zones agro-écologiques.....	25
2.3. Fertilisation minérale.....	25
3. LE CHOIX STRATÉGIQUE DES VARIÉTÉS	
3.1. Critères agronomiques.....	28
3.2. Critères qualitatifs.....	31
3.3. La gamme variétale en Algérie.....	35
4. INTERACTION GENOTYPE-ENVIRONNEMENT	
4.1. Notion de génotype.....	37
4.2. Notion du milieu.....	37
4.3. Notion de phénotype.....	37
4.4. Interaction génotype milieu.....	38
4.5. Bases génétiques de l'interaction génotype milieu.....	38
4.6. Adaptation.....	39

4.7. Modèles d'analyse de l'interaction.....	40
5. MATÉRIELS ET MÉTHODES	
5.1. But de l'étude.....	41
5.2. Localisation des essais.....	41
5.3. Caractéristiques climatiques des sites.....	42
5.4. Protocole expérimental.....	44
5.5. Conduite de l'essai.....	47
5.6. Méthodes d'étude.....	48
5.7. Méthode d'analyse statistique.....	54
6. RÉSULTATS ET DISCUSSION	
6.1. Analyse des paramètres liés à la culture.....	56
6.1.1. Hauteur à la floraison	56
6.1.2. Rendement	59
6.2. Paramètres technologiques.....	62
6.2.1. Poids de mille grains.....	62
6.2.2. Teneur en eau.....	66
6.2.3. Taux d'extraction.....	68
6.2.4. Taux de cendres des grains.....	69
6.2.5. Teneur en gluten sec et gluten humide.....	72
6.2.6. Capacité d'hydratation.....	76
6.2.7. Test de sédimentation SDS.....	79
6.2.8. Test de Zélény.....	82
6.2.9. Taux de protéine des farines.....	85
6.2.10. Test d'Alvéographe.....	88
CONCLUSION.....	100
APPENDICES	
REFERENCES	

INTRODUCTION

Les céréales demeurent l'aliment de base des régimes alimentaires et revêtent une importance stratégique dans la nutrition humaine et l'alimentation animale. De fait, elle occupe une place privilégiée dans l'agriculture dans le monde.

En Algérie :

- Sur environ 8.5 millions d'hectares de surface agricole utile, la céréaliculture en couvre en moyenne chaque année, près de 80%. CHEHAT [1], [2].
- Elles constituent la base du modèle de consommation alimentaire [3], [4] ; 54% des apports énergétiques et 62% des apports protéiques journalières provenant de ses produits. ; en 2003 le blé représentait 88% des céréales les plus consommés, d'après CHEHAT [5] la consommation des produits céréaliers se situent à un niveau d'environ 205 Kg/habitant/an.
- Aujourd'hui, l'industrie de transformation des céréales occupe la première place dans le secteur agro-alimentaire, en raison de l'importance de ses capacités de trituration [6]

Ceci confirme le caractère stratégique des céréales dans l'économie algérien, cependant sa production est largement déficitaire et est loin de satisfaire la demande d'une population sans cesse croissante.

Cette situation s'est traduite par la nécessité de recourir aux importations massives des céréales, l'année 2010 la production de blé dur et de l'orge a connu une bonne récolte, contrairement au blé tendre que notre pays continue toujours d'importer avec à peu près 4 millions de tonnes [7]. Selon le classement du Conseil international des céréales, l'Algérie est placée comme septième plus gros importateur mondial de blé après l'Égypte, l'Océanie, le Brésil, l'Europe, le Japon et l'Indonésie.

Trois principaux facteurs sont réunis et conduit à cette situation :

- La production céréalière se située dans les zones semi- arides et arides soumises aux aléas climatiques, engendrant des niveaux de productivités moyens ;
- Le manque de maîtrise des techniques de production par les agriculteurs ;
- Le mal choix de matériel végétal adapté aux conditions d'environnement où l'eau était un facteur limitant.

Prenant en considération l'étroite dépendance de la production céréalière aux conditions climatiques, l'augmentation et la stabilité des rendements ainsi que la qualité technologique de blé ne peuvent être atteint qu'en améliorant simultanément les itinéraires techniques et le choix raisonné des variétés les plus adaptés aux tels zone agro-écologique.

Dans cette optique, notre travail consiste à sélectionner des variétés de blé tendre qui donnent une meilleure performance génétique dans les deux milieux, à savoir Oued Smar et Guelma.

CHAPITRE 1

DONNÉES GÉNÉRALES SUR LE BLÉ TENDRE

1.1. Origine géographique et génétique du blé tendre

1.1.1. Origine géographique

La culture du blé est ancienne; elle remonte au néolithique peut être même au mésolithique, vers 7000 ans avant (JC) [8]

L'origine géographique des blés demeure encore discutée; selon VAVILOV cité par AURIAU [9] et MOULE [8] ; les trois groupes d'espèces du genre *Triticum* auraient trois centres d'origines différentes :

- Le foyer Syrien et Nord Palestinien serait le centre d'origine du groupe diploïde $2n = 14$ chromosomes.
- Le foyer Abyssinien serait le centre de diversification des blés tétraploïdes $2n = 28$ chromosomes.
- Le foyer Afghano - Indien serait le centre des blés hexaploïde $2n = 42$ chromosomes ; dont appartient le blé tendre.

L'Afrique serait un centre secondaire de diversification.

1.1.2. Origine génétique

Le blé tendre est un hexaploïde, possède trois génomes AA ; BB et DD constitués chacun de sept paires de chromosomes homologues $[(2 \times 7) \times 3]$ soit 42 chromosomes [10].

D'après BONJEAN [11] le blé tendre « *Triticum aestivum* » est apparu après la domestication des blés diploïdes et tétraploïdes. Il est issu d'un double croisement naturel entre une graminée sauvage diploïde *Aegilops squarrosa* également appelé *Triticum tauschii* et l'amidonnier tétraploïde *Triticum turgidum ssp. dicoccum*.

1.2. Classification

D'après la classification proposée par DAHLGREENET CLIFFORD (1985) cités par BONJEAN et PICARD [12], les céréales à paille sont des monocotylédones qui appartiennent toutes au super ordre comméliniflorales. Cet ensemble comprend quatre ordres : Commélinales, Cypéales, Hydalettales et Poales ; ce dernier comporte sept familles dont celle des graminées qui regroupe environ dix mille espèces pour 750 genres, très cosmopolites ; dont le blé tendre est l'une de ses espèces.

1.3. Caractères morphologiques

Le blé est une plante herbacée, annuelle monocotylédone qui comprend :

- Un système racinaire fasciculé disposant au cours de son développement de deux systèmes racinaires successifs :
 - Primaire ou séminale, fonctionnel de la levée au début de tallage ;
 - Secondaire ou de tallage, apparaissant au moment où la plante émet ses talles.

- Des tiges qui sont des chaumes, cylindriques, pleines. Elles présentent des faisceaux conducteurs de sève, régulièrement entrecroisés et renferment des fibres à parois épaisses assurant la solidité de la structure. Les chaumes sont interrompus par des **nœuds** qui sont une succession de zones d'où émerge une longue **feuille**, qui d'abord engaine la tige puis s'allonge en un **limbe** étroit à nervures parallèles.

- **L'inflorescence** est un **épi** formé de deux rangées **d'épillets** situés de part et d'autre de son axe **le rachis**, chaque épillet regroupe 1 à 5 **fleurs** à l'intérieur de deux **glumes**. Chaque fleur est dépourvue de pétales, et entourée de deux **glumelles**. Elle contient trois **étamines** à anthères en forme de x (pièces males), un ovaire surmonté de deux **styles plumeux** (pièces femelles) La fleur du blé est dite **cleistogame**, c'est à dire le plus souvent, le pollen est relâché avant que les étamines ne sortent de la fleur, à cause de ce caractère, **l'autofécondation** est le mode de **reproduction** le plus fréquent chez les blés.

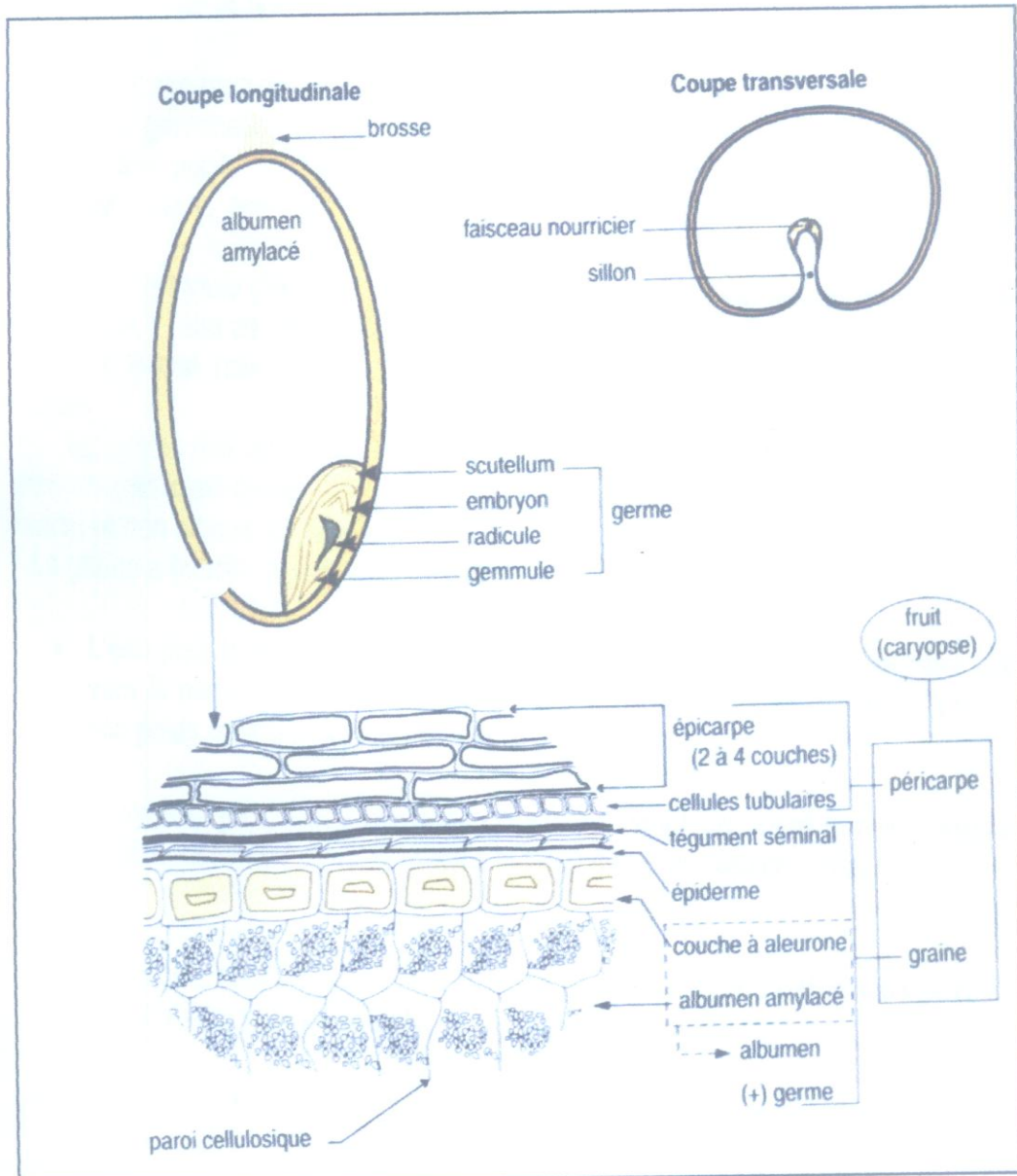
Après fécondation l'ovaire donnera le grain de blé qui est à la fois le fruit et la graine. En effet, les enveloppes du fruit sont soudées à celles de la graine ; on appelle ce type de fruit un **caryopse**.

Une coupe du grain fait apparaître trois parties :

- Les enveloppes qui représentent 14 à 15% du poids du grain, comprennent :
 - Le péricarpe, enveloppe du fruit ;
 - Le tégument de la graine ou testa et le tégument du nucelle ou bande hyaline l'assise protéique (60% du poids des enveloppes), constituée de cellules à aleurone, riches en protéines.

- L'albumen ou amande : représente 83 à 85% du poids du grain, est composé de 70% d'amidon et de 7% de gluten. Il est généralement farineux, sa coupe facile, présente un aspect translucide.

- Le germe représente 2 à 3% du grain [13] ; il constitue la future plante et assure l'identité génétique de la variété [14]. Il comprend :
 - Le cotylédon ou scutellum, séparé de l'amande par une assise diastasique destinée à la digestion future de l'albumen au profit de la plantule. Il est riche en protéines, matières grasses et vitamines (B₁, A et E) ;
 - La plantule avec sa gemmule recouverte d'un étui, la coléoptile, sa tigelle courte, et sa radicule, recouverte d'un étui, la coléorhize [15].



(Source FEILLET P, 2000.)

Figure 1.1: Coupe d'un grain blé

1.4. Cycle végétatif

Le blé est une plante à cycle végétatif annuel, dans lequel une série d'étapes séparées par des stades repères, permettent de le diviser en trois périodes :

- La période végétative, durant laquelle la plante ne différencie que des feuilles et des racines ;
- La période reproductrice, s'étale de l'initiation florale jusqu'à la fécondation ;
- La période de maturation, de la fécondation jusqu'à la maturation des grains.

1.4.1. Période végétative

1.4.1.1. Germination

D'après BELAID [16] la germination est le passage de la semence de l'état de vie ralentie à l'état de vie active ; la graine ne peut germer que si deux sortes de conditions sont réunies, l'une propre à la graine et l'autre relative au milieu.

- Les conditions liées à la graine :
 - Elle doit être vivante, c'est à dire avoir une faculté germinative qui réponde aux normes des semences (>85%). Cette faculté se maintient pendant 3 à 4 ans et décroît ensuite plus ou moins vite selon les variétés et les conditions de récolte et de conservation.
 - Elle doit être également mure physiologiquement

- Les conditions liées au milieu
 - L'humidité, pour réhydrater les cellules et permettre la mise en solution et la circulation des réserves ;
 - L'oxygène, pour oxyder les réserves que la plantule va utiliser ;
 - La température, pour accélérer les réactions chimiques et la division cellulaire.

Cette phase présente quelques particularités. Après humidification de la semence, sort une radicule, puis un coléoptile, étui de la première feuille, qui s'allonge vers la surface au niveau de laquelle il se laisse percer par la première feuille.

1.4.1.2. Levée et début tallage

Durant cette phase, la plante émet plusieurs apex susceptible de donner plusieurs tiges : Les talles.

Le tallage est fonction de la variété, les conditions climatiques notamment les températures, de la nutrition hydrique et minérale, de la profondeur, date et densité de semis.

Un tallage excessif est cependant peu intéressant, car il augmente les besoins en eau et en éléments minéraux de la plante et la plupart des talles restent stériles (DOCTCHEV, 1986 In BELAID [17])

1.4.2. Période reproductrice

Elle comporte 3 phases principales :

1.4.2.1. Phase de formation des ébauches d'épillets (phase A-B de Jonard)

La période reproductrice débute par la différenciation et l'élongation des entre-nœuds de la tige principale.

Ce stade marque le début de la formation des ébauches d'épillets. Il a été appelé stade d'initiation florale ou stade A (Jonard) ; par la suite, les autres ébauches d'épillets apparaîtront successivement puis sur l'épillet, deux renflements latéraux deviennent visibles, ce sont les ébauches de glumes (stade B de Jonard)

1.4.2.2 Phase de spécialisation florale (phase B de Jonard)

A partir du stade B, on assiste à la différenciation des pièces florales :

- Stade B₁ : apparition des ébauches de glumes;
- Stade B₂ : apparition des ébauches de glumelles;
- Stade C₁, C₂, C₃ et C₄: apparition des ébauches de fleurs.

Cette phase se termine au moment de la différenciation du stigmate.

1.4.2.3 Phase épiaison-fécondation (phase D-E-Fde Jonard)

L'inflorescence sort de la gaine de la dernière feuille, peu après la méiose, c'est l'épiaison notée au stade 50% d'épi sortis qui permet également de mesurer la précocité des variétés.

La fécondation (stade F) suit de quelques jours l'épiaison. La durée de cette phase est variable selon les variétés et le climat, car chez le blé la phase dure 10-12 jours à 14°C, 4-5 jours à 18°C.

1.4.3. Période de maturation

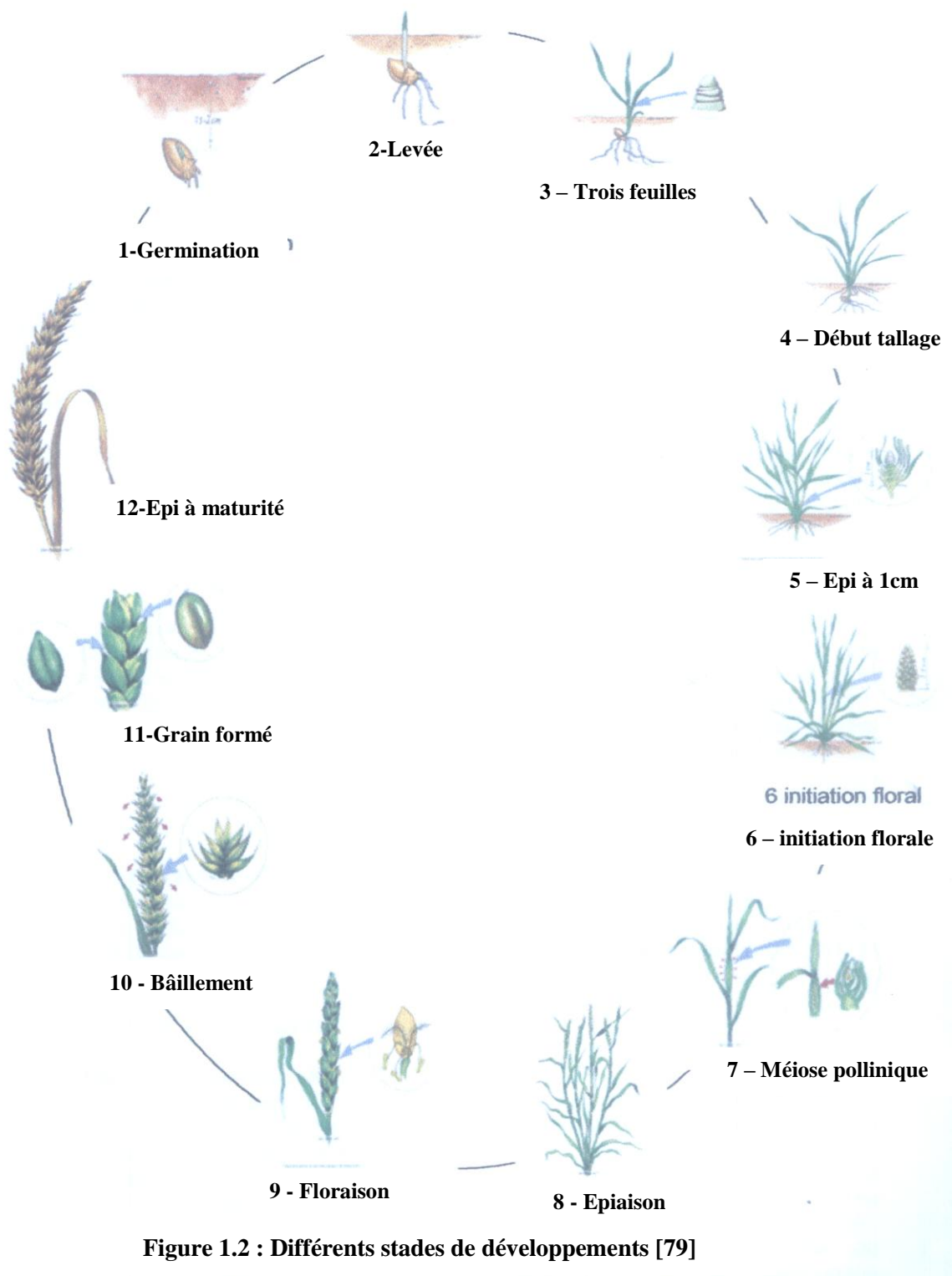
GESLIN et JONARD (1948), cités par MOULE [19] ont signalé que cette période comprend trois phases principales :

- Une phase de multiplication cellulaire intense, caractérisée par un accroissement du poids d'eau et de matière sèche dans le grain. A la fin de cette phase, l'amande encore verte a pris sa forme définitive, l'albumen est devenu laiteux : c'est le stade laiteux.

- Une phase d'enrichissement en glucides et protides alors que le poids d'eau dans le grain demeure constant : c'est le palier hydrique qui est une période critique : si à ce moment, la circulation d'eau est faible et l'évapotranspiration est trop forte, un dessèchement brusque de la plante se traduit sans que les réserves aient eu le temps de migrer. Le grain privé de ses réserves sera ridé et léger, c'est le phénomène de l'échaudage.

Dans les conditions normales, le grain est au stade pâteux.

- Une phase de dessiccation : caractérisée par une diminution rapide du poids d'eau. Le grain devient demi-dur puis dur, cassant à maturité ; c'est le stade propice à la moisson avec un taux d'humidité de 15-16% (HERVE et al [20]).



CHAPITRE 2

L'IMPACT DE L'ENVIRONNEMENT SUR LA CULTURE DE BLÉ TENDRE

2.1. Exigences agro-écologiques

En Algérie ; la plus grande partie des céréales est cultivée en conditions pluviales, plus particulièrement dans les zones semi arides. Ces zones sont souvent soumises aux effets des aléas climatiques qui se répercutent sur la croissance et le développement de la culture et donc sur sa productivité.

Pour cela ; la connaissance des exigences de la culture en matière de besoins en eau, de température et de conditions édaphiques permette de mettre en œuvre des stratégies adéquates pour atténuer les effets environnementaux sur la culture.

2.1.1. Eau

Les besoins en eaux correspondant à de bons rendements sont de 450 à 650mm selon le climat et la longueur du cycle végétatif [21]. Cependant, dans les conditions de culture pluviale, le blé subit des déficits hydriques qui affectent plusieurs variables physiologiques de la plante et se répercutent sur la croissance et le développement et entraînent une baisse des rendements en grain. Selon SOLTNER [15], il existe trois périodes critiques du développement qui nécessitent des quantités importantes d'eau :

- Au début de cycle végétatif et qui affecte l'installation de la culture ;
- Du milieu de cycle végétatif et qui affecte principalement la fertilité des organes reproducteurs de la plante ;
- De fin de cycle végétatif qui affecte la formation et le remplissage du grain.

En effet, MEKLIICHE [22] indique qu'un apport d'eau au moment du grossissement des grains permet d'augmenter le rendement de 15 qx/ha et

précise que la consommation en eau du blé croit régulièrement de la montaison à la floraison :

- La montaison : 3.5 à 4 mm/jour ;
- L'épiaison : 6 mm/jour ;
- Formation du grain : 7.5 à 8 mm/jour ;
- La maturité : 8.5 à 9 mm/jour.

Il faut noter que la sécheresse de fin de cycle est pratiquement quasi présente au cours de ces dernières années dans la zone semi aride et les efforts en matière d'amélioration génétique sont orientés vers la création de variétés précoces de céréales afin d'échapper à ce type de stress.

2.1.2. Température

Une température supérieure à 0°C est nécessaire pour la germination du blé ; pour cela la plante doit recevoir une certaine quantité de température pendant son cycle végétatif correspond à 2300°C répartissant comme suit :

- Du semis à la germination 150°C ;
- De la germination au tallage 500°C ;
- Du tallage à la floraison 850°C ;
- De la floraison à la maturité 800°C.

Une étude plus détaillée se basant sur une base de données mondiale traitant la relation entre la température et les différents processus de croissance et phénologiques à été élaborée par PORTER et GAWITH [23]. Le tableau 2.1, résume les données de 65 références bibliographiques sur les températures létales minimales et maximales, les températures de base et optimales pour l'initiation foliaire, la croissance des tiges et des racines et les phases phénologiques.

Tableau 2.1 : Les températures des différents stades phénologiques de la culture de blé [23].

Processus	Abréviation des températures	Température moyenne \pm écart type (c°)
Limites létales	Tmin	-17.2 \pm 1.2
	Tmax	47.5 \pm 0.5
Initiation foliaire	Tmin	-1.0 \pm 1.1
	Topt	22.0 \pm 0.4
	Tmax	24.0 \pm 1.0
Croissance des tiges	Tmin	3.0 \pm 0.4
	Topt	20.3 \pm 0.3
	Tmax	> 20.9 \pm 0.2
Croissance des racines	Tmin	2.0
	Topt	< 16.3 \pm 3.7
	Tmax	> 25.0 \pm 5.0
Phases phénologiques Semis-levée	Tmin	3.5 \pm 1.1
	Topt	22.0 \pm 1.6
	Tmax	32.7 \pm 0.9
Epiaison	Tmin	1.5
	Topt	10.6 \pm 1.3
	Tmax	>20.0
Anthèse	Tmin	9.5 \pm 0.1
	Topt	21.0 \pm 1.7
	Tmax	31.0
Remplissage des grains	Tmin	9.2 \pm 1.5
	Topt	20.7 \pm 1.4
	Tmax	35.4 \pm 2.0

Cette étude a montré qu'en moyenne, les températures létales du blé sont de (-17.2 ± 1.2) et (47.5 ± 0.5) représentant respectivement les températures létales minimales et maximales.

En fonction des stades phénologiques, les effets des températures sur le rendement final sont variables. Au début montaison (stade épi 1cm), une seule journée avec une température minimale $\leq -4^{\circ}\text{C}$ (sous abri) est suffisante pour la destruction partielle ou totale des épis [24] ; ceci a pour conséquence de réduire la mise en place du nombre de grains. Dans les situations de fin de cycle où les fortes températures sont fréquentes, il existe un grand risque d'échaudage des grains.

2.1.3. Photopériode

On désigne par photopériode, l'influence de la durée d'éclairement journalier sur le développement de la plante. Le blé est adapté aux jours longs, car il forme les ébauches d'épillets lorsque la durée d'éclairement dépasse le seuil appelé héméroperiode critique qui diffère selon les variétés de 12 à 14 heures [25]. Au dessous de cette valeur, il n'y a pas de formation de primordia d'épillets et les plantes continueront à différencier des organes végétatifs.

Dans les conditions de notre pays, à partir du mois de mars lorsque les jours deviennent longs, les plantes émettent leurs épis et la date d'apparition dépend des variétés et des autres facteurs abiotiques (température et alimentation hydrique).

2.1.4. Sol

Le blé prospère sur une gamme assez variée de sols et l'optimum semble être des terres à :

- Une texture fine (limono-argileuse), qui assurera aux racines une grande surface de contact, et partant une bonne nutrition ;
- Une structure stable, qui résiste à la dégradation par les pluies d'hiver ;
- Une bonne profondeur et une richesse suffisante en colloïdes, afin d'assurer la bonne nutrition nécessaire aux gros rendements [15].

2.2. Zones agro-écologiques

Les potentialités des différentes espèces de céréales d'automne varient en fonction des conditions édapho-climatiques de chaque région ; en effet, notre pays est caractérisé par quatre grandes zones agro-climatiques :

- Zone humide ;
- Zone subhumide ;
- Zone aride ;
- Zone semi aride.

La productivité se varie d'une zone à l'autre parce qu'au niveau de chaque une, des fluctuations importantes peuvent survenir à cause des aléas climatiques puisque la majorité de ces cultures y est conduite en pluvial.

2.2.1. Zones humides et subhumides (favorable)

Ce sont les zones les plus favorables pour la culture des céréales, en effet, la pluviométrie moyenne est supérieure à 450 mm, permettant ainsi une culture intensive. Cependant, en l'absence d'irrigation, la productivité reste conditionnée par la répartition des pluies durant le cycle de la plante.

2.2.2. Zone semi aride

Elle est caractérisée par la faiblesse de la pluviométrie et sa fluctuation intra et interannuelle qui pénalisent fortement les niveaux de rendement des céréales. Ces facteurs conditionnent le développement de la culture durant tout son cycle évolutif et on constate que le principal facteur limitant dans cette zone, reste l'eau.

2.2.3. Zone aride

C'est une zone où l'irrigation est indispensable pour la conduite de la culture des céréales et principalement le blé.

2.3. Fertilisation minérale

Le blé a besoin de trouver dans le sol, tout au long de son cycle, les quantités d'éléments minéraux qui son sont nécessaires à la croissance. Le sol fournit une partie de ces éléments, mais les fournitures par le sol sont presque

toujours insuffisantes et doivent être complétées par des apports raisonnés d'azote, de phosphore et de potassium afin d'obtenir :

- Des rendements proches de l'optimum économique de production ;
- Production ayant une bonne qualité technologique ;
- Culture valorisant au mieux les disponibilités en fertilisants (sol et apports) et donc respectueuse de l'environnement.

2.3.1. Fertilisation azotée

L'azote joue un rôle primordial durant le cycle de croissance et de développement des plantes ; il est la base de la synthèse des acides aminés et donc les protéines et des acides nucléiques (base de l'information génétique).

Les besoins en azote d'une culture de blé varient au cours du cycle de la culture en fonction de différentes phases de développement. Plusieurs auteurs (GATE [26] ; MOSSDAQ et MOUGHLI [27]) ont pu évaluer les besoins en alimentation azotée des céréales sur différentes phases :

- Phase levée-début tallage : les besoins en azote sont faibles. Les apports azotés au semis contribuent à augmenter la vigueur des plantes pendant cette phase ;
- Phase début tallage-début montaison : la mise à la disposition des plantes de doses optimales d'azotes pendant cette phase favorise l'émission et la croissance des talles ;
- Phase début montaison-floraison : l'activité intense de croissance caractérisée par l'élongation des entre-nœuds et accumulation de la biomasse se traduit par une forte consommation d'azote. L'absorption azotée atteint son maximum à la fin de cette phase [28] ;
- Phase floraison-début maturation : l'absorption se ralentit du fait de l'arrêt de croissance des parties végétatives. L'absorption de l'azote à partir des fournitures du sol diminue progressivement, et on assiste à une translocation des composés azotés protéiques depuis les organes végétatifs vers les grains.

En raison de sa forte mobilité dans le sol, la meilleure technique susceptible de satisfaire au mieux les besoins de la plante en azote est celle des apports fractionnés

2.3.2. Fertilisation phospho-potassique

Le phosphore et le potassium sont des éléments indispensables dans la nutrition minérale des céréales. Les besoins de la plante de ces deux éléments évoluent dans le même sens que ceux de l'azote, mais en quantité plus faibles.

Le phosphore intervient dans de nombreux métabolismes physiologiques de la plante : fixateurs et transporteur dans le cycle de la photosynthèse, synthèse des protéines. Une bonne alimentation en cet élément agit favorablement sur la croissance et le développement : fécondation, maturation, constitution des réserves c'est souvent un facteur de précocité [29].

Bien que le potassium intervient dans l'absorption des cations, régulation osmotique, photosynthèse et activité enzymatique. La résistance du blé au gel, à la verse et aux maladies est souvent meilleure s'il dispose d'une alimentation minérale riche en potassium [30]

En raison de la faible mobilité de ces éléments dans le sol, les engrais phospho-potassique sont enfouis au niveau du sol avant ou au moment du semis.

Le bon raisonnement de la fertilisation reste insuffisant si on n'a pas fait un bon choix de la variété à cultiver qui est l'une des facteurs essentiels pour exprimer le potentiel de productivité d'une zone agro climatique donnée.

CHAPITRE 3

LE CHOIX STRATÉGIQUE DES VARIÉTÉS

Le choix raisonné d'une variété à cultiver se repose sur plusieurs critères qui permettent de reconnaître un individu parmi un grand nombre d'individus ; ceux qui correspondent aux objectifs agronomiques ou de qualité définis au départ.

3.1. Critères agronomiques

3.1.1. Productivité

La productivité est définie comme étant le rendement maximal que pourrait atteindre un génotype placé dans un milieu optimal, duquel serait absent tout facteur pouvant limiter l'expression du rendement [31].

GAILLAIS et al [32] ; estiment que le rendement est déterminé par trois composantes principales :

- Le tallage (nombre d'épis/m²);
- La fertilité de l'épi (nombre de grains/épis) ;
- Le poids de mille grains.

3.1.2. Précocité

Elle exprime l'aptitude d'une variété à atteindre un stade de développement donné plus rapide qu'une autre [16]. On note généralement la précocité au stade épiaison lorsque 50% des épis sortent de la gaine de la dernière feuille.

La précocité est un critère souvent recherché en zones méditerranéennes dans la mesure où il permet l'évitement du déficit hydrique terminal [31].

En effet, FISHER et MAURER (1978) In [31], ont montré dans une étude réalisée sur 53 cultivars de blé, d'orge et de triticales que chaque jour de précocité

permet d'augmenter le rendement de plus de 30 Kg/ha. Mais, il faut signaler que les variétés précoces doivent avoir parallèlement une bonne résistance au froid pour pouvoir valoriser cet avantage.

3.1.3. Résistance à la sécheresse

DUBIEF [33] a défini une sécheresse météorologique, en laps de temps pendant lequel il ne tombe aucune pluie si faible qu'elle soit. Cette absence de pluie a une incidence sur d'autres domaines.

En agriculture, la sécheresse est définie par une période climatique suffisamment sèche et prolongée qui provoque des dommages aux plantes et une pénurie de l'approvisionnement en eau. Elle est fondée sur un déficit de transpiration anormale ; dans ce cas, la balance est déficitaire entre la consommation d'eau par la plante et la fourniture par le sol [34].

Deux grands types de paramètres d'adaptation peuvent être explorés [32] :

3.1.3.1. Paramètres phénologiques

Les paramètres phénologiques d'adaptation à la sécheresse renvoient à la notion d'évitement ou l'esquive ou encore l'échappement ou aussi la précocité qui consiste à réaliser le cycle de développement pendant la période favorable ; c'est un moyen pour la plante de réduire ou d'annuler les effets de stress hydrique en évitant qu'il se produise au cours du cycle et en particulier au cours d'une phase sensible ou critique [31].

3.1.3.2. Paramètres morpho-physiologiques

La taille élevée des chaumes est souvent associée à un système racinaire profond de ça résulte une meilleure aptitude à extraire l'eau du sol [35]. Cette relation entre la hauteur de la plante et la résistance à la sécheresse améliore la capacité du remplissage du grain en cas de déficit hydrique à partir des quantités d'assimilés stockés dans la tige.

3.1.4. Résistance au froid

L'excès de froid peut nuire la croissance de la plante et freine son métabolisme ; ses chutes intenses sont responsables de nombreux troubles physiologiques [36].

La sensibilité au froid chez le blé varie selon son stade de développement, d'après [30] :

- Dès la germination la résistance est à son minimum, une température inférieure à 0°C entraîne la destruction de la graine ;
- Au stade plantule, la résistance au froid est minimale entre la levée et le pré-tallage et maximale au stade 4 à 5 feuilles (formation des racines secondaires) ;
- A la formation de l'épi, les gelées sont dangereuses car elles provoquent la coulure donc une baisse du rendement.

D'après DUTHIL [37], chez le blé des caractéristiques tel qu'un port étalé du tallage et des feuilles longues et étroites indiqueraient une certaine résistance au froid.

Ainsi que les sucres solubles exercent une action principale dans la protection des cellules contre le gel qui provoque la cristallisation de l'eau et la formation des cristaux, par l'augmentation de température [26].

En générale, la résistance au froid chez le blé dépend à la fois des facteurs génétiques et de l'état physiologique de la plante.

3.1.5. Résistance à la verse

En dehors de la verse pathologique due à l'attaque de la tige ou des racines par le piétin-verse, la verse physiologique fait suite à :

- Un déséquilibre glucides/azote, dû à l'excès d'azote par rapport au phosphore et potasse ;
- Un manque de lumière résultant d'un semis dense ; la base des tiges a une photosynthèse réduite, d'où une plus grande faiblesse ;
- Des pluies orageuses et des vents violents.

La lutte contre la verse physiologique peut se faire par l'utilisation des régulateurs de croissance ou limiteurs de verse qui ont pour effet d'épaissir les tiges et de limiter l'élongation des entre nœuds surtout ceux de la base [15].

3.1.6. Résistance aux maladies

L'utilisation prolongée des produits phytosanitaires comme une méthode de lutte contre les épidémies accidentelles ou localisées n'est pas justifiée à cause de leur coût, de leurs conséquences écologiques et des adaptations inévitables des parasites [38].

Ainsi que la création de variétés génétiquement résistantes aux parasites et aux agents pathogènes reste une méthode de lutte rarement durable et difficile, en raison de l'adaptation des parasites aux gènes de résistances, obligent le sélectionneur à modifier sans cesse les variétés pour surmonter la virulence des parasites [39].

3.2. Critères qualitatifs

La qualité d'un blé est une notion difficile à définir, car à chaque utilisation correspond des exigences qualitatives différentes.

La qualité technologique des grains s'élabore du semis à la récolte par le choix de la variété et une conduite adaptée en manière de fertilisation azotée et de la protection contre les déprédateurs parce qu'elle rend compte de la valeur d'utilisation réelle de blé.

Pour le blé tendre, la qualité technologique est caractérisée par sa valeur panifiable que l'on envisage sous l'angle de la valeur meunière et de la valeur boulangère [16]

Avant de détailler les critères de la qualité technologique de blé tendre ; il est très important de parler de la composition chimique d'un grain de blé comme montre le tableau 3.2

Tableau 3.2 : Composition chimique des différentes parties d'un grain de blé exprimée en pourcentage de la matière sèche [40]

Partie du grain	Matières azotées	Matières minérales	Matières grasses « lipides »	Matières cellulosiques	Pentosanes	Amidon
Péricarpe (4%)	7 - 8	3 - 5	1	25 - 30	35 - 43	0
Tégument (1%)	15 - 20	10 - 15	3 - 5	30 - 35	25 - 30	0
Reste de nucelle et assise protéique (7 à 9%)	30 - 35	6 - 15	7 - 8	6	30 - 35	10
Germe (3%)	35 - 40	5 - 6	15	1	20	20
Albumen (82-85%)	8 - 13	0.35 - 0.6	1	0.3	0.5-0.3	70-85
Grain entier (100%)	10 - 14	1.6 - 2.1	1.5 - 2.5	2 - 3	5 - 8	60 -70

Comme montre le tableau 3.2, le grain de blé est constitué essentiellement de :

➤ L'eau : elle est très importante dans le grain de blé, dans la mesure où elle constitue la base de toutes les réactions vitales durant le stockage.

➤ Les glucides : ils sont des substances polyfonctionnelles à la fois des éléments structuraux et des éléments de réserve particulièrement énergétiques, sont nettement majoritaires, plus de 60% constituée principalement par l'amidon [40]

Pour le blé tendre la fraction glucidique est de l'ordre de 70 à 75g pour 100g de matière sèche. Dans le grain de blé, les glucides existent sous forme de sucres simples (glucose, raffinose, fructose et saccharose) et amidon.

➤ Fibres alimentaires (Glycannes de structure) : comme la cellulose, l'hémicellulose, les pentosanes et la lignine sont concentrées dans les parties périphériques des grains de blé (enveloppe), mais cependant certains d'entre eux existent les parois entourant l'amande et sont donc présente dans la farine [41]. Ils sont responsable de la forme, la rigidité et de la cohésion des cellules.

➤ Les protéines : sont des matières organiques azotées outre que le carbone l'hydrogène et l'oxygène, elles renferment de l'azote, formé d'acides aminés reliés entre eux par une liaison peptidique. Ces matières azotées de blé sont inégalement réparties dans les différentes couches histologiques du grain ; elles se trouvent à une teneur élevée dans la zone comprise entre le tégument séminal et l'assise protéique, tandis que cette teneur est plus faible dans l'albumen ; la plus grande partie est localisée dans le germe 35 à 40% (Tableau 3.2).

Les protéines dans le grain de blés sont subdivisées en deux groupes : les albumines et globulines (15 à 20%de protéines) sont des protéines cytoplasmiques, les prolamines (30 - 40%protéines) et glutélines (40 - 50% protéines) sont des protéines de réserves accumulées dans l'albumen du grain, et sont les principaux constituants du gluten.

➤ Les lipides : ce sont des substances organiques à caractères gras et des composés énergétiques puisque l'oxydation de 1g de lipides libère38kj. La teneur en matière grasses des grains de blé est de 1.5 à 2.7%/ms, leur répartition dans

les tissus est très différente, la majorité se trouve dans le germe (15%) et les couches externes du grain, ces derniers contribuent à la structure des parois cellulaires [41].

➤ Les matières minérales : le grain de blé contient une quantité minime de matières minérales à raison de 1.6 à 2.1%/ms, tous les éléments minéraux y sont représentés dans des proportions, ils sont inégalement répartis, 80% se trouvent dans les enveloppes et 20% se répartissent entre le germe et l'albumen. Les principaux minéraux sont le phosphore, le potassium, le magnésium et le cuivre.

En plus de ces composants il y'a les enzymes qui sont présentes en petites quantité mais leur rôle semble fondamental dans la vie du grain et de la farine (KIGER, 1967). Elles sont localisées en grande partie dans la couche à aleurone et dans le germe. Et les vitamines qui sont essentiellement la vitamine E (α -tocophérol) vitamine liposoluble se trouve surtout dans le germe, vitamine du groupe B, B₁ (thiamine), B₂ (riboflavine) et la vitamine PP (niacine).

3.2.1. Valeur meunière

Elle se caractérise par le taux d'extraction et dépend de la qualité intrinsèque du blé et de sa préparation à la mouture, ce critère intéresse le meunier dont la préoccupation majeure est d'obtenir un rendement élevé en produit fini [43].

3.2.2. Valeur boulangère

D'après [41], la valeur boulangère représente la possibilité pour une farine de fournir une pâte qui se laissera travailler normalement, fermentant bien, possédant une capacité d'absorption d'eau suffisante, assurant la maniabilité et la tolérance de la pâte et après la cuisson elle donne un pain de volume et qualité élevée, à belle croûte, fine et dorée à bonne structure de mie, régulièrement et complètement alvéolée à saveur et odeur agréables.

Le développement optimal du pain ne peut être obtenu que si un certain compromis existe entre la force boulangère et la poussée gazeuses de la farine.

- La force boulangère : Ce critère s'illustre par l'aptitude d'une farine à retenir les gaz qui s'y dégagent, cette rétention est possible grâce au gluten, qui quantitativement et qualitativement communique à la pâte ses propres qualités plastiques (élasticité, ténacité et extensibilité), en plus des qualités physiques : tolérance au pétrissage, la capacité d'absorption d'eau [44].
- La poussée gazeuse : Ce paramètre représente la propriété ou la qualité fermentative de la pâte, il correspond à la production gazeuse durant la fermentation panair.

Les qualités fermentatives sont fonction :

- Du stock glucidique notamment de la richesse en sucres simples fermentescibles dans la pâte et de l'activité amylolytique optimal de la farine ;
- De l'activité de la levure qui doit être fraîche et de qualité régulière pour être apte à produire en quantité suffisante le gaz carbonique permettant le développement du pain ;
- Des qualités plastiques du gluten, permettant à la pâte la rétention du gaz et l'extensibilité nécessaire à la levée, en agissant sur l'alvéolage de la mie du pain.

3. 3. La gamme variétale en Algérie

La sélection des variétés effectuées dans le matériel végétal introduit des centres internationaux, principalement ICARDA et CYMMYT à permis de développer et de mettre à la disposition des agriculteurs, des variétés très performantes et adaptées aux conditions du milieu et dont la qualité technologique est bonne.

Aujourd'hui, une gamme assez variée de variétés est disponible sur le marché ; ce matériel végétal très divers, allie plusieurs caractères qui lui permettent d'être adapté à telle ou telle zone agro-écologique et possède aussi des caractères distinctifs sur le plan de la qualité technologique.

Le tableau ci dessous représente les variétés et leurs types de cycle végétatif cultivés en Algérie.

Tableau 3.3 : Variétés et type de précocité de blé tendre en Algérie [45]

Précoce	Semi précoce	Semi tardive	Tardive
Arz			
Anza			
Chelliff			
Florence Aurore			
Hiddab			
Hodna			
Isser			
Mimouni			
Nesser			
Rhumel			
Sidi Okba	Ain Abid	Bufalo	
Soummam	Almirante	Orion	Mahon Demias
Strampelli			
Tessalah			
West Bred			
Yakora Rojo			
Ziad			
Zidane			

CHAPITRE 4

INTERACTION GENOTYPE-ENVIRONNEMENT

4.1. Notion de génotype

Le génotype est la composition génétique d'un individu. Il est défini selon VESPA [46]; comme un arrangement de gènes.

Selon VERRIER et *al* [47]; le génotype d'un individu en un locus est l'ensemble des gènes qu'il possède à ce locus (deux gènes homologues pour un individu diploïde) ; le génotype en plusieurs locus est l'ensemble des génotypes à chacun des locus.

4.2. Notion du milieu

Le désigne l'environnement dans lequel vit l'individu observé, certains états physiologiques qui lui sont propres et l'observateur lui-même [47]

Il peut être défini par coordonnées de l'espace au sens large, dans lequel est placée la plante. En production végétale, on range dans cette catégorie des facteurs tels que l'année, la parcelle, les doses d'engrais appliquées aux différents stades de développement de la plante, les traitements phytosanitaires effectués et les conditions de récolte.

4.3. Notion de phénotype

D'après MACKENZIE et *al* [48], le phénotype est le produit de l'interaction génotype et son milieu.

Les variations phénotypiques observées pour un caractère quantitatif sont imputables à des différences de génotypes entre individus et à des différences de conditions de milieu dans les quelles sont placés les individus. Ces deux

composantes ne peuvent être mises en évidence, et donc prises en considération, comme si elles même des variations [47].

4.4. Interaction génotype milieu

Le phénotype qui émerge d'un organisme est une combinaison de son code génétique avec les stimuli environnementaux qui l'affectent durant le développement. Les gènes contrôlent davantage chaque aspect d'un organisme en faisant inclure la voie dont il répond à l'environnement, s'ils doivent être la composante dominante [49]

L'expression d'un même programme génétique peut se traduire par des phénotypes distincts dans des environnements changeants. Des changements d'expression permettent d'adapter la cellule à des environnements variés : phénomène de régulation de l'activité des gènes. Ces changements accompagnent le développement des organismes pluricellulaires complexes et la différenciation de leurs cellules [49]

Donc, les caractères biologiques de phénotypes sont en effet le résultat d'une interaction entre les gènes et l'environnement.

Il y'a une certaine dualité du génotype et du milieu ; la meilleur façon de caractériser un milieu, c'est d'y décrire les performances phénotypiques d'un ensemble de génotypes, et la meilleur façon de décrire un génotype c'est de décrire la variabilité de son comportement au travers des différents milieux. Pour comprendre les relations génotype milieu, il faut déployer le génotype dans différents milieux, mais aussi le milieu sur différents génotype [50]

4.5. Bases génétiques de l'interaction génotype milieu

L'existence d'interaction génotype milieu signifie que selon le milieu l'ensemble des gènes d'un génotype ne s'exprime pas de la même façon ; certains génotype sont plus stables que d'autres, leurs performances varient moins selon le milieu : ils sont plus homéostatiques. Ainsi lorsqu'il y'a de l'hétérosis, un hybride simple est souvent plus stable que ses parents. Cela est peut être due à l'hétérosis mais il peut exister des gènes de stabilité, des

systèmes de régulation permettant un meilleur fonctionnement du génotype dans des conditions assez variées de milieu.

Une autre cause de stabilité de comportement est l'hétérogénéité intra peuplement. Un peuplement plus hétérogène sera plus stable qu'un peuplement plus homogène s'il est formé de génotypes adaptés à différents milieux.

A partir de comportement de mélange, il est possible de formuler un modèle de fonctionnement des génotypes les plus stables. Il suffit de considérer qu'il existe des gènes d'adaptations aux différentes conditions de milieu et que ces gènes sont à des locis différents.

4.6. Adaptation

D'après LEVEQUE [51], lorsque les conditions de l'environnement se modifient, les génotypes qui produisent les phénotypes les plus aptes à répondre aux nouvelles contraintes ont un avantage adaptatif et sont sélectionnés au cours des générations successives.

L'adaptation est toujours le résultat de l'expression d'une combinaison harmonieuse de gènes, fonctionnant entre eux de façon intégrée et assurant la réalisation d'un phénotype qui prédispose les individus à survivre dans le milieu où ils vont le plus probablement naître [52]

Elle se caractérise par une modification du phénotype en réponse à un signal spécifique de son environnement, modification qui a une relation fonctionnelle étroite avec ce signal et conduit à une amélioration des fonctions biologiques, telles que la croissance, la reproduction et /ou la survie. STREANS cité par [51]

La valeur adaptive reflète la relation qui existe entre le phénotype d'un organisme et l'environnement de celui-ci, de sorte qu'un même phénotype présentera des valeurs adaptatives différentes dans des milieux distincts. Ceci provient en partie de fait que l'exposition à différents environnements au cours de développement d'un organisme conduit à l'apparition de phénotypes différents à partir de même génotype, mais même si le phénotype est identique, la réussite de l'organisme dépend de son environnement [53]

4.6. Modèles d'analyse de l'interaction

Différents modèles ont été proposés pour analyser les interactions entre le génotype et le milieu. Ils reposent tous sur un suivi du comportement dans une large gamme de situations différentes, d'un même groupe de variétés. Ces modèles d'étude doivent être considérés comme des modèles purement descriptifs du comportement : ils relèvent d'une approche biométrique qui ne cherche pas à définir ni à exprimer le rôle des facteurs de l'environnement ou le fonctionnement biologique de la plante [54]

CHAPITRE 5

MATÉRIELS ET MÉTHODES

5.1. But de l'étude

Il consiste à faire montrer l'effet de l'interaction génotype-environnement sur les paramètres agronomiques et technologiques d'une gamme variétale de blé tendre, à fin de cibler les potentiels génétiques qui expriment mieux leurs qualités agronomiques ou technologiques ou les deux à la fois en s'adaptant à deux milieux différents.

5.2. Localisation des essais

Les essais sont déroulés durant la campagne agricole 2009-2010 au niveau des deux stations expérimentales de l'institut Technique des Grandes Cultures (ITGC) :

➤ Station Oued-Smar

Elle se situe sur la partie Nord-Est de la plaine de Mitidja à une altitude de 24m ; latitude 36° 43 Nord et longitude 30° 84 Est. Elle se situe à la limite des zones littorales, cette région se bénéficie d'un climat méditerranéen à étage bioclimatique sub-humide, à hiver doux et pluvieux et été sec et chaud. Le sol est de type argileux limoneux.

➤ Station Guelma

Elle se situe en plaine à 272 mètres d'altitude ; elle se bénéficie d'un climat méditerranéen à étage bioclimatique sub-humide bien arrosé avec une période sèche allant généralement de la mi-mai à la mi-septembre. Le sol est de type argileux se fissurant en été et au moindre dessèchement.

5.3. Caractéristiques climatiques des sites

Les caractéristiques observées dans ces deux régions sont notamment la pluviométrie et la température. Ces deux facteurs ont un effet important sur le développement des céréales.

5.3.1 Précipitations

Les données pluviométriques enregistrées durant la campagne 2009-2010 dans les régions d'Oued-Smar et Guelma sont représentées dans le tableau 5.4:

Tableau 5.4 : Données pluviométriques de la campagne agricole 2009-2010 (Stations météorologiques de fermes expérimentales d'Oued-Smar et de Guelma)

Mois	Précipitations (mm)	
	Oued-Smar	Guelma
Septembre	74	5.2
Octobre	20.7	34.2
Novembre	59.5	40.2
Décembre	101.7	64.2
Janvier	53	88.8
Février	58.7	31.6
Mars	95.6	61.6
Avril	36.4	46
Mai	19.5	54
Juin	01.5	23
Pluviométrie cumulée en (mm)	520.6	448.8
Moy pluviométrique des 10 dernières années (mm)	588.5	471.25
Ecart	-67.9	-22.45

Le bilan pluviométrique de la campagne 2009-2010 est négatif par rapport la moyenne pluviométrique des 10 dernières années pour les deux sites

d'expérimentations et beaucoup plus pour le site d'Oued Smar avec un écart de 67.9 mm.

Au cours de la période automnale, la moyenne pluviométrique était bonne au niveau de la station d'Oued-Smar permettant une bonne préparation de lit de semence mais de favorisant le lessivage des éléments minéraux surtout l'azote, alors qu'au niveau de site de Guelma les conditions sont plus au moins sèches.

La période hivernale à été marquée par des chutes pluviométriques relativement abondantes au niveau des deux sites, ce qui permettait un bon démarrage de la culture.

Le printemps était aussi humide, surtout les mois de Mars et Avril, ce qui permettait au mieux le développement et la formation des composantes de rendements de la culture.

5.3.2. Températures

Les températures moyennes enregistrées pendant la campagne agricole 2009-2010 sont représentées dans le tableau 5.5 :

Tableau 5.5 : Températures enregistrées pendant la campagne agricole 2009-2010 (Station météorologiques de fermes expérimentales d'Oued-Smar et de Guelma)

Mois	Oued-Smar			Guelma		
	T c° max	T c°min	T c°moy	T c° max	T c°min	T c° moy
Sep	25.75	17	20.85	38.43	13.03	25.73
Oct	24.69	12.83	18.51	35.30	6.71	21
Nov	22.22	10.25	15.42	27.82	3.62	15.72
Dec	22.74	11.38	16.68	29.15	3.03	16.09
Jan	7.51	16.37	11.91	21	1.16	11.08
Fev	23.51	11.04	16.76	29	-0.4	14.3
Mar	19.43	9.05	14.03	28.71	-0.38	14.16
Avr	21	11.45	16.02	31.41	5.39	18.4
Mai	25.75	17	20.85	35.18	4.37	19.77
Jui	24.69	12.83	18.51	36.88	11.28	24.08

D'après le tableau, les températures maximales enregistrées dans le site d'Oued-Smar varient de 7.51C° pendant le mois de Janvier à 25.75C° pendant le mois de Septembre, alors que celles de Guelma varient de 21 à 38.43 C° pendant les mois de Janvier et Septembre. Elles sont les plus élevées mais n'ont pas coïncidé avec des périodes critiques de la culture.

En ce qui concerne les températures minimales, celles-ci n'ont pas d'effets néfastes ne sont pas dévastatrices pour les deux sites.

En générale ; les températures ont été douces et clémentes durant la campagne.

5.4. Protocole expérimental

5.4.1 Matériel végétal

L'essai a porté sur dix sept variétés de blé tendre (*Triticum aestivum*) de l'essai national 3^{ième} année de l'ITGC ; dont deux variétés sont utilisées comme témoins : Arz et Mahon Démias. Les caractéristiques des deux variétés sont bien détaillées dans le tableau 5.6:

Tableau 5.6 : Caractéristiques des deux variétés témoins (ITGC-ICARDA)

Caractéristiques		Mahon Démias	Arz
Origine		Iles Baléares	CIMMYT
Caractéristiques morphologiques	Compacité de l'épi	Très lâche	Lâche
	Couleur de l'épi	Blanc	Fortement coloré
	Hauteur de la plante à maturité	100 cm	95 à 100 cm
Caractéristiques culturales	Alternativité	Automne	Hiver
	Cycle végétatif	Tardif	Semi-précoce
	Tallage	Moyen à fort	fort
	Résistance ✓ Froid ✓ La verse ✓ La sécheresse ✓ Egrenage	Echappe aux gelées printanières Sensible Tolérante Résistance	Résistante Résistante Résistante Résistante
	Maladies ✓ Rouille jaune ✓ Rouille brune ✓ Rouille noir ✓ Piétin échaudage ✓ Oïdium ✓ Septoriose	Tolérante Sensible Sensible Assez sensible Modérément sensible Modérément sensible	Résistante Moyennement sensible
Caractéristiques qualitatives	Poids de mille grains	Elevé	Elevé
	Taux de protéines	13.7%	11.7%
	Force boulangère W	Faible	Elevé
	Gonflement G	Faible	Bon
Zones d'adaptation	/	Hauts-Plateaux	Littoral, plaines intérieures
Productivité	/	16 qx/ha	30 qx/ha

5.4.2. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental adopté pour ces essais est un bloc aléatoire complet dont :

- Nombre de facteur à étudier : 02 (Environnement et Génotype)
- Nombre de traitement de base : 34 traitements.
- Nombres de répétition : 03
- Nombre de parcelles expérimentales sur les deux sites d'expérimentation est de 102.

Les dimensions de chaque parcelle élémentaire étaient de 05 m pour la longueur et 1.2 m pour la largeur, d'où 06 m² de superficie.

5.4.3. Traitements

L'expérimentation comprend deux facteurs étudiés :

1. Environnement : présente 02 niveaux E1 = Oued-Smar, E2 = Guelma.
2. Variété : Présente 17 niveaux qui sont représentés dans le tableau 5.7 :

Tableau 5.7 : Variétés expérimentées

Signe	Nom de variété	Signe	Nom de variété
V1	Arz	V10	Burbot-4wxd880137a
V2	Mahon Démias	V11	Attila/3*bcn//bav92/3/tilhi
V3	Nac/th.ac//3*pvn/3/mirol/..	V12	Eskina-8cit925080selec
V4	Goubara-1	V13	Angi-4
V5	Caledon (p1137739)/*	V14	Mila,/s87230//huites
V6	Hamam -1	V15	Wbl1*2/tukuru
V7	5119	V16	Tevee's//crow/vee's'
V8	Wbl1/kamb1//pastor	V17	Cham-6
V9	Bilinmeyen-10	/	

Remarque : les variétés Arz (V1) et Mahon Démias (V2) sont les variétés témoins.

5.5. Conduite de l'essai

5.5.1. Précédent cultural

Pour le site de Oued-Smar, le précédent cultural était une culture céréalière qui est un mauvais précédent parce qu'il appartient à la même famille botanique que notre culture ; donc il y'a risque de maladies, baisse de productivité ; appauvrissement du sol en éléments minéraux et en plus son salissement du sol.

Le précédent cultural du site de Guelma était une culture légumineuse qui est considéré comme un bon précédent cultural : laisse la terre propre, améliore la structure du sol et enrichi le sol en éléments fertilisants.

5.5.2. Travail du sol

Les différentes opérations du travail du sol réalisées sont :

- Déchaumage fin de juin – début de juillet 2009;
- Labour moyen à l'aide d'une charrue bisoc réversible le 17 Novembre 2009 dans le site d'Oued-Smar et labour profond à la charrue à socs dans le site de Guelma;
- Façons superficielles ; recroisement par le cover crop et l'hersage par l'herse rotative ;
- Passage du rouleau après le semis.

5.5.3. Fumure de fond

Epannage d'engrais phosphaté de l'ordre de 02qx/ha comme fumure du fond.

5.5.4. Fumure azotée

Un apport de fumure azotée de l'ordre de 01ql/ha.

5.5.5. Semis

Le semis en ligne à été effectué à une profondeur de 3cm à l'aide d'un semoir expérimental le 10 Décembre 2009. Le peuplement est de 300 graines/ m².

5.5.6. Désherbage chimique

La pulvérisation d'un herbicide «Chevalier» à la dose de 300g/ha dans la station d'Oued-Smar, et l'utilisation de l'herbicide «Topik et Zoom» a la dose de 0.75L/400L/ha dans la station de Guelma.

5.5.6. Récolte

La récolte à été effectuée au début de moi de Juin dans la station d'Oued-Smar et au mi de Juin dans la station de Guelma, à l'aide d'une moissonneuse-batteuse expérimentale.

5.6. Méthodes d'étude

5.6.1. Etude des paramètres liés à la culture

5.6.1.1. Hauteur des plants à la floraison

A la floraison de la culture, la hauteur des pieds de blé à été mesuré à partir de 12 pieds choisis au hasard sur chaque parcelle élémentaire.

La mesure a été prise de la base de la tige jusqu'à l'épi sans inclure les barbes.

5.6.1.2. Rendement

Après la récolte et le battage des épis, les grains récupérés sont nettoyés et triés ; ils sont ensuite pesés : on a ainsi la quantité récoltée en Kg/parcelle élémentaire qui est convertie en quintaux par hectare.

5.6.2. Etude des paramètres technologiques

5.6.2.1. Poids de mille grains

La détermination de la masse de mille grains entiers est faite automatiquement à l'aide de l'appareil NUMIGRAL et la pesée à l'aide d'une balance de précision (NFV03-702).

5.6.2.2. Dosage de l'eau

On entend conventionnellement par la teneur en eau, la perte de masse c_{xr} exprimée en pourcentage subie par produit.

La détermination de cette paramètre est effectué selon la méthode normalisée NA 1123/1990 ; le principe de cette dernière est de sécher le produit à

une température comprise entre 130° et 133°C à pression atmosphérique normale après son broyage éventuel ; la durée de séchage est de 02 heures pour la mouture des produits grossiers et de 01h30 minutes pour les farines et les semoules.

La teneur en eau est exprimée en pourcentage massique du produit tel quel est donnée par la formule suivante :

$$TE \% = \frac{M_1 - M_2}{M_1 - M_0} \times 100$$

Où :

M_0 : masse de la capsule vide et son couvercle en gramme ;

M_1 : masse de la capsule et son couvercle plus la prise d'essai avant séchage en gramme

M_2 : masse de la capsule et son couvercle plus la prise d'essai après le séchage, en gramme ;

TE : teneur en eau.

5.6.2.3. Transformation de blé tendre en farine

La transformation comprend trois étapes différentes :

a. Nettoyage : les grains de blé ont été débarrassés de toutes les impuretés : grains étrangers, grains d'autres céréales, paille, pierres, grains ergotés et fusariés.

b. Conditionnement : Le principe est de ramener les grains à une humidité de 16.5%, cette humidité permet une bonne séparation de l'amande farineuse des enveloppes.

Le volume d'eau à ajouté au blé est calculé selon la formule suivante :

$$V = 100 (H_f - H_i) / 100 - H_f$$

Où :

V : le volume à ajouter pour 100g d'échantillon ;

H_f : humidité finale du blé (16.5) ;

H_i : humidité initiale du blé.

c. Taux d'extraction : il détermine le rendement en farine, exprimé par le rapport :

Taux d'extraction = poids de farine extraite / poids de blé mis en œuvre x 100

5.6.2.4. Taux de cendres

La détermination du taux de matière minérale, principalement répartie dans les enveloppes et le germe, permet de donner une indication sur le taux d'extraction en meunerie.

La détermination est effectuée suivant la norme NA 733, 1991 et selon le principe qui consiste à incinérer une prise d'essai dans une atmosphère oxydante, à une température de (900 ± 25) °C, jusqu'à combustion complète de la matière organique et pesée du résidu obtenu.

L'expression des résultats est donnée par la formule suivante :

$$TC \% = M_1 \times 100 / M_0 \times 100 / 100 - H$$

Où :

M_0 : la masse de la prise d'essai en gramme ;

M_1 : la masse du résidu en gramme ;

H : teneur en eaux, en pourcentage en masse de l'échantillon pour essai ;

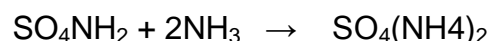
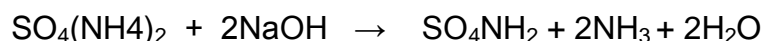
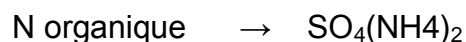
TC : taux de cendres en pourcentage de la matière sèche.

5.6.2.5. Teneur en protéine de la farine

La teneur en protéine est calculée à partir de la multiplication de la teneur d'azote par le coefficient 5.7. L'azote est dosée selon la méthode de KJELDHAL appliquée aux céréales sous la référence NA 1185/1990.

Le principe de cette méthode consiste à :

➤ Transformation de l'azote organique en sulfate d'ammonium sous l'action de l'acide sulfurique concentré, à chaud, en présence d'un catalyseur approprié ;



➤ Alcalinisation des produits de la réaction ;

➤ Distillation de l'ammoniac libéré et titrage ;

➤ Multiplication des résultats par un facteur adéquat : 5.7 pour le blé.

La teneur en protéine rapportée à la matière sèche se calcule selon la formule suivante :

$$TP \% = N \times K \times 100 / 100 - H$$

Où :

K : facteur de conversion 5.7 ;

N : teneur en azote de la prise d'essai en (%) ;

H : teneur en eau de l'échantillon.

5.6.2.6. Indice de Zélény

Il donne une indication globale sur la quantité et la qualité du gluten. Ce test permet de faire une mesure rapide de la qualité car la détermination n'exige pas d'extraction préalable ni de dosage chimique.

La détermination est effectuée selon la méthode normalisée NA 1184/1994, dont son principe consiste à mettre la farine en suspension dans un mélange d'eau d'acide lactique et de bleu de bromophénol. On mesure la hauteur du sédiment par des temps d'agitation et de repos et on effectue une lecture directe de l'indice de sédimentation variant de 0 à 70 unités :

- 0 à 18 : insuffisant ;
- 18 à 28 : bonne valeur ;
- 28 à 38 : très bonne valeur ;
- 38 à 70 : blé de force.

5.6.2.7. Test de sédimentation SDS

Il permet de donner une indication globale sur la qualité du gluten de blé. La méthode pratiquée utilise une solution de SDS (Sodium Dodecyl Sulfate).

Le volume de sédimentation est la valeur de la lecture directe sur l'éprouvette graduée en millilitre.

5.6.2.8. Taux de gluten

Les protéines de la farine de blé ont la particularité, lorsqu'elles sont suffisamment hydratées et malaxées, de se grouper en un réseau que l'on appelle

le gluten. Ce dernier transmet à la pâte ses caractéristiques d'extensibilité, d'élasticité, de ténacité, de cohésion et de rétention gazeuse.

La détermination de la teneur en gluten est effectuée selon la norme NA 735 / 1991. La méthode consiste à préparer une pâte au moyen d'un échantillon de farine et d'une solution de chlorure de sodium (20 g/l). Isoler du gluten humide par lixiviation sous un filet de solution saline, puis essorer de la pâte à l'aide de l'appareil glutomatic et pesée du produit obtenu (gluten humide), suivi d'un séchage dans le glutosec en vue d'obtenir le gluten sec.

L'extraction peut être soit mécanique si l'appareil glutomatic est disponible soit manuelle en cas d'absence de l'appareil comme notre cas.

Le gluten humide exprimé en pourcentage en masse du produit rapporté à la matière sèche est :

$$GH \% = m \times 1000 / 100 - H$$

Où :

GH : gluten humide rapporté à la matière sèche ;

m : la masse en gramme de gluten humide ;

H : teneur en eau de l'échantillon.

Le gluten sec exprimé en pourcentage en masse du produit rapporté à la matière sèche est

$$GS \% = m' \times 1000 / 100 - H$$

Où :

GS : gluten sec rapporté à la matière sèche ;

m' : la masse en gramme de gluten sec ;

H : teneur en eau de l'échantillon.

5.6.2.9. Alvéographe Chopin

Ce test permet de déterminer, au moyen d'un alvéographe, certaines caractéristiques rhéologiques des pâtes obtenues à partir de farine de blé tendre constituant un facteur important de leur valeur d'utilisation.

Echelle de notation :

- Blé de type boulangerie : W = 130 – 180, G = 20 – 23, P/L = 0.45 - 0.65
- Blé améliorant : W = 180 – 250, P/L = 0.45 - 0.65
- Blé de force : W > 250
- Blé impanifiable : W < 130

➤ Blé panifiable courant : $W = 130 - 250$, P/L non équilibré.

Où :

W : représente le travail de déformation de la pâte soumise à l'essai, il est en relation avec la surface du diagramme et donne une bonne indication de la force boulangère.

G : indice de gonflement, déduit de la longueur L, exprime l'extensibilité de la pâte.

P : pression maximale, rend compte de la ténacité, il est d'usage de parler du rapport P/L pour exprimer l'état d'équilibre entre la ténacité et l'extensibilité (0.45 à 0.65)

Selon la norme ISO 5530/4 ; la méthode consiste à préparer une pâte à teneur en eau constante, à partir d'une farine de blé tendre et d'eau salée. Former des éprouvettes de pâte sous forme de disque, après un temps de repos déterminé et réglage de l'épaisseur de l'éprouvette, extension biaxial par gonflement sous forme de bulle en fonction du temps. Appréciation des caractéristiques de la pâte d'après la surface et la forme des diagrammes obtenus.

Les résultats sont calculés à partir des cinq courbes obtenues (figure 5.2). Toute fois si l'une d'entre elles s'écarte notablement des quatre autres, il n'en sera pas tenu compte dans l'expression des résultats.

➤ Suppression maximale **P** : La moyenne des ordonnées maximales mesurés en millimètres et multipliée par 1.1 représente la valeur de la suppression maximale P, qui est en relation avec la résistance de la pâte à la déformation.

➤ Abscisse moyen à la rupture **L** : elle est mesurée en millimètre sur la ligne de zéro, à partir de l'origine des courbes jusqu'au point correspondant verticalement à la chute nette de pression due à la rupture de la bulle.

➤ Indice de gonflement **G** : c'est la moyenne des indices de gonflement lus sur l'abaque de gonflement correspondant aux abscisses de rupture. Cette valeur est la racine carré du volume d'air, exprimé en millilitres nécessaire pour développer la bulle jusqu'à rupture.

➤ Rapport **P/L** : ce rapport est conventionnellement appelé rapport de configuration de la courbe.

➤ Travail de déformation **W** : un diagramme moyen est établi à partir des moyenne des ordonnées jusqu'à l'abscisse moyenne à la rupture L, la surface « S » du diagramme en centimètres carrés est mesurée au moyen de l'abaque planimétrique $W = 6.54 \times S$.

Les résultats doivent être considérés comme le résultat d'un test technologique et exprimés de la façon suivante :

P et L à l'unité près (sans fraction décimale de millimètre) ;

G à 0.5 unité près ;

W à 5 unité près.

5.7. Méthode d'analyse statistique

A l'aide d'un logiciel STATICF nous avons effectué l'analyse statistique des résultats obtenus, qui consiste en une analyse de variance ; si cette analyse révèle des différences, une comparaison des moyennes à l'aide du test de Newman-Keuls permettra de faire un classement à un seuil d'erreur de 5%.

La signification des différences est exprimée en fonction de la probabilité :

$P > 0.005$: La différence entre les traitements est non significative ;

$0.01 < P < 0.05$: La différence entre les traitements est significative ;

$0.001 < P < 0.01$: La différence entre les traitements est hautement significative ;

$P < 0.001$: La différence entre les traitements est très hautement significative.

Le test Newman-Keuls permet de constituer des groupes de traitements homogènes en se basant sur la plus petite amplitude significative (ppas).

En cas de plusieurs facteurs étudiés, l'interprétation consiste à examiner l'effet de l'interaction de ces facteurs s'il est significatif, si non on interprète séparément chaque facteur comme lors d'un essai simple, en recherchant les différences significatives.

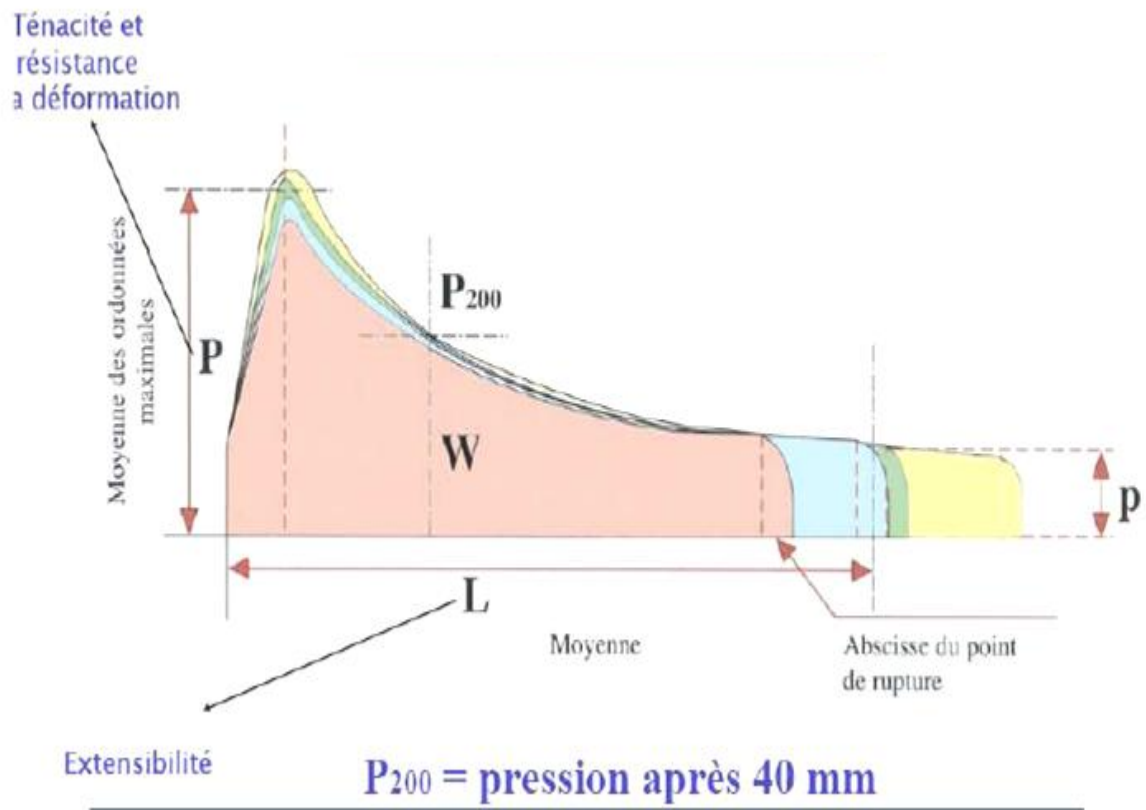


Figure 5.2 : courbes d'Alvéographe Chopin [42]

CHAPITRE 6

RÉSULTATS ET DISCUSSION

6.1. Analyses des paramètres liées à la culture

6.1.1. Hauteur à la floraison

Les résultats sont représentés et illustrés dans le tableau 6.8 et la figure 6.3.

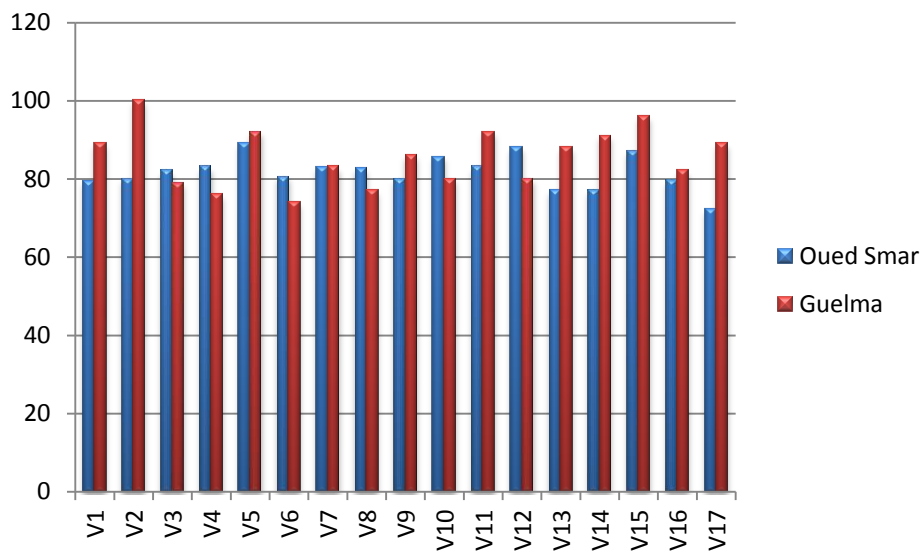


Figure 6.3 : Effet de l'interaction G-E sur la hauteur des plants à la floraison.

Tableau 6.8 : Hauteur des plants à la floraison.

Facteur	Traitements	Moy \pm Ecart type	Probab	Groupes homogènes
Interaction G-E	V1E1	79.50 \pm 1.32	0.0000 THS	FGHI
	V1E2	89.00 \pm 2.00		CD
	V2E1	80.00 \pm 1.80		FGHI
	V2E2	100.00 \pm 2.00		A
	V3E1	82.00 \pm 1.80		DEFGH
	V3E2	79.00 \pm 1.73		GHI
	V4E1	83.00 \pm 3.04		DEFGH
	V4E2	76.00 \pm 1.50		HIJ
	V5E1	89.00 \pm 5.22		CD
	V5E2	92.00 \pm 2.65		BC
	V6E1	80.50 \pm 1.32		EFGHI
	V6E2	74.00 \pm 2.65		IJ
	V7E1	82.83 \pm 1.26		DEFGH
	V7E2	83.00 \pm 3.00		DEFGH
	V8E1	82.50 \pm 2.78		DEFGH
	V8E2	77.00 \pm 3.04		HIJ
	V9E1	80.00 \pm 2.65		FGHI
	V9E2	86.00 \pm 2.00		CDEFG
	V10E1	85.67 \pm 1.53		CDEFG
	V10E2	80.00 \pm 4.00		FGHI
	V11E1	83.00 \pm 7.00		DEFGH
	V11E2	92.00 \pm 2.29		BC
	V12E1	88.00 \pm 1.73		CDE
	V12E2	80.00 \pm 3.61		FGHI
	V13E1	77.00 \pm 2.00		HIJ
	V13E2	88.00 \pm 1.73		CDE
	V14E1	77.00 \pm 2.65		HIJ
	V14E2	91.00 \pm 1.32		BC
	V15E1	87.00 \pm 2.65		CDEF
	V15E2	96.00 \pm 2.00		AB
	V16E1	79.67 \pm 1.61		FGHI
	V16E2	82.00 \pm 2.65		DEFGH
	V17E1	72.17 \pm 2.57		J
	V17E2	89.00 \pm 1.00		CD

L'analyse de la variance de l'interaction génotype-environnement révèle une différence très hautement significative.

Le test NEWMAN et KEULS classe les différents traitements en plusieurs groupes homogènes et fait ressortir les meilleures hauteurs.

Les différentes hauteurs sont comprises entre 100 et 72.17 cm. La meilleure hauteur est enregistrée par la variété témoin Mahon Démias au site de Guelma qui est classé en groupe A, suivi par la variété V15 en groupe AB en site de Guelma, par contre la plus faible hauteur à été obtenue par la variété Cham-6 au site d'Oued Smar avec une valeur de 72.17 cm.

Lorsque les conditions climatiques sont moins contraignantes lors de la phase de remplissage, tel que le cas étudié, la plante fait moins appel aux réserves d'assimilés et arrive à assurer le remplissage du grain avec le produit de l'activité photosynthétique de la post-anthèse. Par contre, lorsque les conditions climatiques durant cette phase sont contraignantes, l'activité photosynthétique est réduite ou devient nulle, la plante fait alors appel aux assimilés stockés dans les tiges, réduit la durée de la phase végétative et accroît son taux de remplissage. Ces caractéristiques sont dépendantes des génotypes [55].

Plus que les variétés à pailles longues sont souvent associées à un système racinaire profond et donc une meilleure attitude à extraire l'eau du sol [35] ces génotypes sont très appréciés par les agriculteurs algériens car leur paille est destinée à l'alimentation de leur cheptel.

6.1.2. Rendement

Les résultats sont représentés et illustrés dans le tableau 6.9 et la figure 6.4.

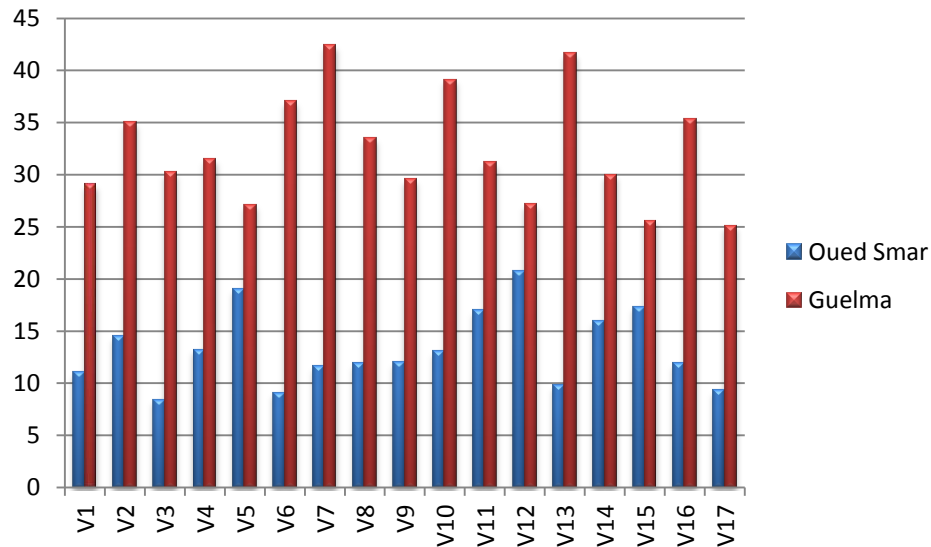


Figure 6.4 : Effet de l'interaction G-E sur le rendement en grains

L'analyse de la variance de l'interaction génotype environnement montre un effet très hautement significatif pour le caractère rendement.

Le test NEWMAN et KEULS classe les différents traitements en plusieurs groupes homogènes, dont les meilleurs rendements sont obtenus par les variétés V7 et V13 de 42.42 qx/ha et 41.61qx/ha successivement dans le site de Guelma ; alors que le plus faible rendement est obtenu par la variété V3 de 08.42 qx/ha dans le site d'Oued Smar comme montre le tableau 6.9.

Tableau 6.9 : Rendement en grains.

Facteurs	Traitements	Moy \pm Ecart type	Probab	Groupes homogènes
Interaction G-E	V1E1	11.06 \pm 1.37	0.0000 THS	MLK
	V1E2	29.08 \pm 2.18		EFG
	V2E1	14.50 \pm 1.09		IJKL
	V2E2	35.05 \pm 0.30		BCD
	V3E1	8.42 \pm 0.81		M
	V3E2	30.25 \pm 1.97		DEFG
	V4E1	13.20 \pm 2.49		JKLM
	V4E2	31.47 \pm 1.62		DEF
	V5E1	19.03 \pm 1.48		HI
	V5E2	27.08 \pm 2.71		FG
	V6E1	9.06 \pm 1.70		LM
	V6E2	37.00 \pm 2.80		BC
	V7E1	11.63 \pm 1.33		JKLM
	V7E2	42.42 \pm 2.15		A
	V8E1	11.86 \pm 1.48		JKLM
	V8E2	33.49 \pm 3.24		CDE
	V9E1	11.99 \pm 2.12		JKLM
	V9E2	29.57 \pm 3.16		EFG
	V10E1	13.05 \pm 1.83		JKLM
	V10E2	39.09 \pm 3.01		AB
	V11E1	16.92 \pm 2.47		HIJ
	V11E2	31.13 \pm 1.43		DEF
	V12E1	20.72 \pm 1.72		H
	V12E2	27.15 \pm 1.91		FG
	V13E1	9.74 \pm 0.53		LM
	V13E2	41.61 \pm 4.28		A
	V14E1	15.97 \pm 2.47		HIJK
	V14E2	29.97 \pm 2.28		DEFG
	V15E1	17.36 \pm 2.76		HIJ
	V15E2	25.56 \pm 2.42		G
	V16E1	11.89 \pm 1.67		JKLM
	V16E2	35.29 \pm 2.66		BCD
	V17E1	9.34 \pm 0.98		LM
	V17E2	25.10 \pm 1.86		G

La station d'Oued Smar qui est une zone favorable à la culture du blé tendre a enregistré les rendements les plus faibles que ceux de la station de Guelma. Ces résultats seraient la conséquence des dernières pluies printanières ; qui auraient été favorables au développement des maladies cryptogamiques et des mauvaises herbes entrant en compétition avec la culture.

Il est à noter que le précédent cultural qui a été une légumineuse alimentaire dans la station de Guelma, permet à la culture de bénéficier de l'azote fixée par symbiose du fait que le début d'automne était plus au moins sec, et donc pas de lessivage de cet élément principal.

D'après les résultats de cette analyse, on note une différence de comportement entre les génotypes, qui s'expliquerait par l'influence de l'environnement exercé sur les rendements. Lorsque les bonnes conditions environnementales sont réunies, les génotypes s'expriment mieux leur aptitude génétique et donneront des rendements élevés ; ainsi que les performances des céréales sont sous le contrôle des caractéristiques endogènes propres à chaque cultivar et ne peuvent s'exprimer totalement que sous des conditions environnementales optimales [56].

Il est à signaler que le premier critère de choix d'une variété est la stabilité du rendement et non un rendement élevé mais hautement dépendant des conditions climatiques d'année défavorable [57].

6.2. Paramètres technologiques

6.2.1. Poids de mille grains

Les résultats sont représentés et illustrés dans le tableau 6.10 et la figure 6.5.

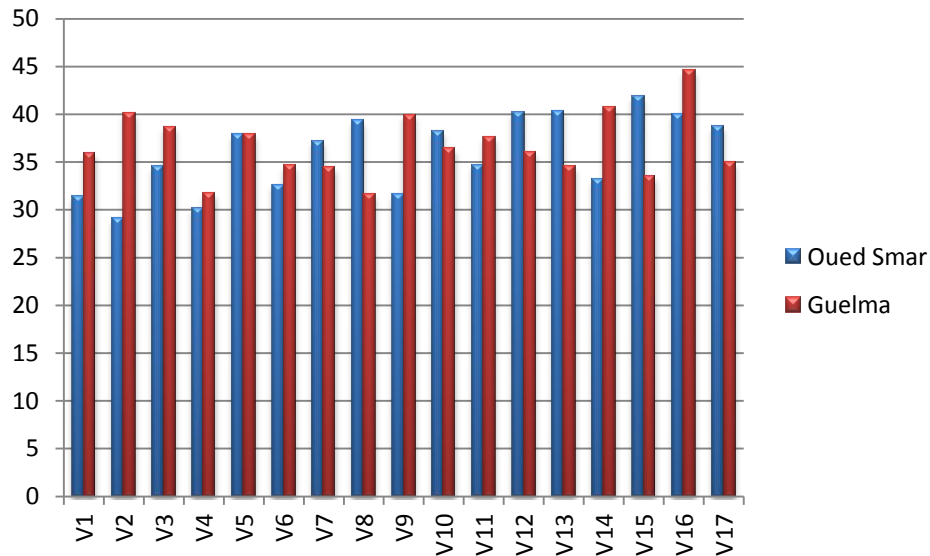


Figure 6.5 : Effet de l'interaction G-E sur le poids de mille grains

L'analyse de la variance de l'interaction génotype milieu révèle un effet très hautement significatif du caractère poids de mille grains des variétés expérimentées.

D'après le tableau 6.10 ; le test de NEWMAN et KEULS classe les traitements étudiés en plusieurs groupes homogènes. L'ensemble de valeurs oscille entre 44.59 et 29.12g, dont le poids de mille grains le plus élevé est enregistré par la variété V16 (44.59g) dans le site de Guelma suivi par la variété V15 au site d'Oued Smar avec une valeur de 41.81g ; alors que le plus faible poids de mille grains est obtenu par la variété témoin V2 au site d'Oued Smar et ce pour une valeur de 29.12 g.

Tableau 6.10 : Poids de mille grains des génotypes étudiés.

Facteur	Traitements	Moy \pm Ecart type	Probab	Groupes homogènes
Interaction G-E	V1E1	31.38 \pm 0.12	0.0000 THS	M
	V1E2	35.87 \pm 0.24		HI
	V2E1	29.12 \pm 0.12		O
	V2E2	40.09 \pm 0.27		CD
	V3E1	34.48 \pm 0.38		JK
	V3E2	38.67 \pm 0.24		EF
	V4E1	30.15 \pm 0.33		N
	V4E2	31.68 \pm 0.45		M
	V5E1	37.9 \pm 0.28		FG
	V5E2	37.89 \pm 0.14		FG
	V6E1	32.61 \pm 0.83		LM
	V6E2	34.67 \pm 0.47		JK
	V7E1	37.25 \pm 0.49		G
	V7E2	34.38 \pm 0.42		JK
	V8E1	39.35 \pm 0.45		DE
	V8E2	31.58 \pm 0.72		M
	V9E1	31.6 \pm 0.28		M
	V9E2	39.93 \pm 0.47		CD
	V10E1	38.2 \pm 0.63		EFG
	V10E2	36.37 \pm 0.52		H
	V11E1	34.75 \pm 0.42		JK
	V11E2	37.6 \pm 0.28		FG
	V12E1	40.22 \pm 0.77		CD
	V12E2	36.02 \pm 0.04		HI
	V13E1	40.35 \pm 0.15		CD
	V13E2	34.55 \pm 0.64		JK
	V14E1	33.16 \pm 0.55		L
	V14E2	40.74 \pm 0.20		C
	V15E1	41.81 \pm 0.09		B
	V15E2	33.51 \pm 0.28		KL
	V16E1	40.09 \pm 0.08		CD
	V16E2	44.59 \pm 0.65		A
V17E1	38.71 \pm 0.08	EF		
V17E2	34.96 \pm 0.65	IJ		

Cette différence notée entre les valeurs de poids de mille grains de différents génotypes pourrait provenir d'une part du caractère variétal et d'autre part des conditions environnementales dans lesquelles ont évolué les génotypes étudiés.

L'accumulation de la biomasse dans les grains est le résultat de la confrontation entre la demande des grains qui représentent les puits et l'offre en assimilats assurée par la source au niveau de la culture. Ainsi le remplissage des grains est assuré en grande partie par les assimilats transloqués en post-floraison, le reste provient de l'épi et de la remobilisation à partir des tiges.

Pour une variété donnée, à partir d'un certain nombre de grains seuil, le PMG est corrélé négativement au nombre de grains par mètre carré [58] et [59]. Ce dernier résultat est la conséquence d'une compétition qui s'établit entre les grains pour les assimilats ce qui engendre souvent la chute du PMG.

Selon l'échelle de classification du poids de mille grains, les génotypes étudiés sont classés comme montre le tableau ci-dessous :

Tableau 6.11 : Classification des géotypes selon le poids de mille grains.

Très petits 15 – 25 g	Petits 25 -36 g	Moyens 36 -45 g	Gros 45 – 55 g	Très gros >55 g
	V1-E2	V16-E2		
	V17-E2	V15-E1		
	V11-E1	V14-E2		
	V6-E2	V13-E1		
	V13-E2	V12-E1		
	V3-E1	V2-E2		
	V7-E2	V16-E1		
	V15-E2	V9-E2		
	V14-E1	V8-E1		
	V6-E1	V17-E1		
	V4-E2	V3-E2		
	V9-E1	V10-E1		
	V8-E2	V5-E1		
	V1-E1	V5-E2		
	V4-E1	V11-E2		
	V2-E1	V7-E1		
		V10-E2		
		V12-E2		

6.2.2. Teneur en eau

Les résultats sont représentés par le tableau 6.12 et la figure 6.6.

Tableau 6.12 : La teneur en eau des grains

Variétés	Teneur en eau des grains (%)	
	Oued Smar	Guelma
V1	12.97	11.61
V2	12.88	11.40
V3	12.96	11
V4	12.89	10.85
V5	12.76	11.46
V6	12.88	10.96
V7	13.04	11.96
V8	12.87	11.88
V9	12.55	12.47
V10	12.61	11.55
V11	12.27	11.06
V12	12.56	11.80
V13	12.76	11.31
V14	12.49	11.52
V15	12.41	11.48
V16	12.31	12.14
V17	12.52	12.21

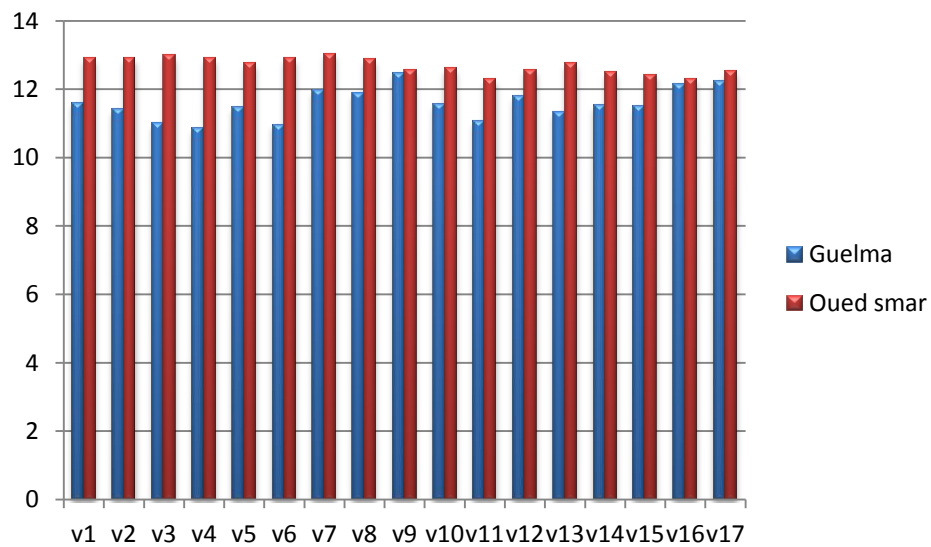


Figure 6.6 : Teneurs en eau des grains.

D'après le tableau, les teneurs en eau des grains pour les deux stations oscillent entre 10.85 et 13.04 %. D'après GODON [41] les valeurs courantes sont aux environs de 14%.

On constate que les teneurs les plus basses sont celles des variétés pour l'environnement de Guelma dont la plus basse est obtenue par le génotype V4 (10.85%) ; alors que les valeurs les plus élevées sont celles de l'environnement d'Oued Smar, dont la variété V7 a enregistré la teneur la plus élevée.

Les fluctuations des teneurs en eau des grains remarqués dans les deux environnements, marquent une différence de potentiels entre les génotypes sensibles aux facteurs du milieu.

6.2.3. Taux d'extraction

Les résultats sont représentés et illustrés par le tableau 6.13 et la figure 6.7.

Tableau 6.13 : Taux d'extraction des variétés en farine (%)

Variétés	Taux d'extraction (%)	
	Oued Smar	Guelma
V1	51.42	60.65
V2	55.9	46.85
V3	54.22	66.65
V4	54.54	63.35
V5	62.31	63.3
V6	58.75	61.3
V7	61.25	55.55
V8	54.15	60
V9	51.10	68
V10	56.84	61.7
V11	50.04	65.5
V12	53.42	51.88
V13	56.35	65.20
V14	59.13	65.62
V15	59.01	61.7
V16	59.61	61.85
V17	56.86	61.66

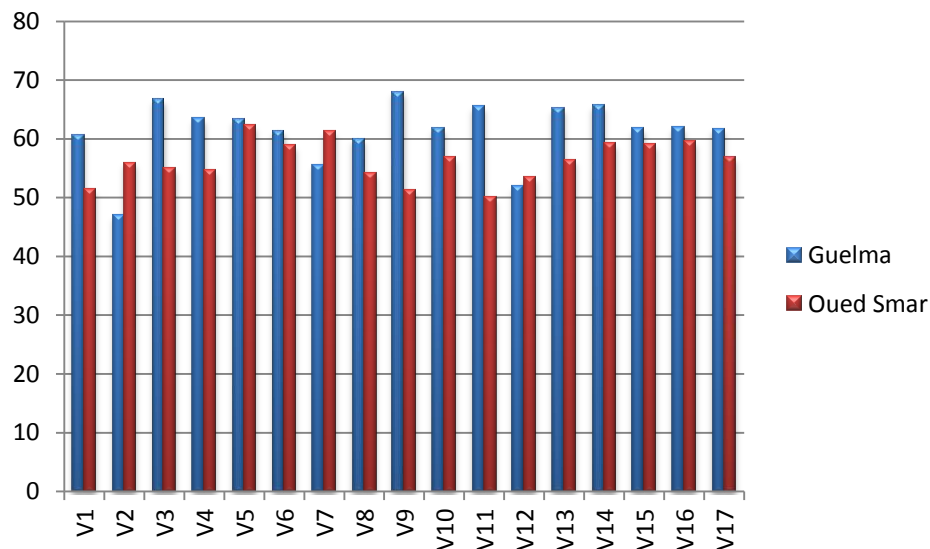


Figure 6.7 : Taux d'extraction des génotypes en farine(%)

D'après le tableau et la figure si dessus, l'ensemble des taux d'extractions des différents géotypes sont rapprochés sauf pour les variétés V1 (60.65%), V3 (66.65%), V9 (68%), V11 (65.5%) et V13 (65.20%) de l'environnement de Guelma qui ont montré des taux d'extraction plus élevés que celles cultivés de l'environnement d'Oued Smar. Les variétés V2 (55.9%) et V7 (61.25%) ont enregistré des taux d'extractions plus élevés au site d'Oued Smar.

L'ensemble des variétés qui ont enregistré des taux d'extractions élevés ont aussi enregistré des poids de mille grains élevés, ce qui confirme la corrélation positive entre le poids de mille grains et le taux d'extraction des grains en farine.

6.2.4. Taux de cendres des grains

Les résultats sont représentés par le tableau 6.14 et illustrés dans la figure 6.7.

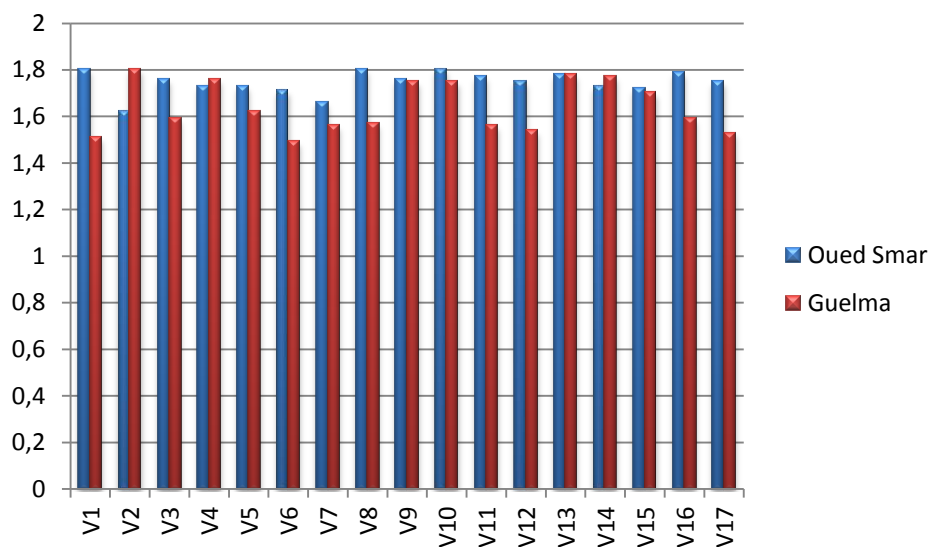


Figure 6.7 : Effets de l'interaction géotype environnement sur le taux de cendres des grains.

Tableau 6.14 : Taux de cendres des grains.

Facteurs	Traitements	Moy \pm Ecart type	Probab	Groupes homogènes
Interaction G-E	V1E1	1.8 \pm 0.01	0.0000 THS	A
	V1E2	1.51 \pm 0.01		HI
	V2E1	1.62 \pm 0.01		EF
	V2E2	1.80 \pm 0.03		A
	V3E1	1.76 \pm 0.01		ABC
	V3E2	1.59 \pm 0.01		FG
	V4E1	1.73 \pm 0.01		ABC
	V4E2	1.76 \pm 0.03		ABC
	V5E1	1.73 \pm 0.03		ABC
	V5E2	1.62 \pm 0.01		EF
	V6E1	1.71 \pm 0.03		BCD
	V6E2	1.49 \pm 0.03		I
	V7E1	1.66 \pm 0.01		DE
	V7E2	1.56 \pm 0.01		FGH
	V8E1	1.8 \pm 0.03		A
	V8E2	1.57 \pm 0.00		FGH
	V9E1	1.76 \pm 0.03		ABC
	V9E2	1.75 \pm 0.00		ABC
	V10E1	1.8 \pm 0.03		A
	V10E2	1.75 \pm 0.01		ABC
	V11E1	1.77 \pm 0.00		ABC
	V11E2	1.56 \pm 0.04		FGH
	V12E1	1.75 \pm 0.01		ABC
	V12E2	1.54 \pm 0.03		GHI
	V13E1	1.78 \pm 0.03		ABC
	V13E2	1.78 \pm 0.01		ABC
	V14E1	1.73 \pm 0.03		ABC
	V14E2	1.77 \pm 0.01		ABC
	V15E1	1.72 \pm 0.01		ABC
	V15E2	1.7 \pm 0.01		CD
	V16E1	1.79 \pm 0.01		AB
	V16E2	1.59 \pm 0.03		FG
	V17E1	1.75 \pm 0.01		ABC
	V17E2	1.53 \pm 0.03		GHI

L'analyse de la variance montre un effet très hautement significative de l'interaction génotype environnement sur le caractère de taux de cendres.

Le test de NEWMEN et KEULS révèle l'existence d'une série de groupes homogènes, dont le groupe A contient les génotypes qui ont enregistré les valeurs les plus élevées dans les sites les plus convenables qui sont V1 (variété témoin ARZ), V10, V8 dans le site d'Oued Smar pour une valeur de 1.8% et la variété V2 (variété témoin MAHON DEMIAS) dans le site de Guelma pour une valeur de 1.8%. La plus faible valeur est enregistrée dans le site de Guelma pour la variété V6 de 1.49%.

Cette différence enregistrée entre les valeurs de taux de cendres est issu de l'effet de l'interaction génotype milieu sur ce caractère qui est lié essentiellement au degré de minéralisation du grain, ce dernier est influencé d'après [14] par :

- ✓ Des facteurs génétiques : la teneur en enveloppes des grains ;
- ✓ Des facteurs pédologiques : nature du sol, richesse en humus, disponibilité des minéraux ;
- ✓ Des facteurs agronomiques : nature de l'apport en fumure, densité de semis ;
- ✓ Des facteurs physiologiques : état de maturation du blé à la récolte et maladies cryptogamiques.

6.2.5. Teneur en gluten sec et gluten humide

Les résultats des analyses de ces caractères sont représentés dans le tableau 6.15 et 6.16 et illustrés dans les figures 6.8 et 6.9.

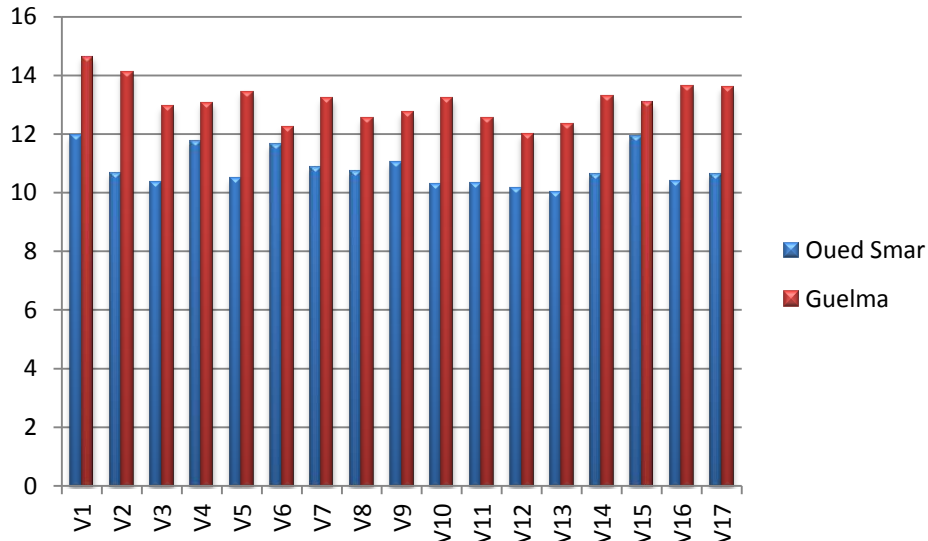


Figure 6.8 : Effet de l'interaction G-E sur la teneur en gluten sec.

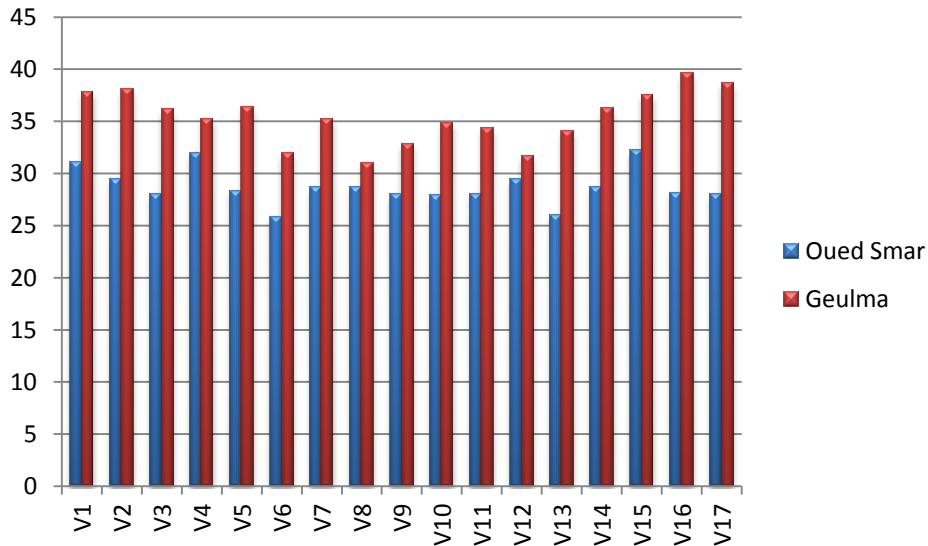


Figure 6.9: Effet de l'interaction G-E sur la teneur de gluten humide

Tableau 6.15 : teneur en gluten sec.

Facteurs	Traitements	Moy \pm Ecart type	Probab	Groupes homogènes
Interaction G-E	V1E1	11.94 \pm 0.01	0.0032 HS	DEFGHIJ
	V1E2	14.64 \pm 0.01		A
	V2E1	10.68 \pm 0.33		IJKLM
	V2E2	14.10 \pm 0.21		AB
	V3E1	10.34 \pm 0.06		JKLM
	V3E2	12.94 \pm 0.20		BCDE
	V4E1	11.76 \pm 0.15		EFGHIJKLM
	V4E2	13.06 \pm 0.18		BCDE
	V5E1	10.49 \pm 0.13		IJKLM
	V5E2	13.43 \pm 0.40		ABCD
	V6E1	11.65 \pm 2.24		EFGHIJKLM
	V6E2	12.23 \pm 0.12		CDEFGH
	V7E1	10.88 \pm 0.29		GHIJKLM
	V7E2	13.23 \pm 0.47		ABCDE
	V8E1	10.74 \pm 0.13		HIJKLM
	V8E2	12.54 \pm 0.14		BCDEF
	V9E1	11.04 \pm 0.18		FGHIJKLM
	V9E2	12.74 \pm 0.43		BCDE
	V10E1	10.28 \pm 0.17		KLM
	V10E2	13.23 \pm 0.23		ABCDE
	V11E1	1032 \pm 0.09		KLM
	V11E2	12.55 \pm 0.13		BCDEF
	V12E1	10.15 \pm 0.21		LM
	V12E2	11.97 \pm 0.07		CDEFGHI
	V13E1	10.02 \pm 0.37		M
	V13E2	12.34 \pm 0.20		CDEFG
	V14E1	10.65 \pm 0.35		IJKLM
	V14E2	13.30 \pm 0.04		ABCDE
	V15E1	11.90 \pm 0.11		DEFGHIJK
	V15E2	13.08 \pm 0.32		BCDE
	V16E1	10.39 \pm 0.09		IJKLM
	V16E2	13.61 \pm 0.11		ABC
V17E1	10.64 \pm 0.01	IOJKLM		
V17E2	13.60 \pm 0.51	ABC		

Tableau 6.16 : Teneur en gluten humide.

Facteurs	Traitements	Moy \pm Ecart type	Probab	Groupes homogènes
Interaction G-E	V1E1	31.04 \pm 0.44	0.0000 THS	I
	V1E2	37.81 \pm 0.32		BC
	V2E1	29.46 \pm 0.66		J
	V2E2	38.08 \pm 0.44		BC
	V3E1	28.03 \pm 0.08		K
	V3E2	36.11 \pm 0.22		DE
	V4E1	31.89 \pm 0.21		HI
	V4E2	35.26 \pm 0.45		EF
	V5E1	28.33 \pm 0.02		K
	V5E2	36.35 \pm 0.14		D
	V6E1	25.86 \pm 0.54		L
	V6E2	31.88 \pm 0.29		HI
	V7E1	28.64 \pm 0.04		JK
	V7E2	35.22 \pm 0.3		EF
	V8E1	28.72 \pm 0.04		JKI
	V8E2	31.02 \pm 0.5		K
	V9E1	28.05 \pm 0.28		H
	V9E2	32.81 \pm 0.13		K
	V10E1	27.92 \pm 0.21		FG
	V10E2	34.78 \pm 0.35		FG
	V11E1	28.06 \pm 0.24		K
	V11E2	34.33 \pm 0.75		FG
	V12E1	29.44 \pm 0.27		J
	V12E2	31.65 \pm 0.28		I
	V13E1	26.01 \pm 0.72		L
	V13E2	34.03 \pm 0.01		G
	V14E1	28.67 \pm 0.32		JK
	V14E2	36.26 \pm 0.06		D
	V15E1	32.14 \pm 0.54		HI
	V15E2	37.51 \pm 0.59		C
	V16E1	28.12 \pm 0.33		K
	V16E2	39.63 \pm 0.25		A
V17E1	28.00 \pm 0.10	K		
V17E2	38.61 \pm 0.51	B		

L'analyse de la variance de l'effet de l'interaction génotype-environnement sur la teneur en gluten sec et le gluten humide révèle un effet hautement significatif pour le caractère gluten sec et très hautement significatif pour le caractère gluten humide.

Le test de NEWMEN et KEULS classe les différents traitements en plusieurs groupes homogènes suivant d'un ordre croissant, dont le groupe A contient les meilleurs valeurs.

Les meilleures valeurs en gluten sec sont enregistrées par les variétés témoins ARZ (14.64%) et MAHON DEMIAS (14.10%) dans le site de Guelma, alors que la plus faible valeur est marquée par la variété V13 (10.02%) dans le site d'Oued Smar.

Les teneurs en gluten sec les plus élevées ont été relevées dans l'environnement de Guelma. Ces résultats montrent que le gluten sec varie en fonction du lieu de culture et sont en accord avec ceux obtenus par BOGGINI et POGNA [61] qui affirment que la teneur en gluten représente un facteur phénotypique influencé par l'environnement, la fertilisation et les façons culturales.

En ce qui concerne le gluten humide, la meilleure valeur est enregistrée par la variété V16 de 39.63% suivit par la variété V17 (38.61%) dans le site de Guelma, les variétés témoins MAHON DEMIAS et ARZ sont classées dans le groupe BC avec des teneurs de 38.08% et 37.81% successivement toujours dans le site de Guelma. En revanche, les plus faibles valeurs sont enregistrées par les variétés V13 (26.01%) et V6 (25.86%) dans le site d'Oued Smar.

Il est à noter que le gluten est le composant caractérisant des blés. Il est un matériel visco-élastique aux caractéristiques plastiques, de consistance molle ; constituée de protéines, ces dernières sont un mélange en proportion variable de gliadines (40 à 45%) et de gluténines (55 à 60%) [14], il contient également 8 à

10%/ ms d'amidon, 1 à 2% des sucres réducteurs, 5 à 10%/ms, dont les 2/3 environ sont des lipides polaires, des pentosanes (2%/ms) et de 1%/ms [62]

Selon CALVEL [63] et GRESL [62], le gluten a pour fonction de fixer l'eau, de contenir les arômes d'origine fermentaire et de retarder les phénomènes de rassissement du pain.

6.2.6. Capacité d'hydratation

Les résultats de ce paramètre sont représentés dans le tableau 6.17 et illustrés dans la figure 6.10

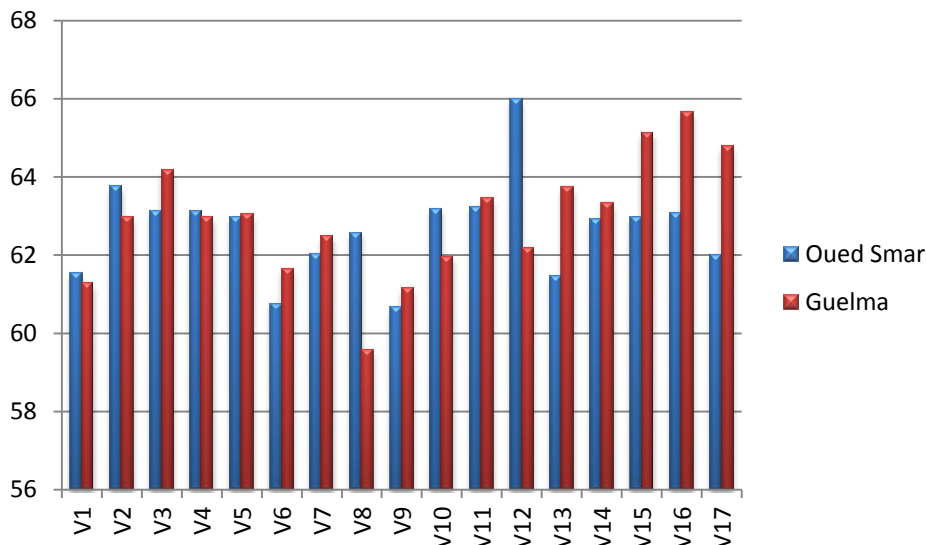


Figure: Effet de l'interaction G-E sur la capacité d'hydratation des farines.

L'analyse de la variance de la capacité d'hydratation des génotypes étudiés révèle un effet très hautement significatif de l'effet de l'interaction génotype-environnement

Le test de NEWMAN et KEULS classe les différents traitements en plusieurs groupes homogènes.

Tableau 6.17 : Capacité d'hydratation des farines des génotypes.

Facteurs	Traitements	Moy \pm Ecart type	Probab	Groupes homogènes
Interaction G-E	V1E1	61.53 \pm 0.59	0.0000 THS	EFGHI
	V1E2	61.27 \pm 0.37		EFGHI
	V2E1	63.75 \pm 0.29		BCDE
	V2E2	62.97 \pm 0.13		BCDEFGH
	V3E1	63.11 \pm 0.10		BCDEFG
	V3E2	64.16 \pm 0.76		ABCD
	V4E1	63.11 \pm 0.22		BCDEFG
	V4E2	62.97 \pm 0.03		BCDEFGH
	V5E1	62.96 \pm 0.45		BCDEFGH
	V5E2	63.04 \pm 1.25		BCDEFGH
	V6E1	60.76 \pm 0.36		GHI
	V6E2	61.64 \pm 0.03		EFGH
	V7E1	62.03 \pm 0.95		DEFGH
	V7E2	62.46 \pm 1.03		CDEFGH
	V8E1	62.57 \pm 0.42		CDEFGH
	V8E2	59.57 \pm 0.20		I
	V9E1	60.64 \pm 0.25		HI
	V9E2	61.14 \pm 1.47		FGHI
	V10E1	63.18 \pm 0.34		BCDEFG
	V10E2	61.96 \pm 0.26		DEFGH
	V11E1	63.24 \pm 0.01		BCDEFG
	V11E2	63.44 \pm 1.19		BCDEF
	V12E1	65.97 \pm 0.39		A
	V12E2	62.17 \pm 0.11		DEFGH
	V13E1	61.46 \pm 0.37		EFGHI
	V13E2	63.73 \pm 0.57		BCDE
	V14E1	62.91 \pm 1.74		BCDEFGH
	V14E2	63.33 \pm 0.04		BCDEF
	V15E1	62.97 \pm 0.28		BCDEFGH
	V15E2	65.13 \pm 0.29		AB
	V16E1	63.06 \pm 0.10		BCDEFGH
	V16E2	65.65 \pm 0.07		A
	V17E1	62.01 \pm 0.11		DEFGH
	V17E2	64.77 \pm 0.86		ABC

Les différentes valeurs de capacité d'hydratation sont comprises entre 65.97 et 59.57%. Les meilleures valeurs ont enregistré par V12 au site d'Oued Smar et V16 au site de Guelma, alors que la plus faible valeur est celle enregistrée par V8 au site de Guelma.

La capacité d'hydratation est fonction de la quantité et de la qualité du gluten ; d'une façon générale, on peut dire que les capacités d'hydratations enregistrées se rapprochent de la moyenne prévue par la littérature ; celle-ci est située entre 62 et 65% et elle peut s'élever jusqu'à 69% ; elle peut baisser jusqu'à 60% lorsque le taux d'extraction est élevé ou la farine vieille.

D'après FEILLET [10], le gluten de mauvaise qualité s'hydrate plus facilement et se révèle plus visqueux et moins élastique que celui de bonne qualité.

6.2.7. Test de sédimentation SDS

Les résultats de ce paramètre sont représentés dans le tableau 6.18 et illustrés dans la figure 6.11

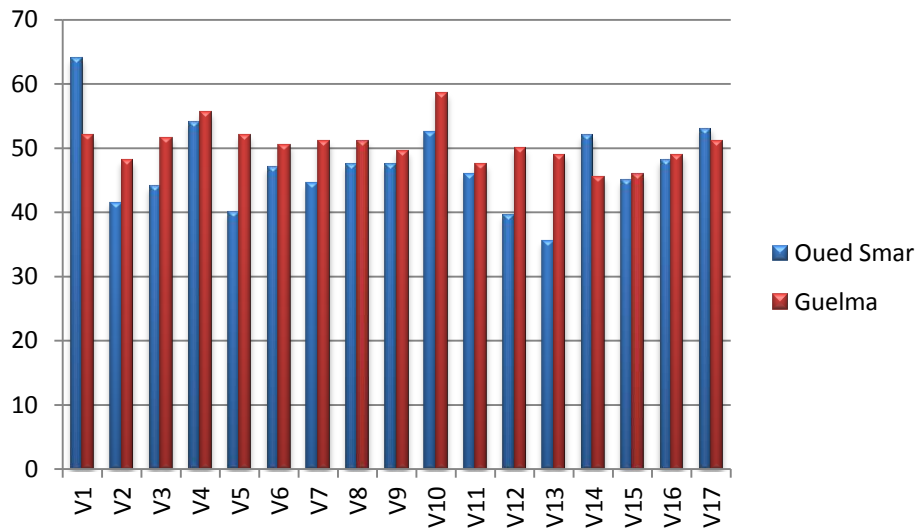


Figure 6.11 : Effet de l'interaction G-E sur le volume de sédimentation

L'analyse de la variance du test de sédimentation révèle un effet très hautement significatif de l'interaction génotype environnement (probabilité = 0.0000).

Le test de NEWMAN et KEULS classe les différents traitements en plusieurs groupes homogènes comme montre le tableau si dessus.

Tableau 6.18 : Les volumes de sédimentation

Facteur	Traitements	Moy \pm Ecart type	Probab	Groupes homogènes
Interaction G-E	V1E1	64 \pm 1.41	0.0000 THS	A
	V1E2	52 \pm 0.71		EFGH
	V2E1	41.5 \pm 0.71		P
	V2E2	48 \pm 1.41		IJKLM
	V3E1	44 \pm 0.00		O
	V3E2	51.5 \pm 1.41		EFGH
	V4E1	54 \pm 0.00		DE
	V4E2	55.5 \pm 0.71		D
	V5E1	40 \pm 1.41		P
	V5E2	52 \pm 1.41		EFGH
	V6E1	47 \pm 1.41		KLMN
	V6E2	50.5 \pm 0.71		FGHIJ
	V7E1	44.5 \pm 0.71		NO
	V7E2	51 \pm 1.41		EFGHI
	V8E1	47.5 \pm 0.71		JKLM
	V8E2	49.5 \pm 1.41		GHIJK
	V9E1	52.5 \pm 0.71		EFG
	V9E2	58.5 \pm 0.71		C
	V10E1	46 \pm 0.00		LMNO
	V10E2	47.5 \pm 1.41		JKLM
	V11E1	39.5 \pm 0.71		P
	V11E2	50 \pm 0.00		FGHIJK
	V12E1	35.5 \pm 0.71		Q
	V12E2	49 \pm 0.00		HIJKL
	V13E1	52 \pm 1.41		EFGH
	V13E2	45.5 \pm 0.71		MNO
	V14E1	45 \pm 0.00		MNO
	V14E2	46 \pm 0.71		LMNO
	V15E1	48 \pm 0.00		IJKLM
	V15E2	49 \pm 0.00		HIJKL
	V16E1	53 \pm 0.00		EF
	V16E2	51 \pm 0.71		EFGHI
	V17E1	51.5 \pm 0.71		EFGH
	V17E2	60.5 \pm 0.71		B

IL est à rappeler que le test de sédimentation détermine la qualité de gluten de blé et par conséquent, celle de la farine. D'après CHERDOUH et *al* [64], la composition du gluten de blé est effectivement un facteur déterminant pour la qualité des produits finis. C'est le constituant le plus explicatif des différentes aptitudes technologiques attribuées à la variété.

Le meilleur volume de sédimentation est obtenu par le témoin ARZ (64 ml) dans le site d'Oued Smar suivi par les génotypes V17 (60.5 ml groupe B), V9 (58.5 ml groupe C), V4 (55.5 ml groupe D) dans le site de Guelma, alors que le plus faible volume est enregistré par le génotype V12 (35.5 ml).

Bien que le SDS soit un bon indicateur de la qualité des protéines, on constate l'existence d'une corrélation entre eux, c.-à-d. une augmentation de la quantité des protéines accompagnée par une augmentation de leurs qualités, la quantité de gliadines et gluténines croît avec la teneur en protéines des farines. Des facteurs externes tels qu'un sol carencé en soufre, la nutrition azotée, des températures supérieures à 32°C lors de remplissage et de la maturation du grain, influencent les proportions en gliadines et en gluténines [65].

Lorsque la teneur en protéines augmente c'est principalement les gliadines qui augmentent [66].

CUBADDA et *al* [67], ont noté que l'élévation de la teneur en protéines affect positivement l'extensibilité de gluten.

6.2.8. Test de Zélény

Les résultats de ce caractère sont représentés dans le tableau 6.19 et illustrés dans la figure 6.12.

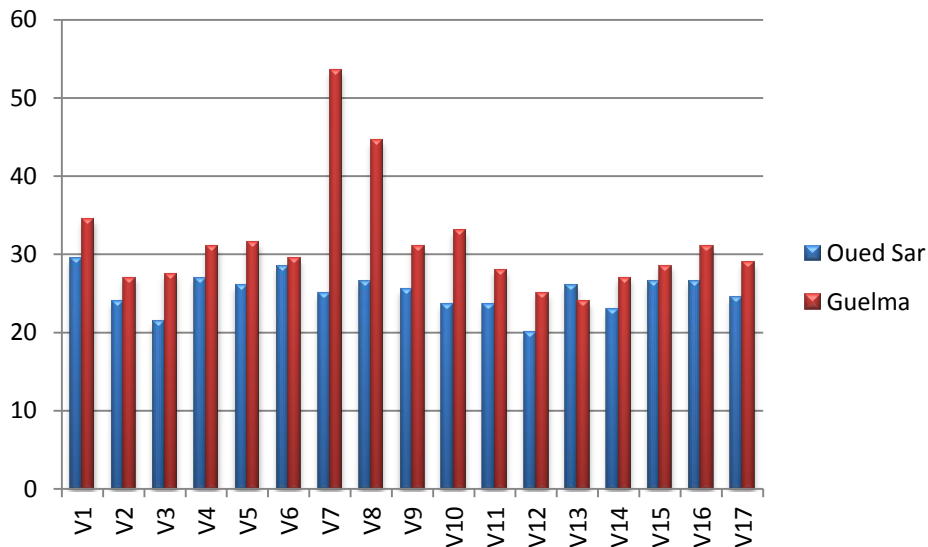


Figure 6.12 : Effet de l'interaction G-E sur l'indice de Zélény

L'analyse de la variance montre un effet très hautement significatif de l'effet de l'interaction génotype environnement sur le caractère indice de Zélény.

Le test de NEWMAN et KEULS classe les traitements en plusieurs groupes homogènes. Le génotype V7 a enregistré la meilleure valeur qui s'évalue à 53.50 ml dans le site de Guelma, en revanche la plus faible valeur est obtenue par le génotype V12 (20 ml) au niveau de la station d'Oued Smar (Tableau 6.19).

Tableau 6.19 : Indice de Zélény.

Facteurs	Traitements	Moy \pm Ecart type	Probab	Groupes homogènes
Interaction G-E	V1E1	29.5 \pm 0.71	0.0000 THS	EFG
	V1E2	34.5 \pm 0.71		C
	V2E1	24 \pm 0.00		MNO
	V2E2	27 \pm 0.00		GHIJKL
	V3E1	21.5 \pm 0.71		PQ
	V3E2	27.5 \pm 1.41		GHIJK
	V4E1	27 \pm 1.41		GHIJKL
	V4E2	31 \pm 0.71		DEF
	V5E1	26 \pm 1.41		IJKLMNOP
	V5E2	31.5 \pm 0.71		DE
	V6E1	28.5 \pm 0.71		FGHI
	V6E2	29.5 \pm 0.71		EFG
	V7E1	25 \pm 0.00		KLMNO
	V7E2	53.5 \pm 0.71		A
	V8E1	26.5 \pm 0.71		HIJKLM
	V8E2	44.5 \pm 0.71		B
	V9E1	25.5 \pm 0.71		JKLMNO
	V9E2	31 \pm 0.00		DEF
	V10E1	23.5 \pm 0.71		NOP
	V10E2	33 \pm 0.71		CD
	V11E1	23.5 \pm 0.71		NOP
	V11E2	28 \pm 1.41		GHIJ
	V12E1	20 \pm 0.00		Q
	V12E2	25 \pm 0.71		KLMNO
	V13E1	26 \pm 1.41		IJKLMNOP
	V13E2	24 \pm 0.00		MNO
	V14E1	23 \pm 0.00		OP
	V14E2	27 \pm 1.41		GHIJKL
	V15E1	26.5 \pm 0.71		HIJKLM
	V15E2	28.5 \pm 0.71		FGHI
	V16E1	26.5 \pm 0.71		HIJKLM
	V16E2	31 \pm 0.71		DEF
	V17E1	24.5 \pm 0.71		LMNO
	V17E2	29 \pm 0.71		EFGH

En effet l'indice de Zélény est un indicateur de la qualité des protéines liées aux différentes fractions protéiques qui dépendent essentiellement de la variété. Les conditions du milieu peuvent également affecter ces différentes fractions et en particulier les gliadines [68]

BRANLARD et al [69] attribue le meilleur indice de Zélény à la présence de l'allèle « d » localisé sur le locus Glu-A3.

Selon les normes, les farines sont classées suivant l'indice de Zélény comme montre le tableau 6.20.

Tableau 6.20 : Classement des farines selon l'indice de Zélény.

< 18ml Insuffisant	18 -28ml Bonne force boulangère	28 – 38ml Très bonne force boulangère	>38ml Blé améliorant
	V3E2	V1E2	V7E2
	V14E2	V10E2	V8E2
	V2E2	V5E2	
	V4E1	V9E2	
	V8E1	V16E2	
	V15E1	V4E2	
	V16E1	V6E2	
	V5E1	V1E1	
	V13E1	V17E2	
	V9E1	V15E2	
	V12E2	V6E1	
	V7E1	V11E2	
	V17E1		
	V2E1		
	V13E2		
	V11E1		
	V10E1		
	V14E1		
	V3E1		
	V12E1		

6.2.9. Taux de protéine des farines

Les résultats relatifs à ce caractère sont représentés dans le tableau 6.21 et illustrés dans la figure 6.13

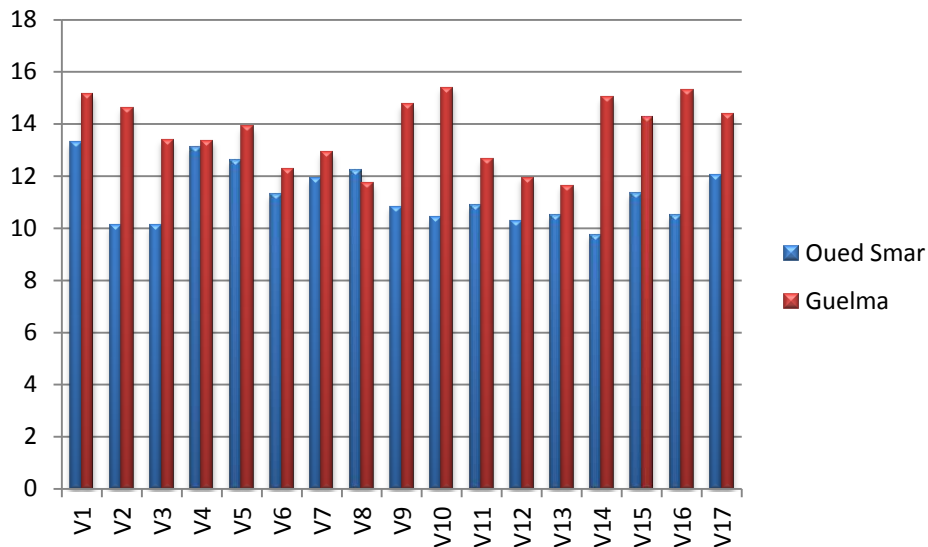


Figure 6.13 : Effet de l'interaction G-E sur le taux de protéine des farines.

L'analyse de la variance révèle un effet très hautement significatif de l'effet de l'interaction génotype environnement sur le taux de protéine des farines.

Le test de NEWMAN et KEULS regroupe les différents traitements en plusieurs groupes homogènes.

Comme montre le tableau 6.21 ; les valeurs oscillent entre 15.38 et 9.74% dont le taux le plus élevé a été obtenu par le génotype V10 dans l'environnement de Guelma, alors que la valeur la plus faible est enregistrée par le génotype V14.

Tableau 6.21 : Taux de protéines des farines

Facteurs	Traitements	Moy \pm Ecart type	Probab	Groupes homogènes
Interaction G-E	V1E1	13.3 \pm 0.42	0.0000 THS	FGH
	V1E2	15.15 \pm 0.07		AB
	V2E1	10.11 \pm 0.20		MN
	V2E2	14.61 \pm 0.01		BCD
	V3E1	10.10 \pm 0.19		MN
	V3E2	13.38 \pm 0.04		FG
	V4E1	13.09 \pm 0.27		GH
	V4E2	13.35 \pm 0.07		FG
	V5E1	12.61 \pm 0.00		HI
	V5E2	13.88 \pm 0.34		EF
	V6E1	11.29 \pm 0.33		KL
	V6E2	12.24 \pm 0.10		IJ
	V7E1	11.90 \pm 0.13		IJK
	V7E2	12.91 \pm 0.09		GH
	V8E1	12.2 \pm 0.95		IJ
	V8E2	11.73 \pm 0.07		JK
	V9E1	10.82 \pm 0.06		LM
	V9E2	14.73 \pm 0.07		ABCD
	V10E1	10.41 \pm 0.00		MN
	V10E2	15.38 \pm 0.04		A
	V11E1	10.88 \pm 0.26		LM
	V11E2	12.65 \pm 0.06		GHI
	V12E1	10.24 \pm 0.00		MN
	V12E2	11.92 \pm 0.33		IJK
	V13E1	10.49 \pm 0.06		MN
	V13E2	11.63 \pm 0.25		JK
	V14E1	9.74 \pm 0.32		N
	V14E2	14.99 \pm 0.00		ABC
	V15E1	11.31 \pm 0.33		KL
	V15E2	14.25 \pm 0.00		DE
	V16E1	10.49 \pm 0.19		MN
	V16E2	15.29 \pm 0.00		AB
	V17E1	12.01 \pm 0.13		IJK
	V17E2	14.28 \pm 0.07		CDE

D'après GODON et LOISEL [65] la teneur en protéines varie fortement en fonction des conditions agro-climatiques, mais elle dépend fortement du facteur génotypique. L'ampleur de cette variation en protéines, implique que les performances des géotypes diffèrent d'un environnement à l'autre. D'autre part la fertilisation tardive favorise l'accumulation des protéines et améliore la qualité des grains [70].

Selon CHEFTEL et *al* [71], la teneur en protéines est un caractère génétiquement transmissible, mais les variations liées à l'hérédité sont de l'ordre de 5%, donc le milieu, le climat durant la phase critique du développement du végétal, la fertilisation, les pratiques culturales et les maladies restent les facteurs influençant la teneur en protéines.

Selon l'échelle de classement de la teneur en protéines établie par WILLIAMS et *al* [72], les taux obtenus par les géotypes étudiés sont classés comme suit :

Tableau 6.22 : classement des géotypes en fonctions des teneurs en protéines selon [72]

Très faible < 9%/ms	Faible 9 – 11.5%	Moyen 11.6 -13.5	Elevé 13.6 – 15.5	Très élevé 15.6 – 17.5	Extra élevé 17%
	V15-E1	V3-E2	V10-E2		
	V6-E1	V4-E2	V16-E2		
	V11-E1	V1-E1	V1-E2		
	V9-E1	V4-E1	V14-E2		
	V13-E1	V7-E2	V9-E2		
	V16-E1	V11-E2	V2-E2		
	V10-E1	V5-E1	V17-E2		
	V12-E1	V6-E2	V15-E2		
	V2-E1	V8-E1	V5-E2		
	V3-E1	V17-E1			
	V14-E1	V12-E2			
		V7-E1			
		V8-E2			
		V13-E2			

Il est important de noter que dans la communauté économique européenne, au Canada et aux Etats-Unis ; ce critère est retenu pour l'inscription des blés au catalogue officiel et est utilisé dans les transactions commerciales ; par contre le maintien d'un rendement élevé en grains est plus important que l'obtention d'un rendement accru en protéines dans les pays sous développés.

6.2.10. Test d'Alvéographe

Les résultats sont représentés dans le tableau 6.23.

Tableau 6.23. Les résultats d'alvéographe des farines des deux sites.

Génotypes	Station d'Oued Smar			Station de Guelma		
	W	G	P/L	W	G	P/L
V1	260	19	1.37	365	20	1.37
V2	165	20	0.69	200	19	1.14
V3	125	20	0.61	300	19	1.42
V4	185	20	0.82	310	19	1.61
V5	210	25	0.44	310	22	1.20
V6	210	19	1.07	260	22	0.86
V7	210	24	0.47	330	19	1.62
V8	230	19	1.22	350	18	1.95
V9	215	19	1.11	325	21	1.10
V10	205	18	1.48	325	21	1.00
V11	150	17	1.38	240	20	1.15
V12	210	17	1.59	275	19	1.21
V13	160	22	0.64	215	22	0.83
V14	210	22	0.76	310	20	1.22
V15	210	25	0.49	265	23	0.86
V16	240	18	1.35	235	23	0.65
V17	250	19	1.18	235	20	0.92

Le test à l'Alvéographe Chopin est résumé dans le tableau 6.21 permet de prédire la qualité boulangère d'une farine. Il présente un intérêt pratique très apprécié par les professionnels de la seconde transformation, du fait qu'il rend compte par le biais des différents paramètres alvéographiques mesurés, de l'aptitude d'une farine à être travaillée en fonction de sa force boulangère pour une finalité.

D'après le tableau ci dessus, les différents résultats des paramètres alvéographiques sont très variés d'un génotype à l'autre dans le même site d'expérimentation ou d'un site à l'autre ; ce qui montre bien l'effet combiné de génotype et l'environnement sur ce caractère.

Les valeurs de la force boulangère « W » de la station de Guelma sont généralement plus élevées que ceux d'Oued Smar. Elles varient de 125 obtenu par le génotype V3 à 260 obtenue par le témoin ARZ dans la station d'Oued Smar ; et de 365 enregistré par le témoin ARZ à 200 obtenu par le témoin Mahon Démias dans la station de Guelma.

D'après FEILLET [10], la variabilité de la force boulangère peut s'expliquer par la teneur en gliadine et en gluténine et également par la disponibilité de certains acides aminés (cystéines) qui fournissent des ponts désulfures intramoléculaires par les quelles s'associent les gliadines, donc diminution des interactions intermoléculaires qui favorisent la force de la pâte ; alors que BERLAND et ROUSSEL [73], rapportent que la force boulangère est influencée par la granulométrie de la farine qui est en relation avec la texture (dureté de l'albumen) et en particulier les proportions Indice d'élasticité.

Selon les normes les farines sont classées comme suit d'après leurs W :

- W = 130 à 160 : bonne force boulangère : V3, V11 et V13 dans la station d'Oued Smar.
- W = 160 à 250 : blé améliorant si alvéogramme équilibré : V2, V5 et V15 dans la station d'Oued Smar et V16 dans la station de Guelma.
- W > 250 blé de force : tous les génotypes restants.

L'indice de gonflement « G » renseigne sur l'extensibilité de la pâte, permet d'apprécier l'aptitude du réseau de gluten à retenir le gaz carbonique [74].

D'après le tableau si dessus, le G oscille de 17 obtenu par les génotypes V11 et V12 à 25 obtenu par le génotype V5 ; et ce pour la station d'Oued Smar. En ce qui concerne la station de Guelma, le G le plus élevé est enregistré par V15 et V16 (23) alors que le G le plus faible est obtenu par V2, V3, V4 et V7 (19). Selon les normes le bon gonflement varié de 20 à 23 ; un G >23 signifie qu'est une farine à caractère améliorant.

Selon ABECASSIS et *al* [75] L'augmentation de « G » est associée à une teneur élevée en protéines notamment de la fraction gliadine par apport à celle des gluténines, à une texture plus tendre de l'albumen et une teneur faible en pentosanes.

Le rapport de configuration « P/L » traduit l'équilibre générale de l'alvéogramme c'est -à -dire l'équilibre entre la ténacité et l'extensibilité des pâtes formées [76].

Selon DELFRATE et STEPHANE [77], les farines qui ont un « P/L » élevé (supérieur à 1) (le cas de la plus part de nos farine sauf quelques génotype qui ont un alvéogramme équilibré comme montre le tableau 6.21 donneront des pâtes trop tenaces, peu tolérantes au pétrissage et montrant une tendance à absorber beaucoup d'eau, ainsi que un faible gonflement, Alors que pour « P/L » faible (inférieur à 0.3) les pâtes seront trop extensibles et difficiles à manier.

DEXTER et *al* [78], montre que la dureté, la granulométrie des particules, la teneur en pentosanes et l'amidon endommagé influent considérablement sur la ténacité et l'extensibilité.

D'après les normes algériennes, alvéogramme équilibré ; P/L varié de 0.45 à 0.65, appliquant sur nos farines, elles sont toutes tenaces sauf V3, V5, V7, V13, V15 dans la station d'Oued Smar et V16 dans la station de Guelma.

CONCLUSION

Les résultats de cette étude nous ont permis de dégager les conclusions suivantes :

- L'effet de l'interaction génotype-environnement a révélé une différence très hautement significative sur la hauteur des plants. Les valeurs oscillent de 72.17 à 100 cm ; La meilleure hauteur est enregistrée par la variété témoin Mahon Démiás et la variété V15 sur le site de Guelma, par contre la plus faible hauteur a été obtenue par la variété Cham-6 sur le site d'Oued Smar.
- Le rendement est très influencé par l'interaction génotype environnement dont le meilleur est obtenu par les génotypes V7 et V13 de 42.42 qx/ha et 41.61qx/ha successivement dans le site de Guelma ; alors que le plus faible rendement est obtenu par la variété V3 de 08.42 qx/ha dans le site d'Oued Smar.
- Le caractère poids de mille grains montre un effet très hautement significatif de l'interaction génotype-environnement. L'ensemble de valeurs oscille entre 44.59 et 29.12g, dont le poids de mille grains le plus élevé est enregistré par la variété V16 (44.59g) dans le site de Guelma suivit par la variété V15 au site d'Oued Smar avec une valeur de 41.81g ; alors que le plus faible poids de mille grains est obtenu par la variété témoin V2 au site d'Oued Smar par une valeur de 29.12 g.
- L'effet de l'interaction a révélé une différence très hautement significative sur le taux de cendres des grains ; dont les valeurs les plus élevées sont enregistrés par les génotypes V1 (variété témoin ARZ), V10, V8 dans le site d'Oued Smar par une valeur de 1.8% et la variété V2 (variété témoin MAHON DEMIAS) dans le site de

Guelma La plus faible valeur est enregistrée dans le site de Guelma par la variété V6 de 1.49%.

➤ Le test de sédimentation montre une différence très hautement significative sous l'effet de l'interaction génotype-environnement. Le meilleur volume est obtenu par le témoin ARZ (64 ml) dans le site d'Oued Smar suivi par les génotypes V17 (60.5 ml), V9 (58.5 ml), V4 (55.5 ml) dans le site de Guelma, alors que le plus faible volume est enregistré par le génotype V12 (35.5 ml).

➤ L'effet de l'interaction sur le caractère gluten sec est hautement significatif ; dont les valeurs sont comprises entre 10.02 et 14.64% des génotypes V13 dans le site d'Oued Smar et V1 dans le site de Guelma successivement. Alors que l'effet de l'interaction est très hautement significatif sur le caractère de gluten humide. la meilleur valeur est enregistrée par le génotype V16 de 39.63% suivit par le génotype V17 (38.61%) dans le site de Guelma, En revanche, les plus faible valeurs sont enregistrées par les génotypes V13 (26.01%) et V6 (25.86%) dans le site d'Oued Smar.

➤ L'indice de Zélény est un indicateur de la qualité des protéines liées aux différentes fractions protéiques qui dépendent essentiellement de la variété ; ce dernier montre une différence très hautement significative sous l'effet de l'interaction génotype environnement. Le génotype V7 a enregistré la meilleure valeur qui s'évalue à 53.50 ml dans le site de Guelma, en revanche la plus faible valeur est obtenue par le génotype V12 (20 ml) au niveau de la station d'Oued Smar.

➤ L'effet de l'interaction génotype-environnement a montré une différence très hautement significative sur la teneur en protéines. Les valeurs oscillent entre 15.38 et 9.74% dont le taux le plus élevé a été obtenue par le génotype V10 dans l'environnement de Guelma, alors que la valeur la plus faible est enregistrée par le génotype V14.

➤ Les différents résultats des paramètres alvéographiques sont très variables d'un génotype à un autre dans le même site d'expérimentation ou d'un site à un autre.

Les valeurs de la force boulangère « W » de la station de Guelma sont généralement plus élevés que ceux d'Oued Smar. Elles varient de 125 obtenu pour le génotype V3 à 260 obtenue par le témoin ARZ dans la station d'Oued Smar ; et de 365 enregistré par le témoin ARZ le 200 obtenu par le témoin Mahon Démias dans la station de Guelma.

Le G oscille de 17 obtenu par les génotypes V11 et V12 à 25 obtenu par le génotype V5 ; pour la station d'Oued Smar. En ce qui concerne la station de Guelma le G le plus élevé est enregistré par V15 et V16 (23) alors que le G le plus faible est obtenu par V2, V3, V4 et V7 (19).

D'après tous ces résultats on constate que les performances des génotypes diffèrent d'un environnement à l'autre ; ce qui rend possible d'améliorer le niveau de la productivité ainsi que la qualité technologique du blé tendre ; donc il est nécessaire d'encourager et de convaincre les agriculteurs d'adopter les variétés performantes et les techniques de production adéquates dans les zones où ils sont localisées.

Il est aussi recommandé de multiplier les essais sur plusieurs sites et plusieurs années afin d'avoir des résultats plus fiables.

APPENDICE A

LISTES DES SYMBOLES ET DES ABREVIATIONS

mm : millimètre

c° : degré Celsius

cm : centimètre

g : gramme

g/l : gramme par litre

Kg : kilogramme

ha : hectare

ml : millilitre

C.V : coefficient de variation

SCE : Somme des carrées des écarts

DDL : degré de liberté

Test F : test de Fisher

Et : écart type

Prob : probabilité

PMG : poids de mille grains

ITGC : institut technique des grandes cultures

ICARDA : International Center for Agricultural Research in the Dry Areas

CIMMYT: Centre International d'amélioration du Maïs et du blé

APPENDICE B

TABLEAUX DE L'ANALYSE DE LA VARIANCE DES PARAMETRES ETUDIES

Tableau 1 : Hauteur des plants

	SCE	DDL	Carrés Moyens	Test F	Proba	E.T	C.V %
Var.totale	4391.45	101	43.48				
Var.Facteur 1	1607.25	16	100.45	13.95	0.0000		
Var.facteur 2	374.71	1	374.71	52.04	0.0000		
Var.inter F1.2	1919.83	16	119.99	16.66	0.0000		
Var.résiduelle	489.67	68	7.20			2.68	3.2

Tableau 2 : Rendement

	SCE	DDL	Carrés Moyens	Test F	Proba	E.T	C.V %
Var.totale	11611.59	101	114.97				
Var.Facteur 1	605.77	16	37.86	8.05	0.0000		
Var.facteur 2	9295.40	1	9295.40	1976.64	0.0000		
Var.inter F1.2	1390.64	16	86.92	18.48	0.0000		
Var.résiduelle	319.78	68	4.70			2.17	9.5

Tableau 3 : Poids de mille grains

	SCE	DDL	Carrés Moyens	Test F	Proba	E.T	C.V %
Var.totale	910.59	67	13.59				
Var.Facteur 1	378.29	16	23.64	126.27	0.0000		
Var.facteur 2	8.44	1	8.44	45.09	0.0000		
Var.inter F1.2	517.50	16	32.34	172.74	0.0000		
Var.résiduelle	6.37	34	0.19			0.43	1.2

Tableau 4 : test de sédimentation

	SCE	DDL	Carrés Moyens	Test F	Proba	E.T	C.V %
Var.totale	2237.01	67	33.39				
Var.Facteur 1	1301.76	16	81.36	98.79	0.0000		
Var.facteur 2	222.49	1	222.49	270.16	0.0000		
Var.inter F1.2	684.76	16	42.80	51.97	0.0000		
Var.résiduelle	28.00	34	0.82			0.91	1.8

Tableau 5 : Test de Zélény

	SCE	DDL	Carrés Moyens	Test F	Proba	E.T	C.V %
Var.totale	2602.52	67	38.84				
Var.Facteur 1	1096.27	16	68.52	103.54	0.0000		
Var.facteur 2	692.49	1	692.49	1046.42	0.0000		
Var.inter F1.2	791.26	16	49.45	74.73	0.0000		
Var.résiduelle	22.5	34	0.66			0.81	2.9

Tableau 6 : Taux de protéines

	SCE	DDL	Carrés Moyens	Test F	Proba	E.T	C.V %
Var.totale	196.50	67	2.93				
Var.Facteur 1	44.20	16	2.76	46.39	0.0000		
Var.facteur 2	101.11	1	101.11	1698.12	0.0000		
Var.inter F1.2	49.16	16	3.07	51.60	0.0000		
Var.résiduelle	2.02	34	0.06			0.24	2.0

Tableau 7 : Taux de cendres

	SCE	DDL	Carrés Moyens	Test F	Proba	E.T	C.V %
Var.totale	0.66	67	0.01				
Var.Facteur 1	0.19	16	0.01	24.98	0.0000		
Var.facteur 2	0.19	1	0.19	390.48	0.0000		
Var.inter F1.2	0.26	16	0.02	33.92	0.0000		
Var.résiduelle	0.02	34	0.00			0.02	1.3

Tableau 8 : Gluten humide

	SCE	DDL	Carrés Moyens	Test F	Proba	E.T	C.V %
Var.totale	1055.65	67	15.76				
Var.Facteur 1	195.58	16	12.22	88.14	0.0000		
Var.facteur 2	750.39	1	750.39	5410.54	0.0000		
Var.inter F1.2	104.97	16	6.56	47.30	0.0000		
Var.résiduelle	4.72	34	0.14			0.37	1.2

Tableau 9 : Gluten sec

	SCE	DDL	Carrés Moyens	Test F	Proba	E.T	C.V %
Var.totale	122.50	67	1.83				
Var.Facteur 1	17.66	16	1.10	5.45	0.0000		
Var.facteur 2	88.12	1	88.12	434.88	0.0000		
Var.inter F1.2	9.84	16	0.61	3.03	0.0000		
Var.résiduelle	6.89	34	0.20			0.45	3.8

Tableau 10 : Capacité d'hydratation

	SCE	DDL	Carrés Moyens	Test F	Proba	E.T	C.V %
Var.totale	142.16	67	2.12				
Var.Facteur 1	76.00	16	4.75	11.80	0.0000		
Var.facteur 2	1.02	1	1.02	2.52	0.1176		
Var.inter F1.2	51.46	16	3.22	7.99	0.0000		
Var.résiduelle	13.68	34	0.40			0.63	1.0

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Chehat, F ; «Impact des réformes économiques sur la céréaliculture algérienne. CIHEAM- option méditerranéenne, série B n°08, (1994).
2. Chehat, F ; « Les politiques céréalières en Algérie», rapport annuel, Agri-Med, agriculture, pêche, alimentation et développement rural durable dans la région Méditerranéenne, (2006), 30p.
3. Padilla, M ; Oberti, B ; « Alimentation et nourriture auteur de la méditerranée. Karthala, (2000), 156p.
4. Rastion, J.L et Bencharif, A ; «Concepts et méthodes de l'analyse des filières agroalimentaire : application par la chaine globale de valeur au cas des blés en Algérie. Working paper n° 07, UMR MOISA, Montpellier, (2007).
5. CHEHAT, F ; «Analyse macroéconomique des filières, la filière blés en Algérie»Projet PAMLIN « perspective agricole et agroalimentaire Maghrébine, libéralisation et mondialisation » Alger, (Avril 2007), 7-9.
6. Talamali, L ;« La libéralisation du marché des céréales en Algérie, la nouvelle republique, 23, 24 et 26 septembre, (2004).
7. Ministère de commerce extérieur ; « Statistiques d'exportation des céréales Juin (2011)».
8. Moule, C ; « Phytotechnie spéciale céréale tome II », Ed Maison rustique, Paris (1971), 46p.

9. Auriou, P ; «L'amélioration de blé», Ann de INA, Tunisie n°40,V 05,(1967),29-31.
10. Feillet, P; « Le grain de blé : composition et utilisation » ed INRA, Paris, (2000), 308p
11. Bonjean,A ; «Histoire de la culture des céréales et en particulier celle du blé tendre (*Triticum aestivum* L)», Eds, Le Perches, Guy P et Fraval A, Agriculture et biodiversité des plantes, Dossier de l'environnement de l'INRA, n°21(2001), 29-37.
12. Bonjean,A et Picard,E ; «Les céréales à paille, origine, histoire, économie et sélection» Ed Soft word, groupe ITM, (1990), 29-40.
13. Roussel,P et Chiron,H ; «Les pain français, évolution, qualité, production», Ed, Maé-Erti, Paris, (2003), 433p.
14. Armand,B et Germain,M ; «Le blé, éléments fondamentaux et transformation», Ed, Lava, Saint-foy : les presses de l'université,(1992), 27-76.
15. Soltner,D ; «Les grandes productions végétales, céréales, plantes sarclées, prairies», 17^{ième} édition col, Sc et techniques agricole,(1988), 464p.
- 16.Belaid,D ; «Aspect de la céréaliculture algérienne», Ed OPU, Alger,(1986),126p.
17. Belaid,D; «Evolution du désherbage chimique des céréales, Critères de choix d'un traitement herbicide», Seminaire protection des végétaux, INA El harach, (1987), 20p.
19. Moule,C ; «Les céréales», Ed ,Maison rustique, Paris,(1980),318p.
20. Herve,S ; Pierre,C et Xavier,L ; «Produire des céréales à paille», Tec et Doc,Ed, Lavoisier,(1989), 333p.

21. Doorembos, A et Kassem, H; «Réponses des rendements à l'eau», Bulletin d'irrigation et de drainage, FAO, Rome, NX, (1979), 33p.
22. Mekliche, A ; «Contribution à l'établissement de la fertilisation azotée d'hiver dans le haut de Chélif». Thèse de magistère, INA, Alger, (1983), 81p.
23. Porter,J.R et Gawith,M ; «Températures and the growth an development of wheat», a review, Eur,J, Argon, 10,(1999), 23-36.
24. Gate,P ; «La date et la densité de semis se raisonnent». Cultivar n° 288 ;(1991); 36-38.
25. Simon, H ; Codaccioni, P, Lecoœur, X ; « Produire des céréales à paille». Tec et Doc Lavoisier. Paris (1989) ,333p.
26. Gate, P ; «Ecophysiologie de blé», Tec et Doc, Lavoisier, Paris, (1995), 429p.
27. Mossedaq, F et Moughli, L ; «Fertilisation azotée des céréales : cas des blés en bour et en irrigué», Bulletin de transfert de technologies en agriculture, MADRPM/DERD, n°62, (1999), 1-4.
28. Zimaoui, B ; «Essai d'intensification du blé en irrigué», Mémoire de 3^{ème} Cycle, IAV, Institut Agronomique et Vétirinaire Hassen II, Dépt, Science du sol, Rabat (Ma), (1996).
29. Piot, J.C ; Gauland, J.D ; Marthin, F et Winder, E ; « Production végétale des céréales et plantes sarclées », Association Suisse des ingénieurs, Payot. Lausanne, (1987), 7-32.
30. Clement, G.C.M et Prats, J ; «Les céréales», Baillière, Paris, (1971), 351p.

31. Monneveux, P et This, D ; « La génétique face aux problèmes de la tolérance des plantes cultivées à la sécheresse ». Espoirs et difficultés. Synthèse sécheresse, INRA. Paris ;(1997), 29-36.
32. Gaillais, A et Bannerot, H ; « Amélioration, des espèces végétales cultivées objectifs et critères de sélection », ed. INRA, Paris, (1992), 768p.
33. Dubief, J ; « Le climat de Sahara » ; Tome II, fascicule I, mémoire hors série –un d’Alger, institut de recherche saharienne, Alger V, 1, (1963), 275p.
34. Tardieu, F et Dreyer, E ; «Régulation des échanges gazeux par les plantes soumises à la sécheresse» In l’eau dans l’espace rurale. Production végétale et qualité de l’eau. (C.Riou ; Bonhomme, P ; Chassin, N Nweu, F payé. Ed) INRA ed, Paris, (1997), 41-59.
35. Blum, A ; «Plant breeding for stress environment», CRC. Press, INC, Florida, USA, (1988), 223p.
36. Payot, L ; « La défense des plantes cultivées », 7^{ème} édition, Maison rustique, Paris (1979), 211-212.
37. Duthil, J ; « Elément d’écologie et d’agronomie ». Collection des ingénieurs des techniques agricoles, Baillière. Tome III, (1971), 656p.
38. Bouharmant, J ; « Création variétale et amélioration des plantes. Agronomie moderne ». Bases physiologiques et agronomiques de l’amélioration de la production végétale, Hatier. Paris. (1995), 313-337.
39. Lafon, I.P ; Tharaud, C et Levey, B ; « Biologie des plantes cultivées. Physiologie de développement génétique et amélioration », Tome II, (1990), 478 p.
40. Godon, B ; William,C ; «Les industries de première transformation des céréales». Ed, Tec et Doc, Lavoisier, Paris, (1998), 3-216.

41. Godon,B ; «Biotransformation des produits céréaliers». Ed, Tec et Doc ; Lavoisier, Paris, (1991), 688p.
42. Kiger, J.L ; « Techniques modernes de la biscuiterie, pâtisserie, boulangerie industrielle artisanale et des produits de régime ». Ed, Dunod, Tome I, Paris (1967), 676p.
43. Roussel, P ; « Les pains français ». Ed, ERIT, Paris, (2002), 452p.
44. Roger,G et Jussiaux,M ; « Cours d'agriculture moderne » ; 9^{ième} édition ; La maison rustique; Paris, (1980), 628p.
45. Boulal, H; Zaghouane,O; El Mourid,M ; Rezgui ,S; «Guide pratique de la conduite des céréales d'automne dans le Maghreb». ITGC, Alger,(2007), 176P
46. Vespa, R « Semences des céréales à paille », D. Agro, n°1, Paris, (1984),14-94.
47. Verrier, E ; Brabant P.H ; Gallais A ; « faits et concepts de base en génétique quantitative. Hérité et milieu », II ; INA Paris – Grignon, (2001), 133p.
48. Mackenzie A, Ball A.S et Virdee S.R ; « L'essentiel en écologie » ; BENTI, Paris, (2000), 363p.
49. Rossignol, J.L ; Berger, R ; Deutsch, J ; Fellous, M ; Lamour Isnard, C ; Ozier ; Kalageropoulos, O ; Picvard, M et Devienne, D ; «Génétique. Gènes et génomes» ; Dunod, Paris, (2000), 229p.
50. Gallais,A ; « Théorie de la sélection en amélioration des végétaux », Masson, Paris, (1989), 575p.
51. Leveque, C ; « Écologie de l'écosystème à la biosphère », Dunod, Paris, (2001), 497p.

52. Jessop, N.M ; «Ecologie, mécanisme d'adaptation», Tome I, recherche et marketing ; Québec ; (1973), 323p.
53. Griffiths, A.G.F ; Gilbert, W.M ; Miller, J.H et Lewantin, R.C ; « Analyse génétique moderne », Boeck Université s.a, (2001), 784p.
54. Monneveux, P ; This, D et Belhassen, E ; « L'eau dans l'espace rural » ; production végétale et qualité de l'eau. Amélioration de la tolérance à la sécheresse, INRA, Paris, (1997), 121-142
55. Bahlouli, F; Bouzerzour, H; et Benmahammed A;« Effet de la vitesse et de la durée du remplissage du grain ainsi que de l'accumulation des assimilats de la tige dans l'élaboration du rendement du blé dur, dans les conditions de culture des hautes plaines orientales d'Algérie », Biotechnol. Agron. Socet Environ; Vol 12, (2008), 31-39.
56. Benseddik, B; « L'efficience de l'eau en zone semi-aride. Une approche simple pour l'optimisation du rendement et une meilleure gestion de l'eau »; Options Méditerranéennes, Zaragoza (ESP), (2000), 585p.
- 57.Nasraou, B; « Choix des variétés » ; In : Culture du blé et de l'orge dans les régions semi-arides de la Tunisie. E.S.A.K. (1996), 5-6.
58. Triboui, E ; « Modèle d'élaboration du poids du grain chez le blé tendre (*Triticum aestivum* em thell) », Agronomie, 10, (1990), 191-200.
59. Auriau, P ; Daussinault, G ; Jahier, J ; Lecomtec ; Pierre J ; Pluchard, P ; 60. Rousset M ; Saur L ; Trottet M ; « Le blé tendre » In Gallais A et Bannerot H. Eds ; Améliorations des espèces végétales cultivées, INRA, (1992), 22-38.
61. Boggini, G et Pogna, N.E ; « The bread making quality and storage protein composition of Italia durum wheat», J. Cereal Sci ; 9 ,(1989), 131p.
62. Gresl, E ; « Les caractéristiques des blés de la récolte 1999, vue par la méthode Gluten Index, Ind, Des céréales n°118, (2000), 20-26.

63. Calvel R ; «La boulangerie moderne». Ed, Eyrolles, Paris, (1984), 12-33.
64. Cherdouh, A ; Khelifi, D ; Carillo J.M et Nieto-Taladrizet M.T ; « Caractérisation biochimique et génétique des protéines de réserve des blés durs algériens, relation avec la qualité », Symposium Blé (2000) : enjeux et stratégies/ Alger, 7-9 février (2000), 311-314.
65. Godon, B et Loisel, W ; Guide pratique d'analyse dans les industries des céréales ; 2^{ème} Ed, Tec et Doc, Lavoisier, Paris, (1997), 122-675.
66. KHELIFI, D ; Carillo J.M ; Nieto-Taladriz M.T ; « Caractérisation biochimique et génétique des protéines de réserve des blés algériens. Relation avec la qualité » al, (1990). Symposium Blé : enjeux et stratégies/Alger,(1990), 210-215.
67. Cubadda, R, Carcea, M et Pasqui, L.A ; « Suitability of the gluten index method for assessing gluten strength in durum wheat and semolina », Cereal Foods World, Vol 37, n°12, December, (1992), 866-869.
68. Dardenne, F ; Dardvet, M., « Diversity of grain proteins and breadwheat quality. I - Correlation between gliadin bands and technological quality », Cereal Sci., (2003), 345-354.
69. Branlard, G ; ROUSSET M . , VILLEMONT P., MOUSSET C . , « Prediction of the technological quality of bread wheat from the gliadin and glutenin polymorphism», *Second workshop on gluten proteins*, Wageningen,May (2001)1-3
70. Sgrulletta, D ; Alessandrini, A ; De Stefanis, E ; « Applicazione tardivadi azoto per un efficiente utilizzazione al fine migliorare la qualita finale di varieta di T durum», Technica Molitoria, vol 49, n°9, (1998), 963-964.
71. Cheftel J.C ; Cuq J.L ; Lorient, D ; « Protéines alimentaires » ; Tec et Doc Lavoisier, (1985), 309 p.

72. Williams, P ; El Harmein, F ; Kakkoul, H et Rihwi, S ; « Crop quality evaluation : Methods and guidelines », ICARDA, alep, Syria, (1988), 145 p.
73. Berland, D et Roussel, P ; «Les pains français». Ed ERIT, Paris,(2003), 430p
74. Kittisso, J ; The influence of added lipid phases on the rheological properties of wheat flour doughs, Z. Lebensm. Unters. Forsch., (1995), 35-39.
75. Abecassis, J ; Charland, M ; «Nouvelles possibilités d'apprécier la valeur meunière et la valeur semoulière des blés», Ind. Céréales, 101,(1996) , 40-44.
76. Dubois, M ; «Les farines, caractérisation des farines et des pates». Demiers développements dans le domaine analytique. Idn; Des céréales n° 38, (1996), pp19-30.
77. Delfrate, S et Stephane, R « la Pâte de farine de froment », in la Chimie du blé, SEPAIC Ed., (2005), 148,
78. Dexter, J.E ;« Sur la diversité des blés tendres cultivés en France », *Agronomie*, (1994), 434-438
79. Bouziani, Y ; «Etude de l'effet d'un herbicide anti graminée sur le rendement et la qualité de blé dur» mémoire ing, dep des science agronomique, USDB, (2006) 8-9.