

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

UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA
FACULTE DES SCIENCES AGRO- VETERINAIRES
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES



MEMOIRE DE MASTER

En vue de l'obtention du diplôme de Master (LMD)

En Sciences de la Nature et de Vie

Spécialité : technologie des céréales

THEME

**L'EFFET DU GENOTYPE SUR LES PARAMETRES
BIOCHIMIQUES ET TECHNOLOGIQUES DE QUELQUES
VARIETES DE BLE TENDRE (*TRITICUM AESTIVUM*).**

Présenté par : SERDOUNE Amel Aicha

Soutenu devant le jury :

Date de soutenance : 02/07/2013

Président: Mr. .GUTLIEME. S. Maitre assistant A (USDB)

Examineurs: Mme. KABOR.J. Maitre assistant A (USDB)

(USDB) Mr. RAMDAN.S. Maitre de conférences A

Promoteur : Mr. HADJ SADOK T Maitre assistant A (USDB)

Co-promoteur : Mme MADANI M. Chef laboratoire technologique a
l'I.T.G.C

Année universitaire : 2012- 2013

REMERCIEMENTS

L'exercice des remerciements est sans doute le plus délicat et c'est difficile de résumer en quelques mots nos gratitude car ces mots que me apprête à écrire ne réussiront pas à retranscrire fidèlement mes sentiments.

Tout d'abord, louange à « ALLAH » qui ma guidé sur le droit chemin tout au long du travail et qui m'a inspiré les bons pas et les justes réflexes, sans sa miséricorde, ce travail n'aura pas aboutit.

Un grand remerciement à mon cher époux pour sa patience, soutient et encouragements.

Je tiens à exprimer mes profondes gratitude et mes remerciements à Monsieur le docteur : HADJ SADOUK T, qui a fait preuve d'une grande patience et qui a été d'une grande aide dans la réalisation de ce travail, ses conseils, ses orientations ainsi que son soutien moral et scientifique me permis de mener à terminer ce projet.

Mes sincères remerciements vont à mon Co-promoteur Mme MADANI, chef de laboratoire a l'ITGC.

A Mme KEBOUR, qui ma fait l'honneur de présider ce jury. Qu'elle reçoive ici, l'expression de mon plus grand respect.

A Mme ABDELAOUI et Mme FERNANE, qui me font l'honneur d'examiner ce travail. Qu'elles trouvent ici, l'expression de ma sincère reconnaissance.

Je remercie également le personnel de l'Institut technique des grandes cultures (ITGC), en particulier à Mr. ZEGHOUANE O., le directeur général de l'ITGC, et à Melle LAREM pour leur disponibilité et leurs encouragements durant toute l'expérimentation.

Je remercie aussi Mr READ pour son aide interrompu et toutes les personnes qui ont contribué à l'aboutissement de ce mémoire.

Dédicaces

L'exercice de dédicace est sans doute le plus délicat car il est difficile de dédier en quelques lignes tous les formidables personnes dans ma vie.

Avant toute dédicace je tiens à remercier « Allah » le tout puissant qui m'a donné le courage pour mener ce travail à terme.

Je dédie ce modeste travail à tous ceux qui me sont chers, en particulier a

A mes chers parents symboles du sacrifice et du dévouement qui m'ont comblé d'amour et d'affection, qui m'ont toujours encouragé pour achever mes études tout en espérant voir le fruit de leurs sacrifices, qu'Allah les garde pour moi sains et saufs.

À mon cher époux pour sa patience, soutien et encouragements.

A mon beau père et ma belle mère et toute la famille BOURNANE

A mes chers sœurs et frères et toute la famille SERDOUNE.

A tous mes amis(es) ceux qui ont partagé avec moi les longues années d'études.

Et enfin à tous ceux que j'aime et tous ceux qui m'aiment.



Amel Aicha

RESUME

Notre étude porte essentiellement sur 15 variétés de blé tendre, en cours de sélection, cultivées au niveau des stations de recherche et de développement de l'I.T.G.C d'ELKHROUB,. Les buts poursuivis sont nombreux. Il s'agit essentiellement d'analyser la qualité et la productivité de chaque variété par rapport à son comportement. Les résultats de ces essais révèlent qu'il existe un effet significatif du génotype sur le rendement des grains. En vu de déterminer les critères de la qualité de ces blés on a eu recours au tests suivant : PMG, PHL, taux d'humidité des grains, taux d'extraction de la farine, la teneur en cendre, la teneur en protéine, la teneur en gluten, test de sédimentation SDS et ZELENY et le test d'alveographe.

L'analyse statistique des données montre une influence hautement significative de « variétés» pour la plupart des paramètres étudiés et montre aussi qu'il y a une corrélation entre les différents tests.

Mots clés : blé tendre, variétés, sélection, génotype.

Abstract

Our study focuses on fifty varieties of soft wheat, in course of selection, cultivated at research stations and Development of ITGC of EL KHROUB. The aim is basically to analyze the quality of each variety compared to its behavior.

The results of these tests reveal a significant effect of varieties on grain yield. With a view to determine the criteria for the quality of wheat was used to the following test: thousand grain weight, hectoliter weight, moisture grain extraction rate of flour, ash content , protein content, gluten, sedimentation test of SDS and ZELNY and alveograph test.

The statistical analysis shows a highly significant effect of "varieties" for most parameters, and also shows that there is a correlation between the various tests.

Keywords: wheat, variety, selection, genotype.

المخلص

إن عملنا يستند أساسا على دراسة النمط الوراثي لخمسة عشر نوعا من القمح اللين المزروعة على مستوى حقول المعهد الوطني للزراعات الواسعة بالخروب, حيث نبحت عن طريق مجموعة من التحاليل البيوكيميائية و التكنولوجيا , مدى تأثر النمط الوراثي للقمح المدروس و النتائج تؤكد لنا بأنا النمط الوراثي له تأثير كبير على نوعية و إنتاجية الحبوب.

كما أن التحليل الإحصائي يظهر مدى تأثير النمط الوراثي على معظم التحاليل. و يبين أيضا وجود تناسق بين الاختبارات المختلفة.

الكلمات الجوهرية . القمح اللين ، الأصناف ، الانتقاء ، النمط الوراثي.

Conclusion générale

L'objectif de notre travail est de déterminer l'effet du « génotype » sur les paramètres biochimiques et technologiques de quelques variétés de blé tendre en cour de sélection et aussi de sélectionner les génotypes qui expriment au mieux leurs qualités biochimiques et technologiques.

A travers notre étude sur les caractéristiques technologiques et biochimiques des différentes variétés, des réponses ont été révélées sur les aptitudes technologiques de ces variétés et sur d'éventuelles possibilités d'amélioration de leur qualité technologique.

Les méthodes d'analyses statistiques adoptées pour une meilleure analyse des données expérimentales, ont donné des résultats hautement significatifs tant sur la majorité des paramètres biochimiques et technologiques effectués.

VI. Relation entre les tests biochimiques et technologiques :

◆ Au niveau des analyses physiques :

Le facteur variété a un effet très hautement significatif sur le poids de mille grains. Le poids le plus élevé a été obtenu chez la variété « PFAU/SERI.1B//AMAD/3/WAXWING » (46,22g) et. Le poids minimum est observé chez la variété V6 « WAXWING*2/4/SNI/TRAP#1/3/KAUZ*2/TRAP/KAUZ » (29,23g).

Les valeurs du rendement farineux basculent entre 50.00 % (V5) « BABAX/LR42//BABAX*2/3/VIVITSI » et 70.00 % V10, V13 « KAUZ/PASTOR//FISCAL » et « OASIS/SKAUZ//4*BCN/3/2*PASTOR »

Le taux d'extraction dépend largement du génotype de la variété mis en œuvre car l'analyse de la variance a révélé un effet très hautement significatif de ce facteur.

◆ Au niveau des analyses chimiques et biochimiques :

La variabilité de la teneur en eau d'un blé est significative par contre d'une farine est non significative, La variation des teneurs en eau des farines résulte bien sûr du conditionnement des grains.

Le facteur variété a un effet non significatif sur le taux de cendres des farines. La variété à fort taux de cendres est « WBLL1*2/BRAMBLING » et « WBLL1*2/BRAMBLING », alors que « HIDHAB » est la variété à faible taux de cendres.

Conclusion générale

Le facteur variété a également un effet très hautement significatif sur le test SDS de sédimentation et de ZELENY. Les variétés les plus intéressantes est «WBL1*2/BRAMBLING» enregistrant un volume de 69,00 ml (SDS), et « AÏN ABID »avec un volume de 55.00ml pour le ZELENY. Les volumes les plus élevés des ces tests témoignent de la bonne qualité du gluten du blé tendre et par conséquent, de celle de la farine. La composition du gluten de blé est effectivement un facteur déterminant pour la qualité des produits finis.

Pour la teneur en protéines, l'analyse de la variance se montre significative. Les valeurs des protéines des farines oscillent entre 9,18% « PRL/2*PASTOR» et 12.51% « PASTOR/WBL1».

◆ Au niveau de l'analyse technologique :

Le facteur variété a un effet très hautement significatif sur la teneur en gluten humide et gluten sec. L'examen des valeurs minimales et maximales du gluten humide, montre un grand écart entre certaines variétés. Les valeurs de la capacité de rétention de l'eau par le gluten sont comprises entre 59.69 % et 138.89 %. La plus grande capacité d'hydratation est attribuée à la variété KAUZ/PASTOR//FISCAL, par contre, la plus faible à la variété WAXWING*2/4/SNI/TRAP#1/3/KAUZ*2/TRAP/KAUZ. A travers ces résultats, on constate que la fixation de l'eau par le gluten des farines se fait en fonction de la variété.

Les alvéogrammes obtenus sont déséquilibrés avec une ténacité élevée, dans ce cas la nous proposons de faire des mélanges de variété de farine pour atteindre l'équilibre souhaité par les boulangeries.

Compte tenu de l'importance de la céréaliculture, de son impact politique, économique et social en Algérie et dans le monde, cette étude de sélection, d'identification du comportement variétal reste parmi les études de recherche les plus prioritaires en Agriculture. Néanmoins cela reste encore un début car il est à souligner qu'une étude scientifique de cette ampleur doit être poursuivie car elle nécessite du temps et de la matière. C'est pour toutes ces raisons qu'une orientation à court et long terme vers un projet de recherche agronomique intégrant la génétique, la biologie et l'environnement serait à recommander.

Sommaire

Remerciements	
Dédicaces	
Résumé	
Listes des Abréviations, Tableaux, figures et Annexes	
Table des Matières	
Introduction	1-2

Etude bibliographique

Chapitre I : Généralité sur le blé tendre

I. Caractère botanique	3
I.1. Morphologie et dimensions.....	3
I.1.1.Tige et feuilles	3
I.1.2.L'appareil racinaire	4
I.1.3.L'épi	4
I.2.Classification taxonomique	5
I.2 .1. Germination et développement du blé tendre.....	5
I.2.2 Structure du grain de blé.....	6
I.3. Composition chimique du grain de blé.....	8
I.3.1.L'eau	9
I.3.2.Les protides	9
I.3.3.Les protéines	10
I.3.3.1.les albumines et les globulines	10
I.3.3.2. Les gliadines	11
I.3.3.3.Les gluténines	11

I.3.3.4.Rôle des protéines	12
I.3.3.5.Le gluten	14
I.3.4.Les pentosanes	14
I.3.5.Les glucides	15
I.3.6.Les lipides.....	16
I.3.7.Les minéraux	16
I.3.8.Les vitamines.....	16
I.3.9. Les fibres alimentaires végétales (FAV)	17
Chapitre (II) : La qualité technologique du blé tendre	
II . La qualité technologique et transformation du blé tendre.....	18
II.1.La valeur meunière des blés tendres	18
II.2.La valeur boulangère des blés tendres.....	19
II.3.qualité technologique des farines	21
II.3.1.Les qualités fermentaires	21
II.3.2.Les qualités rhéologiques	21
Chapitre (III) : Génotype X.	
III. Génotype	22
III.1.Phenotype	22
III.2. Environnement	23
III.2.1 Milieu	23
III.2.2.Adaptation au milieu	23
III.2.3.Adaptation du génotype au milieu.....	24
III.3.Limites des modèles d'analyse des caractères quantitatifs	24

Partie expérimentale

Matériel et méthodes

I. Conditions de culture des échantillons de blé dur expérimentés.....	25
I.1. Site de mise en culture des variétés de blé tendre étudiées	25
I.2. Matériel végétal.....	26
I.3. Matériel non biologique	26
I.4. Méthode d'obtention des farines à partir des grains de blé tendre.....	27
I.4.1. Nettoyage du blé.....	27
I.4.2. Conditionnement du blé.....	27
I.4.2.1. Détermination de l'humidité des grains.....	27
I.4.3. Mouture du blé.....	28
I.5. Analyses physiques des grains.....	
I.5.1. Poids hectolitre (PHL).....	28
I.5.2. Poids de mille grains.....	29
I.6. Analyses chimiques et biochimiques des farines.....	
I.6.1. Détermination des cendres.....	30
I.6.2. Dosage d'azote total avec minéralisation selon la méthode Kjeldhal.....	33
I.6.3. Indice de sédimentation (test de ZELENY)	35
I.6.4. Test de sédimentation dans solution de SDS –acide lactique	37
I.7. Analyses technologiques.....	
I.7.1. Dosage du gluten :(ITGC)	40
I.7.1.1. Détermination Gluten humide(GH)	40
I.7.1.2. Détermination de Gluten sec.....	41
I.7.2. Test d'Alvéographe de Chopin.....	42

resultats et discussions

I. Analyse des résultats physiques

I.1.Poids hectolitre (PHL)	48
I.2. Poids de mille grains (PMG)	50
I.3.Taux d'extraction.....	52

II. Analyses Chimiques et biochimiques.....

II.1.Humidité des grains.....	54
II.2. Taux de cendres des farines	56
II.3.Test de sédimentation dans une solution SDS-acide lactique	59
II.4. Test de sédimentation ZELENY.....	61
II.5.Dosage des teneurs des protéines totales.....	63

III. Paramètres technologiques :

III.1. Résultats du taux de gluten.....	65
III.2.Test d'alvéographe de chorin.....	67
Interprétation global des résultats.....	69
Conclusion général	71
Références bibliographiques.....	
Annexes	

Liste des figures

Figure(1) : Histologie du grain de blé (composés nutritionnels) (<i>MICARD et al, 2009</i>).....	7
Figure (2) : composition des protéines : rapprochement entre les classifications d'Osborne et de Shewry.....	12
Figure(3) : détermination de taux de cendre.....	32
Figure(4) :Indice de sédimentation selon ZELNY et selon REDMAN	36
Figure (5) : Teste de sédimentation SDS-acide lactique. DICK et QUICK (1983)	38
Figure (6) : test de détermination du gluten	41
Figure(7) : test d'Alvéographe	44
Figure (8) : Courbe type Alvéographe	45
Figure (9) : L'effet du génotype sur PHL.....	49
Figure (10) : L'effet du génotype sur le PMG.....	51
Figure (11) : L'effet du génotype sur le taux d'extraction de farine.....	53
Figure (12) : L'effet du génotype sur la teneur en eau des grains.....	55
Figure (13) :L'effet du génotype sur la teneur en cendre de la farine	57
Figure (14) :L'effet du génotype sur le SDS-acide lactique	59
Figure (15) : L'effet du génotype sur le ZELNY	63
Figure (16) : L'effet du génotype sur la teneur en protéines	64
Figure (17) : L'effet du génotype sur la teneur en gluten	66

LISTE DES ABREVIATIONS

- **GH:** Gluten Humide
- **GI:** Gluten Index
- **GS:** Gluten Sec
- **ITGC:** Institut Technique des Grandes Cultures
- **PMG :** Poids de Mille Grains
- **SDS:** Dodecyl Sulfate de Sodium
- **Cm:** Centimetre.
- **g:** Gramme.
- **G :** Gonflement de la pate.
- **Kg:** Kilogramme.
- **mg:** Milligramme
- **min :** Minute.
- **ml:** Millilitre.
- **mm:** millimetre.
- **ms:**Matière sèche.
- **NaCl:** Chlorure de sodium
- **(NH₄)₂SO₄:**Sulfate d'ammonium
- **(NH₃):** Ammonia
- **P/L :** Ténacité de la pâte.

PDF Create! 4 Trial
www.pdfcreate.com

CHAPITRE I

Etude bibliographique

Introduction

PDF Creator Trial
www.nuance.com

INTRODUCTION

L'histoire de l'introduction des céréales dans l'alimentation humaine est étroitement liée à la sédentarisation de l'espèce humaine. Elle marque l'entrée de l'homme dans la civilisation.

Les céréales demeurent la principale nourriture de la planète. Les besoins alimentaires constants de l'humanité assureront une présence continue de céréales.

De toutes les céréales forment « riz, seigle, orge, avoine, maïs, sorgho, millet, sarrasin, soja, triticale » le blé est le plus répandu. Cette prédominance s'explique par les conditions climatiques particulières qui en font une région tempérée notamment au niveau des chaînes de l'Atlas et des haut-plateaux où la pluviométrie annuelle oscille entre 30 et 90 cm d'eau.

Les blés constituent la première ressource en alimentation humaine, et la principale source de protéines. En Algérie, les blés demeurent l'aliment de base et fournissent plus de 60% de l'apport calorique et de 75 à 80 % de l'apport protéique de la ration alimentaire algérienne, Ils fournissent également une ressource privilégiée pour l'alimentation animale et de multiples applications industrielles (BONJEAN et PICARD, 1990). La presque totalité de la nutrition de la population mondiale est fournie par des aliments en grain dont 95% sont produits par les principales cultures céréalières.

La céréaliculture est une composante importante des économies agricoles et alimentaires algériennes. Certes, de part l'importance des superficies occupées et compte tenu de leur poids dans la sécurité alimentaire du pays, les enjeux politiques et économiques liés aux céréales sont considérables. En effet, représentant une source de revenus et d'activités, les céréales sont peu substituables, tant au niveau des productions que des consommations nationales. D'autre part, étant donné la primauté des dépenses alimentaires dans le budget des ménages algériens (50%), les prix des céréales déterminent en grande partie le niveau des salaires et de la consommation nationale (Jouve A.M., et al, 1995).

L'Algérie est l'un des plus grands pays consommateurs de céréales au monde. On évalue la consommation moyenne à hauteur de 220 kg par an et par habitant, et celle-ci peut atteindre jusqu'à 50% du budget total consacré à l'alimentation. Cette situation traduit bien nos habitudes alimentaires fortement liées aux dérivées des blés durs et tendres. En 2008, les exportations françaises de céréales vers l'Algérie se sont élevées à 886 M EUR (Aissaoui S., 2009).

L'Algérie se trouve ainsi d'une part dans l'obligation de recourir aux importations pour combler le déficit entre production et besoins, et d'autre part de rehausser la production nationale en agissant sur les différents niveaux qui limitent nos rendements.

INTRODUCTION

La disponibilité de géotypes adaptés aux conditions agro-climatiques particulières de l'Algérie et de rendements satisfaisants constituerait un levier dans cette stratégie globale.

L'augmentation des rendements de blé tendre peut se faire par des techniques culturales appropriées (travail du sol, fertilisation et traitements phytosanitaires), mais aussi par la recherche des géotypes performants et adaptées aux différents milieux de culture. A cet égard, ils existent des différences entre les géotypes dans leur stabilité et leur rendement.

Les données de telles épreuves ont trois objectifs principaux (ZAGHOUANE F et al ; 2003).

- Estimer et prévoir exactement le rendement basé sur des données expérimentales limitées.
- Déterminer la stabilité de rendement et le modèle de la réponse des géotypes.
- Fournir des conseils pour choisir les meilleurs géotypes fiables destinés à être semé dans des conditions pédoclimatiques nouvelles

Afin de relever le défi d'assurer la sécurité alimentaire du pays, l'amélioration de la qualité est toujours été l'objectif le plus recherché pour le développement de cultivars derrière le rendement. L'idéal serait donc d'améliorer simultanément la qualité technologique et biochimique du blé. Ces objectifs ne peuvent être atteints sans la création variétale et l'étude du comportement et de l'adaptation des variétés sélectionnées. Les critères de sélection les plus recherchés sont :

- Caractérisation physicochimique.
- caractérisation technologique.
- la relation entre ces caractères.

Pour cela et afin de vérifier ces relations, nous avons entrepris d'évaluer la qualité technologique des principales variétés algériennes de blés tendres sélectionnées et cultivées chez nos agriculteurs. Aussi dans l'objectif d'encourager la production du matériel végétal local et de remplacer les variétés de blé tendre importées utilisées par les meuneries en Algérie.

I -Caractère botanique :

Le blé se présente d'abord comme une plante herbacée à feuilles assez larges, dont la forme peut être caractérisée par les détails suivants : à l'endroit où l'limbe se détache de la tige, au sommet de la partie engainante de la feuille, on trouve deux stipules finement poilus ne ceinturant pas totalement la tige et une ligule transparente, courte et assez importante, appliquée sur la tige (FRICHOT E., 1930).

I.1.Morphologie et dimensions :

Le grain de blé se présente avec une dimension moyenne suivante (LÉROY P., 1998):

- ✓ Longueur : 5-8 mm
- ✓ Largeur : 2-4 mm
- ✓ Poids : 30-60mg
- ✓ Densité : 1.3-1.4
- ✓ Section longitudinale : 10-16 mm²

Le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) est une plante très semblable dans la morphologie de leurs organes végétatifs et floraux.

❖ Tige et feuilles :

La tige ne commence vraiment à prendre son caractère de tige qu'au début de la montaison « phase végétative ». la tige est en quelque sorte « télescopée » à partir d'un massif cellulaire qui forme le plateau de tallage. cette dernière présente des bourgeons axillaires qui seront à l'origine des talles. Lesquelles auront la même structure que la tige principale ou maître-brin.

La tige elle-même s'allonge à la montaison, et porte 7 ou 8 feuilles rubanées, engainante sur toute la longueur d'un entre-nœud.

Les feuilles ont des nervures parallèles et sont terminées en pointe portant deux parties : une portion inférieure enveloppant l'entre-nœud correspondant à la gaine, et une portion supérieure, le limbe.

❖ L'appareil racinaire :

Si on déterre avec soin une plante de blé adulte, ou mieux, si on la cultive dans une caisse grillagée, on peut observer la position et la répartition du système racinaire.

Il est composé de deux systèmes racinaires successifs :

- Un système séminal, fonctionnel seul de la levée au début du tallage. Les racines de ce système sont au nombre de six, rarement sept (*BENLARIBI et al, 1990 ; HAZMOUNE, 2006*).
- Un système adventif ou coronal, apparaissant au moment où la plante émet ses tiges. Ce système se substitue progressivement au précédent durant l'avancement du cycle biologique des céréales à paille. Il est de type fasciculé. Bien que moins puissant (*SOLTNER, 2005*).

❖ L'épi :

Il est issu du bourgeon terminal du plateau de tallage. Des la fin du tallage il commence à s'élever dans la tige. Lorsque le développement de la tige est terminé, l'épi apparaît enveloppé dans la dernière feuille et après quelques jours il prend une structure c'est l'épiaison.

L'épi comporte une tige pleine ou rachis coudée et étranglée portant alternativement à droite et à gauche un épillet (*BERKANI A., 2001*).

L'épillet ne comporte pas de pédoncule, il est attaché directement sur le rachis. Les épillets sont de nombre de 25 se recouvrent étroitement les uns les autres. Chaque épillet contient des fleurs sur le pédoncule P très court, attaché sur un angle du rachis on trouve d'abord deux bractées ou glumes qui ne portent pas de fleurs à leur aisselle. Au dessus d'elles, insérées sur le pédoncule on trouve une bractée inférieure I1, portant à son aisselle une fleur F1, qui porte elle-même une autre bractée supérieure S1, S1 et I1 s'appellent les glumes. (*GATE P., 1995*).

De la même façon, on trouve deux ou trois fleurs complètement développées. La fleur est très petite et hermaphrodite, protégée par 2 glumelles (inférieure et supérieure), et comprend un ovaire possédant un seul ovule, un stigmate divisé (bifide) plumeux et 3 étamines. Elle fait important la fécondation a lieu avant l'apparition des anthères à l'extérieur.

Un blé en s'autofécondant, gardera ses caractères génétiques d'une manière constante.

Après la fécondation, la fleur donne naissance a un fruit unique, le caryopse ou grain, qui comporte un embryon ou germe plaqué sur les réserves.

I.2. Classification taxonomique :

Comme les autres céréales, le blé est une plante monocotylédone de la famille des *Gramineae*, c'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscant, appelé caryopse. Les blés sont consommés après transformation, en farine pour le blé tendre destiné pour les boulangeries, la pâtisserie (FEILLET, 2000).

Tableau 1 : Classification du blé tendre (FEILLET, 2000).

Classification	Blé tendre
Règne	Plantae (Règne végétale)
Division	Magnoliophyta (Angiospermes)
Classe	Liliopsida (Monocotylédons)
S/Classe	Commelinidae
Ordre	Poales
Famille	Poaceae (ex Graminées)
S/Famille	Triticeae
Tribu	Triticeae (Triticées)
S/Tribu	Triticinae
Genre	Triticum
Espèce	Triticum aestivum L.

I.2.1. Germination et développement du blé tendre :

La germination est un processus physiologique qui permet à l'embryon contenu dans la graine de donner une jeune plantule.

La fourchette optimale de la germination se situe entre 12-25°C. La radicule apparaît en premier, suivie par le coléoptile 4-6 jours après la germination. Les racines primaires peuvent demeurer fonctionnelles à vie, à moins d'être détruites par une maladie ou blessées par une machine, mais elles ne constituent qu'une petite partie de l'ensemble du système racinaire. Du coléoptile émerge la première vraie feuille de la plantule. Les racines secondaires

commencent à se développer environ deux semaines après la levée de la plantule. Elles sortent des nœuds de la base pour former le système racinaire permanent, qui s'étale et peut pénétrer jusqu'à 2 mètre de profondeur (*BRINK et BELAY, 2006*).

La production de feuilles et de talles augmente rapidement peu après la levée. La durée du stade végétatif est variable entre 20-150 jours, en fonction de la température et de la réponse du cultivar à la vernalisation et à la longueur du jour. Le blé est habituellement autogame : il a un taux de pollinisation croisée de 1-4 %. Le pollen se répand largement dans la fleur. Les grains situés au centre de l'épi et ceux formés dans les fleurs proximales tendent à être plus gros que les autres. La maturité physiologique est atteinte lorsque la feuille étendard (la feuille la plus haute) et l'épi virent au jaune et que la teneur en humidité du grain totalement formé est tombée à 25-35%. (*BRINK et BELAY, 2006*).

I.2.2 Structure du grain de blé :

Le grain de blé est constitué principalement de trois parties : l'albumen, les enveloppes et le germe (figure 01).

***l'albumen** : C'est la partie centrale de la graine représentant 80 à 85% du grain. Elle est constituée par une succession de couches :

- Assise protéique (couche à aleurone) : Elle est très riche en protéines.
- Cellules de l'albumen avec granules : l'albumen est farineux (cas de blé tendre) qui nous donne la farine.

***les enveloppes** (13 à 17% du grain) : sont formées de différents tissus :

- Péricarpe : Il provient des cellules de l'ovaire, constitué par 3 couches, l'épicarpe, le mésocarpe et l'endocarpe.
 - Testa : ou tégument séminal de la graine constitué de 02 couches de cellules.
 - L'épiderme : Il est appliqué sur l'albumen.

***le germe** : c'est l'embryon du grain; il représente moins de 3 % du poids du grain. Malgré sa très petite taille, le germe est la partie la plus riche en éléments nutritifs. Son contenu en lipides le rend facilement périssable.

Comparativement à d'autre céréales, le grain de blé possède un sillon résultant d'une invagination des téguments vers l'intérieur du grain, sur toute sa longueur et du côté du germe, où se localisent les faisceaux nourriciers de la graine. Sa présence détermine la

manière dont s'opère la séparation de l'albumen et des enveloppes pour extraire les farines. La longueur du grain est comprise entre 5 et 8 mm, sa largeur entre 2 et 4 mm son épaisseur entre 2.5 et 3.5 mm, sa section longitudinale entre 10 et 16 mm², sa section transversale entre 4 et 7.5 mm², son poids entre 20 et 50 mg et sa densité entre 1.3 et 1.4 (FEILLET, 2000).

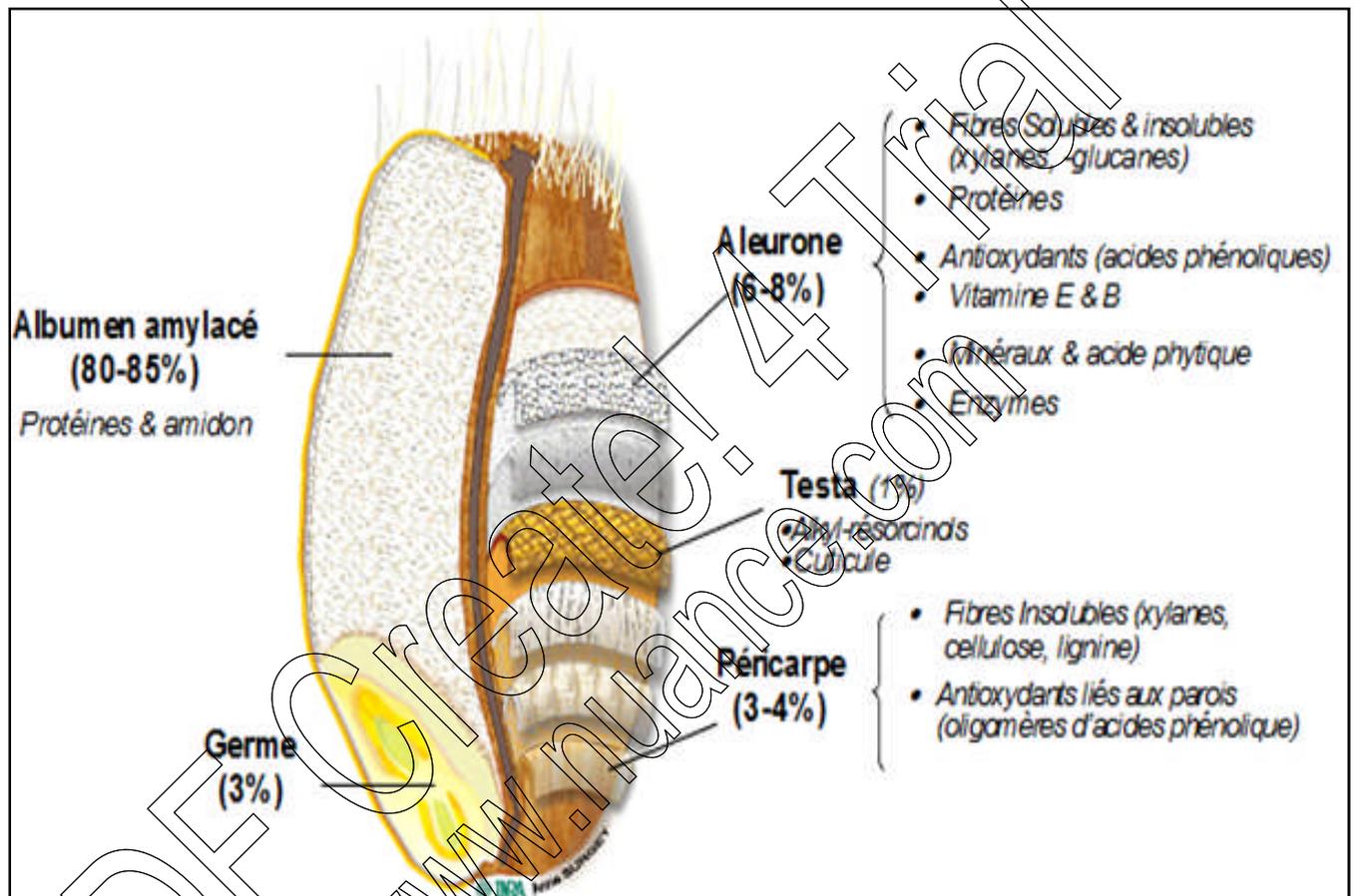


Figure 1 : Histologie du grain de blé (composés nutritionnels) (MICARD et al, 2009).

I.3. Composition chimique du grain de blé :

Tableau 2 : composition chimique moyenne d'un grain de blé par les différents constituants(en g%MS) (Pilon, Mazerand, 1998)

Nature des composants	Teneur (% matière sèche)
M. azotées	10-13
amidon	70-75
M. grasses	1.5-2.5
protéines	10-16
M.minérales	1.7-2.0
Pentosanes	8-10
M. cellulosiques	2-3

Les glucides sont les plus importants pondéralement dans le grain de blé, leur pourcentage de matière sèche du grain est de 75%, ils sont particulièrement sous forme d'amidon ; cependant, les protéines du blé, outre leur importance pondérale (tableau 2), présentent une particularité par rapport à toutes les autres céréales : elles sont douces, par le biais du gluten, de caractéristiques plastiques (extensibilité, élasticité, tenacité) ce qui permet la production d'une gamme incommensurable de dérivés (Pilon, Mazerand, 1998).

Le grain de blé comprend également des matières minérales en faible proportion 1.7 % à 2.0%, réparties : 80% des cendres (matières minérales après incinération) se trouvent dans les enveloppes contre 20% dans l'amande (Mauzé *et al.* 1972). Le grain contient également des vitamines (essentiellement du groupe B), des sels minéraux (calcium, magnésium, sodium, potassium, chlore, soufre, fluor...), des fibres (celluloses, hémicelluloses...), de l'eau et des enzymes (ANONYME, 1976). Celles-ci peuvent avoir des effets bénéfiques ou nuisibles au cours de la panification.

Tableau 3 : Composition chimique et bio-distribution (Calvel, 1980).

	Eau %	Matières minérales	Matières protéiques	Matières grasses	Glucides solubles	Glucides totaux
Grain entier	13	1.7-2.10	10-13	1.5-2	2-3	68-72
Enveloppes	13	6-7	17-19	4-5	2-2.5	65-68(2)
Amande farineuse	13	0.4-0.5	9-12	0.7-1	1.5-2	74-76(3)
germe	13	4-5	22-32	15-18	15-20	

I.3.1.L'eau :

Le grain de blé est constitué de 13 % d'eau. Cette faible teneur lui permet d'être stocké longtemps en évitant ainsi le développement de micro-organismes en particulier de moisissures (FREDOT, 2005).

I.3.2.Les protides :

Les protides sont formés d'acides aminés libres, de peptides et surtout de protéines. Les protéines de céréales sont classées selon leur solubilité : les albumines, solubles dans l'eau ; les globulines, solubles dans les solutions salines diluées ; les prolamines dans les solutions alcooliques et les glutélines dans les solutions diluées d'acides ou d'alcalis et leur caractéristiques : masse moléculaire, composition en soufre, structure, localisation sur les gènes et fonctions.

Pour le grain de blé, les prolamines sont plus spécifiquement appelées gliadines. Quant aux glutélines, elles sont nommées gluténines. Ces deux types sont les plus présents dans le grain avec respectivement sur l'ensemble des protéines 40-50% et 40-45%. Elles constituent les protéines de réserve. Les protéines des céréales sont déficitaires en certains acides aminés, en particulier les acides aminés essentiels comme la lysine (GODON et WILLM 1991).

Tableau 4 : composition en protéines d'après d'OSBORNE ; MELAS (1993).

classe	solubilité	dénomination	% de protéine
Les albumines	eau	—	15
Les globulines	sels neutres	—	5
Les prolamines	Ethanol 70%	} gliadines } gluténines	30-40
Les gluténines	Acide-base, réducteurs...		40-50

I.3.3. Les protéines :

De point de vue quantitatif, les protéines sont le deuxième élément en importance dans le grain. Les quatre principales classes qui ont été identifiées sont les albumines, les globulines, les gliadines et les gluténines.

Tableau 5 : la composition en fractions protéiques de la farine (d'après SHEWRY et al., 1986).

Fractions protéiques	En % des protéines totales	Poids moléculaire Dalton
{ Albumines	15	5000-30 000
{ Globulines	5	2000-9000
{ Gliadines	30-40	25 000-75 000
{ Gluténines	40-55	>100 000

I.3.3.1. les albumines et les globulines :

Sont des protéines solubles qui représentent près de 20% des protéines totales constituant le grain, elles contiennent moins d'acide glutamique et de proline que celle du gluten, et sont plus riches en Lys. ces protéines possèdent des propriétés physico-chimiques et fonctionnelles très diverses et beaucoup d'entre elles sont des enzymes ou des inhibiteurs d'enzymes. leur poids moléculaire varie de 5 000 à 90 000 (MELAS et al., 1993).

Selon GODON (1991) le poids moléculaire des albumines se situe entre 10 000 et 30 000, alors que les globulines ont un poids moléculaire moyen de 10 000.

I.3.3.2. Les gliadines :

Selon d'Osborne(1907), sont la fraction soluble dans l'eau. Elles sont responsable de l'extensibilité de la pâte lors de la fabrication du pain par exemple et permet son écoulement visqueux. Elles sont aussi responsable chez certains sujets de « l'intolérance au gluten » appelée aussi maladie cœliaque. C'est une maladie qui se caractérise par une malabsorption globale entraînant des diarrhées et des stéatorrhées responsables à long terme d'une dénutrition. L'exclusion du blé, du seigle, de l'orge et de l'avoine est la seule forme de traitement de cette pathologie d'origine probablement immunitaire (pour ces raisons, ces 4 céréales sont exclues des farines pédiatriques dites du 1^{er} âge —1 à 4 mois) (FREDOT, 2005).

Selon leur mobilité électrophorétique en milieu acide (pH=3.1), WOYCHIK et al., (1961) ont séparé les gliadines en quatre groupes : α , β , γ et ω . Elles sont pauvres en acides aminés basiques et très riches en glutamine et proline (surtout ω). Selon leur richesse en soufre elles peuvent être réparties en deux familles : les gliadines riche en soufre (α , β et γ gliadines), et les gliadines pauvre en soufre (ω gliadines), (UTHAYAKUMURAN et al.,2001).

Les α , β , γ -gliadines sont stabilisées par des ponts di sulfures intra-moléculaires, par de nombreuses liaisons H.

Les gliadines présentent un polymorphisme génétique si important qu'elles puissent servir de base à l'identification variétale de blé (POPINEAU, 1991).

GUPTA et al., (1992) ont trouvé que le pourcentage des gliadines augmente avec l'augmentation de la teneur en protéines totales.

I.3.3.3. Les gluténines : elles sont caractérisées par l'aptitude d'association de leurs sous-unités grâce aux liaisons disulfures intermoléculaires s-s, qui ont une influence sur la qualité panifiable du pain (MELAS et al., 1993).

Selon leur poids moléculaire apparent les sous unités constitutives de gluténines se répartissent en deux groupes de constituants :

- Les sous unités de haut poids moléculaires (SG-HPM) de poids moléculaires compris entre 90 000 et 140 000.

- Les sous unités de faible poids moléculaire (SG-FPM) de poids moléculaires compris entre 40 000 et 50 000 pour le type B et 30 000 à 40 000 pour le type C, (VERBRUGGEN *et al.*, 1998).

Pour PAYNE *et al.*,(1984) ; MELAS *et al.*,(1993), ces deux groupes (SG-HPM , SG-FPM) représentent respectivement 30 et 70 % des gluténines totales.

Les gluténines sont résistantes à l'extension. Le rapport entre gliadines et gluténines est considéré comme important dans le comportement des pâtes.

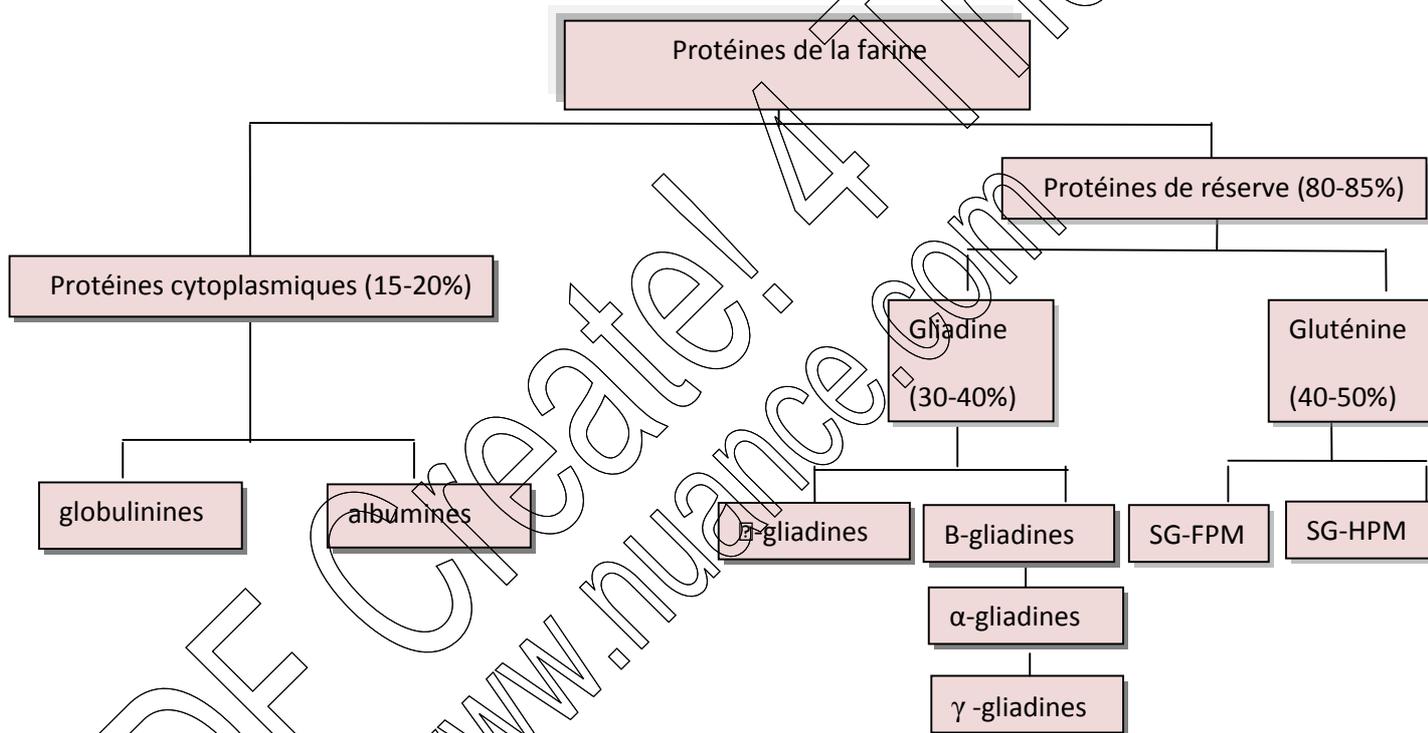


Figure 2 : composition des protéines : rapprochement entre les classifications d'Osborne et de Shewry.

I.3.3.4. Rôle des protéines :

Les performances boulangères d'une farine de blé sont largement gouvernées par la quantité et la qualité de ces protéines (TOUFEIL *et al.*, 1999).

❖ Rôle des protéines solubles :

D'une façon générale, le rôle des albumines et globulines dans la panification n'est pas encore bien élucidé, mais les résultats obtenus en rapport avec la qualité indiquent à priori que leur rôle est limité.

En effet, pour FINNEY (1971) ; ORTH et BUSHUK (1972), les protéines solubles ne semblent pas avoir d'effet sur la valeur technologique des farines qui concerne la valeur boulangère et seraient inversement corrélées à cette valeur.

❖ Rôle des gliadines :

Bien que les anciens travaux réalisés sur les gliadines étaient dans leur majorité contradictoire et certains d'entre eux n'ont montré aucun effet significatif sur la qualité boulangère (ORTH et BUSHUK, 1972), il est admis actuellement que cette fraction contribue largement à la viscosité et l'extensibilité du gluten (GIANIBELLI *et al.*, 2001).

Selon UTHAYAKUMARAN *et al.*, 1999 ; 2001) les pâtes qui ont un supplément de gliadines ont généralement un temps de pétrissage court, une grande résistance à la rupture, une faible résistance maximum à l'extension et un volume du pain diminué.

Cependant des études de corrélation et de reconstitution menées par certains auteurs (BRANLARD., MARION, 1998 ; DONG *et al.*, 1992 ; VAN LONKHUSEN, 1992 ; FIDO *et al.*, 1997) montrent que les fractions de gliadines manifestent en générale les mêmes effets sur les propriétés fonctionnelles de la pâte que les gliadines totales.

En effet, les différentes fractions de gliadines elles mêmes montrent des différences dans les propriétés fonctionnelles : avec les γ -gliadines réduisant le temps de pétrissage et augmentent la résistance maximum à l'extension, les β - gliadines contribuent à la réduction du volume du pain, le α - β gliadines ont un effet moindre sur le volume du pain (UTHAYAKUMARAN *et al.*, 2001).

D'autre part, en utilisant le test de sédimentation SDS et le mixographe comme mesure indirectes de la qualité, HUEBNER *et al.*, (1999), ont montré que les gliadines affectent positivement la qualité boulangère.

❖ Rôle des gluténines :

La majorité des études effectuées dans le but d'approcher le problème de la qualité technologique des blés tendres en sélection fait apparaître que les gluténines jouent un rôle déterminant dans la qualité boulangère.

Les gluténines plus aux différences de la qualité boulangère que les gliadines (Mac RITCHI *et al.*, 1990) ; WEEGELS *et al.*, 1996).

Pour DACOSTA (1986), la fraction gluténine donne à la pâte sa propriété de résistance à l'extension et à la cohésion élastique.

LEE et *al.*, (2002) ont rapporté que le type et la qualité des gluténines dans la farine sont hautement corrélés à la qualité du produit final.

Selon TOUFEILI et *al.*, (1999), les gluténines communiquent la force à l'élasticité nécessaire pour de bonne propriété d'utilisation de la pâte ainsi que sa capacité à supporter les stress qui se déroulent durant la fermentation et la panification.

Pour KHATKAR et *al.*, (1996), les polymères des gluténines jouent un rôle clé dans l'explication des variations rencontrées dans les propriétés de la pâte et le volume du pain.

Une étude même menée par GUPTA et *al.*, (1993) a fait ressortir que la quantité et la distribution en taille moléculaire des macropolymères de gluténines sont la cause principale des différences observées dans les propriétés de pétrissage et la qualité boulangère des variétés de blé.

EWART (1990) ont indiqué que la viscoélasticité de la pâte dépend essentiellement de l'aptitude des sous unités gluténines à s'associer par des liaisons disulfures intermoléculaires.

I.3.3.5. Le gluten :

Le gluten est composé de 75% à 80% de protéines (gliadines et gluténines essentiellement), 5 à 10% de lipides et de 8 à 10% d'amidon (GODON, 1991). Il a des propriétés de cohésion, d'élasticité, de viscosité et de plasticité qui lui permette au cours de la panification, de former un réseau tridimensionnel imperméable, capable de retenir le gaz carbonique et de s'étirer sous sa pression pour former la structure et la texture alvéolée du pain (FOULD-SPRINGER, 1996).

Il se forme au cours du pétrissage : les gluténines s'unissent par ponts disulfures formant une grande surface sur laquelle de nombreuses liaisons non covalentes peuvent apparaître avec des gliadines (plus lâchement associées) (GODON, 1991). Ainsi, les gluténines sont responsables de la ténacité et de l'élasticité de la pâte et les gliadines de l'extensibilité (CARENTINO, 1996).

La quantité de gluten et la qualité de ses protéines font la valeur boulangère de la farine.

I.3.4. Les pentosanes :

Beaucoup moins abondants que l'amidon, ces glucides ont cependant un effet notable sur le pouvoir d'hydratation de la farine. Les pentosanes se distinguent par leur caractère en :

- Pentosanes solubles : qui ont un effet bénéfique sur la pâte, ils agissent comme améliorant.
- Pentosanes insolubles : sont responsables du rancissement du pain.
 - Le rapport pentosanes solubles/pentosanes insolubles, si il est élevé, il est considéré comme caractéristique d'une bonne qualité de farine.

I.3.5. Les glucides :

Ces substances énergétiques majoritaires dans le grain sont constituées de 80% d'amidon, polymère de glucose. Il est constitué à 17-28% de chaînes linéaires d'amylose et de chaînes ramifiées plus longues d'amylopectine. Ces deux types de chaînes sont associés dans le grain d'amidon par couches concentriques formant successivement des zones amorphes et des zones cristallines.

Un ensemble de composés glucidiques de structure, comme la cellulose, est présent à environ 5% dans le grain (*GODON et WILLM, 1991*).

➤ les glucides assimilables :

Le grain de blé contient environ 61 % de glucides assimilables avec :

- ❖ Des glucides complexes (l'amidon) : Il représente la majeure partie de ce type de glucides soit 59 % répartis ainsi : 25 % d'amylose et 75 % d'amylopectine.

Il est essentiellement retrouvé dans l'amande dont la zone centrale est plus riche que la zone périphérique. À l'opposé, l'écorce et le germe sont peu riches en amidon. Par conséquent, plus une farine sera blanche, plus elle sera riche en amidon et meilleur sera son coefficient d'utilisation digestive (CUD).

- ❖ Des glucides simples (2 %) : Ils sont représentés par du glucose, du fructose, du saccharose et du raffinose (triholoside).

Ils sont pour la majeure partie localisés dans le germe et l'assise protéique de l'écorce.

➤ les glucides non assimilables : les fibres alimentaires végétales (FAV) :

Le grain de blé contient 9,5 % de FAV. Étant donné la présence de ces fibres, le CUD des glucides est de seulement 90 %. Elles se trouvent principalement dans l'écorce (*FREDOT, 2005*).

I.3.6. Les lipides :

Faible proportion dans le grain de blé et se retrouvent essentiellement dans le germe. Les acides gras sont essentiellement des acides gras insaturés (63% d'acide linoléique, 15% d'acide oléique contre 18% d'acide gras saturé palmitique). Les deux-tiers de ces lipides sont libres, alors que les autres sont liés aux autres constituants de la farine (glucides, protides). Ces lipides liés jouent un rôle important dans la cohésion et les propriétés du gluten (*GODON et WLLM, 1991*).

I.3.7. Les minéraux :

Le blé est pourvu en Mg et en K contrairement aux pâtes.

➤ Le Calcium et le Phosphore : Les teneurs sont les suivantes : Calcium 35 mg/100 g ; phosphore : 400 mg/100 g. Soit le rapport calcium/phosphore :

- s'il est inférieur à 1 : le calcium est mal utilisé par l'organisme ;
- s'il est supérieur à 1 : le calcium est bien utilisé par l'organisme.

Ici, le rapport calcium/phosphore étant de 0,09, le calcium est donc très mal absorbé.

En effet, dans le blé et les céréales en général, une grande partie du phosphore (75 % pour le grain de blé) se trouve sous forme d'acide phytique (ou de phytates) qui présente la propriété de lier les cations bivalents tels que le Ca^{2+} , le Zn^{2+} , le Mg^{2+} ou le Fe^{2+} . Cela donne alors naissance à des sels insolubles donc non absorbables. Cependant, l'acide phytique est principalement situé dans les enveloppes du grain.

- Le Magnésium 140 mg/100 g : Sous forme de Mg^{2+} et donc interagit avec l'acide phytique entraînant sa mauvaise absorption.
- Autres minéraux : (Sodium : 3 mg, Potassium : 435 mg, Fer = 5 mg, Zinc = 4,1 mg, Cuivre = 0,6 mg, Sélénium = 100 µg) pour 100g.

Remarque sur le fer : il est sous forme de fer nonhémérique qui est mal absorbé par l'organisme (~ 5 %) ce qui renforce l'action de l'acide phytique (*FREDOT, 2005*).

I.3.8. Les vitamines :

- **Vitamine hydrosolubles :**
 - Vit C : inexistante.

- Vit B₁ : 0,41 mg/100 g : 2/3 sont situés dans le scutellum, 1/3 dans l'assise protéique.
- Vit B₂ : 0,1 mg/100 g : c'est une source très médiocre dont 50 % est situé dans l'amande.
- VitB₃ : 4,7 mg/100 g : teneurs intéressantes 2/3 se trouvent dans l'assise protéique.
- Vit B₆ : 0,5 mg/100 g : ces teneurs sont moyennes.
- Vit B₉ : 50 µg/100 g : c'est une source médiocre.

➤ Vitamines liposolubles :

La seule vitamine liposoluble présente dans le grain de blé est la vitamine E avec 2,5 mg/100 g. Elle se trouve essentiellement dans le germe car c'est à cet endroit que l'on trouve le plus de lipides (FREDOT, 2005).

I.3.9. Les fibres alimentaires végétales (FAV) :

L'écorce est riche en fibres insolubles : lignine, cellulose et hémicellulose d'où l'intérêt diététique des pains complets, du son et des pains au son dans la régulation du transit intestinal ainsi que dans la prévention du cancer du côlon (FREDOT, 2005).

II . Qualité technologique et transformation du blé tendre :

Celle-ci correspond deux aspects :

II.1.La valeur meunière : qui correspond à l'aptitude d'un lot de blé à donner un rendement élevé en farine de pureté déterminée.

La valeur meunière est tributaire de plusieurs facteurs qui peuvent être groupés en trois groupes principaux (Grandvoinet, 1991) :

**les facteurs extrinsèques,* liés aux conditions de culture et de récolte : teneur en eau des grains, teneur et nature des impuretés, taux de grain cassés. Ces critères sont évalués pour la détermination de la qualité commerciale des grains, à la collecte par les organismes stockeurs ou l'achat des blés par les moulins (l'agrégage).

**les facteurs intrinsèques,* qui vont influencer sur les blés nettoyés à leur arrivée sur le premier broyeur : rapport albumen / enveloppes, dureté ou friabilité de l'albumen, facilité de séparer l'albumen des enveloppes.

En ce qui concerne le facteur albumen / enveloppes que l'on recherche aussi élevé que possible, il dépend de l'épaisseur des enveloppes, de la forme du grain et de son degré d'échaudage ; les méthodes de mesure utilisées comprennent la masse à l'hectolitre ou « PS », les mesures de densité des grains, les recherches les plus récentes consiste à employer des techniques d'analyse d'image pour l'analyse morphologique des grains (Abecassis, 1993). La détermination du « PS » est souvent critiquée mais elle sert encore de critère de réglementation du taux d'extraction des blés tendres en Algérie (décret exécutif n°91-572 du 31 décembre 1999).

La dureté et la vitrosité de l'albumen des blés exercent une influence considérable sur leur transformation, en particulier sur leur conditionnement, leur comportement en mouture (facilité de séparation du son et de l'amande, réduction de l'amande en farine, comportement au blutage des produits de mouture, le rendement et la qualité des la farines : granulométrie, taux d'amidon endommagé, capacité de fixation d'eau) et les caractéristiques des produits finis. la mesure de la dureté peut être réalisée a l'aide de nombreux appareils dont le Duromètre, les mesures rapides ayant été mises au point sur la base de l'utilisation de la spectroscopie infrarouge (Bertrand, 1997). En ce qui concerne la vitrosité, des farinotomes sont utilisés ainsi que des diaphanoscopes (tabes lumineuses) permettant le passage de la lumière et la mise en évidence de la translucidité des grains.

Une seule méthode permet de déterminer la valeur meunière : la mouture expérimentale. Celle-ci reste la méthode de référence, le moulin d'essai utilisé devant avoir un diagramme proche de celui du moulin industriel.

**les facteurs réglementaires* : il s'agit de la richesse en matières minérales du grain du fait que l'albumen est beaucoup plus minéralisé que les enveloppes et la couche à aleurones. Il est admis en France comme en Algérie, que le taux de cendres des semoules et des farines est en relation directe avec leur pureté et leur taux d'extraction, ce qui n'est pas toujours vrai ; en effet, le taux de cendre des semoules dépend de la teneur en matières minérales du grain d'autant plus que l'albumen du blé dur contient 50% de la totalité des matières minérales du grain contre 20-25% pour le blé tendre (Mausé *et al.*, Abecassis et Feuillet, 1985). Dans ce cas la réglementation favorise les blés faiblement minéralisés dont les dérivés pourront présenter un taux de cendres faible sans que la pureté ne soit élevée.

D'une façon générale, plus le taux d'extraction d'une farine ou semoule augmente, plus sa valeur nutritionnelle s'élève.

II.2. La valeur boulangère des blés tendres :

D'après Roussel et Chiron (2003), et d'après (la norme NF V03-716), la valeur boulangère intègre des notions distinctes :

- le rendement en pâte qui comprend la capacité d'absorption en eau de la farine pour une consistance donnée.
- la tolérance de la pâte au pétrissage, particulièrement dans le cas du pétrissage intensifié, tout en conservant ses caractéristiques plastiques.
- la machinabilité de la pâte c'est-à-dire son aptitude à être travaillée à la main ou à la machine aux différents stades de fabrication, en conservant ses caractéristiques d'élasticité, de stabilité, d'aptitude à la déformation de la pâte et en évitant le caractère collant.
- une activité de fermentation suffisante et régulière.
- le développement de la pâte et du pain et son aspect extérieur.
- la qualité organoleptique de la mie du pain.

Ces différentes notions peuvent être appréciées pour le pain courant français, directement par l'essai de panification normalisé (Mauzé *et al* 1972 ; Rousset, 1976 ; INRA, 2001).

Le terme « valeur boulangère » fait penser directement à la panification bien que l'utilisation du blé tendre, la valeur technologique d'une farine dépend fortement de la ou des variétés de blé dont les spécificités sont liées principalement à la quantité et qualité des protéines et aux activités enzymatiques. Néanmoins, l'identification de la variété ne suffit pas pour connaître sa valeur technologique ; parmi les méthodes indirectes d'appréciation de la qualité des farines, on distingue les analyses rhéologiques (alvéogramme), les analyses chimiques (teneur en protéines), les analyses enzymatiques (temps de chute de Hagberg), les analyses physico-chimiques (granulométrie, amidon endommagés, indice de Zéleny)... Les résultats de ces analyses, intéressantes pratiquement pour l'orientation et l'utilisation des blés, sont dépendants, cependant des facteurs agro-climatiques et ne permettent pas d'évaluer la qualité intrinsèque de la variété. La détermination de la composante purement génotypique de la qualité est possible à partir d'électrophorégrammes de gliadines pour la sélection des blés durs présentant une qualité culinaire acceptable et d'électrophorégrammes de gliadines et surtout de gluténine pour la reconnaissance des blés tendres de force boulangère élevée (Autran et Morel, 1997 ; Feuillet, 2000).

Tableau 6 : paramètres alvéographiques et utilisation en panification française (sans additifs) (Roussel et Chiron, 2003).

appréciations	P (mm)	G (Cm ³)	W (erg)	Activité amylasique
Insuffisant	< 40	< 20	< 150	> 300 s
Moyen	40-60	20-22	150-180	240-280 s
Bon	60-80	22-24	180-220	240-280 s
Fort	> 80	> 24	> 220	< 220 s

II.3. La qualité technologique des farines :

La qualité boulangère d'un blé recouvre deux aspects :

II.3.1. Les qualités fermentaires :

Lors de la fermentation de la pâte, pour produire du CO_2 , les levures doivent disposer de sucres simples (glucose ou saccharose). La farine possède peu de sucres simples mais beaucoup d'amidon qui ne peut être utilisé tel quel par les levures. L'amidon peut être hydrolysé en sucres simples par α amylase présentes dans le grain. Il faut connaître l'activité de ces enzymes pour connaître la capacité de production de gaz.

L'amidon, dans le grain, se présente sous forme de granule. L'attaque des enzymes est facilitée si on endommage ces granules lors de la mouture. Il est donc intéressant de déterminer l'endommagement des grains d'amidon après mouture.

II.3.2. Les qualités rhéologiques :

Pour donner une pâte de bonne qualité, la farine doit pouvoir absorber une certaine quantité d'eau et conserver ses propriétés lors du pétrissage. On va déterminer la capacité d'absorption d'eau de la farine et la résistance de la pâte au travail mécanique.

La pâte formée doit pouvoir retenir correctement un maximum de gaz produit lors de la fermentation. On mesurera ses propriétés rhéologiques (ténacité, extensibilité, élasticité). Ces propriétés sont dépendantes de certaines protéines. On déterminera donc la quantité et la qualité des protéines (ANONYME, 2007).

III. Génotype :

Le génotype est la composition génétique d'un individu. Il est défini selon (VESPA, 1984), comme un arrangement de gènes. Selon (VERRIER *et al*, 2001), 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.

Si l'on considère l'ensemble du génome et l'ensemble des caractéristiques phénotypiques des organismes, aucun individu ne peut être strictement identique à un autre, hormis le cas d'organismes obtenus par multiplication végétative ou le cas de vrais jumeaux (encore ces exceptions ne concernent-elles que le génotype).

En pratique, les termes « génotype » et « phénotype » sont employés dans un sens restreint, c'est-à-dire, pour les seuls caractères qui nous intéressent et les gènes qui les influencent.

III.1. Phénotype :

Le phénotype est la manière dont un organisme nous apparaît, pour un niveau d'observation donné. En génétique quantitative, les caractères que l'on étudie font l'objet d'une mesure (VERRIER *et al*, 2001). Ainsi, on appelle valeur phénotypique le résultat de la mesure effectuée sur un individu.

En génétique végétale, l'entité sur laquelle on réalise une mesure peut être un mélange d'individus, par exemple l'ensemble des individus cultivés sur une même parcelle ; dans ce cas, la valeur phénotypique peut se définir à l'échelle de la parcelle : elle représente en fait une moyenne de valeurs phénotypiques individuelles (VERRIER *et al*, 2001).

Le phénotype est la valeur prise par l'arrangement des gènes pour un caractère donné. Selon (MACKENZIE *et al*.2000), le phénotype est le produit de l'interaction du génotype et de 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 lesquelles sont placés les individus. Ces deux composantes ne peuvent être mises en évidence, et donc prises en considération, que si elles présentent elles même des variations (VERRIER *et al*, 2001).

Le phénotype représente un critère de sélection : Parmi un grand nombre d'individus, le choix portera sur les plus aptes à survivre et à mieux se reproduire (*DELOURME, 1999*), autrement dit, sur ceux qui correspondent aux objectifs agronomiques ou de qualité définis au départ (*MONNEVEUX, 1997*).

III.2. Environnement :

III.2. 1. Milieu :

Le milieu désigne l'environnement dans lequel vit l'individu observé, certains états physiologiques qui lui sont propres et l'observateur lui-même (*VERRIER et al. 2001*).

En production végétale, on range dans cette catégorie des facteurs tels que l'année (influence du climat), la parcelle (influence des conditions topographiques et de sols), les doses d'engrais appliquées aux différents stades du développement de la plante, les traitements phytosanitaires effectués et les conditions de récolte.

Parmi les caractéristiques physiologiques propres à l'individu, que l'on considère comme facteur de milieu, le cycle et le stade de développement de la plante jouant sur les valeurs phénotypiques.

L'observateur enfin, a une influence au travers du protocole de mesure qu'il applique, de la précision de ses instruments de mesure et des erreurs de mesure qu'il peut commettre.

III.2.2. Adaptation au milieu :

Pour lutter contre le manque d'eau, les plantes développent plusieurs stratégies adaptatives qui varient en fonction de l'espèce et des conditions du milieu. La résistance d'une plante à une contrainte hydrique peut être définie, du point de vue physiologique, par sa capacité à survivre et à s'accroître et, du point de vue agronomique, par l'obtention d'un rendement plus élevé que celui des plantes sensibles.

La résistance globale d'une plante à la sécheresse apparaît comme le résultat de nombreuses modifications phénologiques, anatomiques, morphologiques, physiologiques et biochimiques qui interagissent pour permettre le maintien de la croissance, du développement et de la production (*HSSISSOU, 1994*).

III.2.3. Adaptation du génotype au milieu :

L'adaptation d'un génotype au milieu peut avoir deux origines : la présence de « gènes d'adaptation », ou plus exactement de gènes qui gouvernent des caractères jouant un rôle dans l'adaptation (*GALLAIS, 1992*).

Les gènes d'adaptation spécifique sont nombreux : ils peuvent concerner l'évitement de la contrainte (gènes de précocité) ou bien l'adaptation à la contrainte elle-même (résistance au froid hivernal, etc...) ou à l'agent pathogène. L'adaptation générale à différents milieux peut être contrôlée par des gènes non- allèles différents ou bien, comme dans le cas de la pléiotropie, par des gènes allèles produisant des effets variables (positifs ou négatifs) entre milieux (*GALLAIS, 1992*). Les génotypes les plus adaptés seront ceux cumulant un maximum de gènes à effets favorables. Les gènes peuvent être en outre plus ou moins spécifiques comme dans le cas des résistances aux maladies (*LEFEBVRE et PFLIEGER, 2000*).

III.3. Limites des modèles d'analyse des caractères quantitatifs :

L'interprétation génétique de la variation des caractères quantitatifs est compliquée. La difficulté de l'analyse réside dans le fait qu'on est souvent incapable de déceler des gènes en ségrégation responsables de la variation observée, et on ne peut pas associer sans ambiguïté un phénotype donné à un génotype particulier. Même lorsque l'on est capable de détecter un gène majeur, ou de le mettre en évidence grâce à des marqueurs QTL (Quantitative trait locus), on ignore le nombre et les effets des autres gènes en ségrégation (*VERRIER et al, 2001*).

CHAPITRE II

Matériel et Méthodes

PDF
www.pdfdrive.com
Trial

L'objectif du travail :

Notre étude a été réalisée au niveau des laboratoires :

Le laboratoire de l'institut technologique des grandes cultures ITGC. Alger

Le laboratoire de Sopi Bouffarik.

Le laboratoire de Moula à Bni-tamou.

Durant une période de 04 mois allant du 10/03/2013 au /06/ 2013. Dans le souci d'améliorer le rendement et la qualité du blé tendre, le présent travail a pour objectif de montrer l'effet de « Géotype » sur les paramètres agronomiques et technologiques de quelques variétés de blé tendre. L'intérêt est de sélectionner les géotypes les plus performants, en d'autres termes, cibler les potentiels génétiques qui expriment au mieux leurs qualités agronomiques et technologiques. Il s'agit donc d'étudier 12 variétés de la station d'ELKHROUB.

La question posée est la suivante :

Le géotype a un effet significatif sur les différentes variétés de blé tendre?

I. Conditions de culture des échantillons de blé dur expérimentés :

I.1. Site de mise en culture des variétés de blé tendre étudiées :

Station d'ELKHROUB :

-Elle se situe sur la partie du Nord.

-Latitude : 7°,44 Longitude : 36°,46 Altitude : 250 mètres.

-Climat : ce caractérise par un climat qualifié d'humide et subhumide, la Pluviométrie moyenne annuelle est de 563mm.

-SAU : 37,25ha.

I.2. Matériel végétal :

Le matériel végétal et lignées étudié est composé de 15 variétés de blé tendre (*Triticum aestivum*) de l'essai répété -2-(2011/2012) de la station d'ELKHROUB.

N de l'échantillon	Variétés et lignées
V1	HIDHAB
V2	AÏN ABID
V3	ARZ
V4	PASTOR/WBLL1
V5	BABAX/LR42//BABAX*2/3/VIVITSI
V6	WAXWING*2/4/SNI/TRAP#1/3/KAUZ*2/TRAP/KAUZ
V7	WAXWING*2/KUKUNA
V8	WBLL1*2/BRAMBLING
V9	THELIN//2*ATTILA*2/PASTOR
V10	KAUZ/PASTOR/FISCAL
V11	WBLL1*2/BRAMBLING
V12	PRL//2*PASTOR
V13	OASIS/SKAUZ//4*BCN/3/2*PASTOR
V14	WBLL1*2/BRAMBLING
V15	PFAU/SERI.1B//AMAD/3/WAXWING

Tableau 7 : les variétés et lignées étudiées.

NB: la quantité en échantillons est estimée à 1kg pour toutes les variétés et lignées étudiées.

I.3. Matériel non biologique :

Le matériel non biologique est représenté par les verreries, les appareillages, les réactifs.

I.4.Méthode d'obtention des farines à partir des grains de blé tendre :

I.4.1. Nettoyage du blé :

Le nettoyage a pour but d'enlever du blé, toutes les impuretés qui y sont présentes :

- Les corps étrangers tels que paille, pierres et corps métalliques ;
- Les graines étrangères : graines longues (orge, avoine) ou rondes (vèscs, nielles...);
- La poussière qui est logée à l'intérieur du sillon, ainsi que celle qui adhère à la brosse du grain.

I.4.2. Conditionnement du blé :

Après nettoyage, le blé doit être conditionné de manière à faciliter la séparation du son et de l'amande et le broyage de celle-ci. Un blé humide sera difficile à travailler, notamment à bluter, un blé trop sec se prêtera mal à la séparation des enveloppes du cœur de l'albumen (FEILLET, 2000).

Nos blés sont conditionnés (1Kg / variété ou lignée) dans des bocaux auxquels est rajoutée la quantité d'eau distillée correspondante pour atteindre une humidité de 16.5%.

Toute addition d'eau doit être suivie immédiatement d'un brassage énergique des grains afin de répartir l'eau aussi parfaitement que possible entre les grains dans un maximum de temps , à cet effet , le bocal est placé dans un mélangeur Chopin pendant 30min et laisser reposer pendant 48h à température ambiante.

I.4.2.1. Détermination de l'humidité des grains (norme 1132.1990, ISO 712)

La détermination de l'humidité des grains est une opération capitale qui permet une humidification des grains de blé et qui est indispensable avant la mise en mouture pour faciliter la séparation du son et de l'amande.

La teneur en eau des grains doit atteindre 16.5% pour cela, le calcul de l'humidité sur grain est nécessaire, ensuite le volume d'eau distillée à rajouter est calculé avec la formule suivante:

$$\text{Volume d'eau distillée à rajouter} = (16.5 - H \%) \times (1.2 \times 10)$$

*Mode opératoire :

Deux déterminations sur le même échantillon pour essai doivent être faite.

- ❖ Peser 5g de grains broyés avec un broyeur Buhler et les verser dans la capsule métallique.
- ❖ Introduire la capsule ouverte contenant la prise d'essai, et le couvercle dans l'étuve pendant 2h à une température comprise entre 130 et 133°C.
- ❖ En opérant rapidement retirer la capsule de l'étuve, la couvrir et la placer dans le dessiccateur.
- ❖ Laisser refroidir la capsule durant 30min, la peser à 1mg près dans une balance analytique.

*Expression des résultats :

La teneur en eau, en pourcentage en masse du produit tel quel est donnée par la formule :

$$H\% = \frac{(M1-M2)}{(M1-M0)} \times 100$$

Où :

M0 : masse en gramme de la capsule et de son couvercle vide.

M1 : masse en gramme de la capsule et de son couvercle avec la prise d'essai avant séchage.

M2 : masse en gramme de la capsule et de son couvercle avec la prise d'essai après séchage.

Prendre comme résultats la moyenne arithmétique des valeurs obtenues pour les deux déterminations.

1.4.3. Mouture du blé :

La mouture est réalisée après 48 heures de conditionnement sur moulin Chopin- Dubois. Elle consiste en une série d'opérations de broyer entre cylindres, trois fractions sont obtenues :

- Les issues de mouture « le son ».
- La farine de broyage.
- Les semoules : subissent deux convertissages pour donner la farine.

1.5. Analyses physiques des grains :

1.5.1. Poids hectolitre (PHL) (Norme Algérienne 1613.1990) :

La masse à l'hectolitre correspond à la masse de blé contenu dans un hectolitre rempli de grains, d'impuretés et d'air interstitiel.

*Principe :

Ecoulement libre d'un échantillon au moyen d'une trémie dans un récipient de un litre.

*Appareillage :

Niléma- litre est constitué de:

- Mesure de un litre.
- Balance Romaine (maximum 1 Kg).

D'après l'apparence, le toucher, l'odeur et aux besoins la saveur, on doit vérifier que dans le lot ne se trouvent pas des parties hétérogènes qui doivent être échantillonnées séparément.

*Mode opératoire :

a) Remplissage de la trémie :

- Poser la mesure sur un plan horizontal stable. La trappe étant fermée, remplir cette trémie avec le grain dont on veut connaître le poids.
- Abattre le trop plein avec une règle et ouvrir la trappe entièrement et d'un coup sec, le grain tombe dans la mesure de 1 litre.

b) Arasement et pesée de la mesure aussi tôt après la fin du jet et sans fermer la trappe.

- Araser la mesure.
- une fois la mesure arasé, on pèse le grain.

*Expression des résultats :

La masse à l'hectolitre est exprimée en kilogramme par hectolitre. Exprimer le résultat avec deux décimales. Les résultats sont ramenés à l'hectolitre à l'aide d'une table de correspondance.

1.5.2. Poids de milles grains (Norme Algérienne.730.1991.E, ISO 520) :

La détermination du poids de 1000 grains peut fournir une évaluation du degré d'échaudage d'une variété connue. Ce critère est fonction de la variété et des conditions de culture.

*Principe :

Pesée d'une quantité de l'échantillon, séparation des grains entiers et pesée du reste, suivies du comptage des grains entiers. Division de la masse des grains entiers par leur nombre, et expression du résultat rapporté à 1000 grains.

* Appareillage :

- Appareil approprié pour le comptage des grains (NUMIGRAL).

- Balance précise à 0.01 gramme.

***Mode opératoire :**

Prélever au hasard une quantité approximativement égale à la masse de 500 grains de l'échantillon tel quel et la peser à 0.01 gramme près. Sélectionner les grains entiers peser le reste à 0.01 gramme près et en déduire par différence la masse des grains entiers. Puis compter ces derniers à l'aide du compteur de grains. Effectuer deux essais sur le même échantillon.

Déterminer sur un échantillon séparé la teneur en eau selon la méthode ISO 712.

***Expression des résultats :**

La masse, mH en gramme de 1000 grains entier tel quels, est donné par la formule :

$$mH = \frac{m_0 \times H}{N}$$

Où

m₀ = masse, en gramme, des grains entiers.

N = le nombre de grains entiers contenus dans la masse m₀.

La masse m_s en gramme de 1000 grains sur sec est donnée par la formule :

$$m_s = \frac{m_0 \times (100 - H)}{1000}$$

H : teneur en eau des grains.

P : masse en g de 1000 grains entiers.

1.6. Analyses chimiques et biochimiques des farines :

1.6.1. Détermination des cendres, méthodes par incinération à 900°C (Norme Algérienne. 733. 1991.E, ISO 2171) :

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

***Principe :**

Incinération d'une prise d'essai dans une atmosphère oxydante, à une température de $900\text{ °C} \pm 25\text{ °C}$, jusqu'à combustion complète de la matière organique, et pesée du résidu obtenu.

***Réactifs et produits :**

Ethanol, solution à 95 %.

Echantillon témoin, de même nature et de taux de cendres aussi proche que possible du produit ou des produits à analyser.

***Appareillage :**

- Broyeur.
- Nacelles à incinération, en matériaux non attaquable dans les conditions de l'essai, d'au moins 20 ml de capacité.
- Four électrique, la température d'incinération est réglable à la température de $900 \pm 25\text{ °C}$.
- Appareil de refroidissement ne permettant pas de reprise d'humidité, par exemple dessiccateur garni d'un agent déshydratant efficace.
- Plaque unie thermorésistante (amiante).
- Balance analytique.

***Mode opératoire :**

Peser rapidement une quantité de substance d'environ 2 g dans la capsule tarée, couvercle compris à 1 mg près.

Préparation des nacelles à incinération :

Chauffé durant 10 mn les nacelles dans le four réglé à $900 \pm 25\text{ °C}$.

Détermination de la teneur en cendre :

Effectuer immédiatement la teneur en eau conformément à la norme ISO 712.

❖ Préparation pour incinération :

Afin d'obtenir une incinération uniforme, humecter la prise d'essai dans la nacelle, au moyen de 1 à 2 ml d'éthanol.

❖ Prés incinération :

La porte du four étant ouverte, placer la nacelle et son contenu à l'entrée du four préalablement chauffé à $900\text{ °C} \pm 25\text{ °C}$, jusqu'à ce que la matière s'enflamme.

❖ Incinération :

Aussitôt que la flamme est éteinte, placer avec précaution la nacelle à incinération dans le four. En général le temps d'incinération est de l'ordre de 1 h à 1 h 30 mn. Une fois l'incinération terminée retirer les nacelles du four, et les mettre à refroidir sur la plaque unie thermorésistante pendant une minute, puis dans le dessiccateur jusqu'à la température ambiante, la peser alors rapidement à 0.1 mg près.

❖ Nombre de déterminations :

Effectuer au moins deux déterminations sur le même échantillon pour essai.



Figure 3 : détermination de taux de cendre.

*Expression des résultats :

Le taux de cendres, exprimé en pourcentage en masse rapporté à la matière sèche, est égal à :

$$\frac{(\quad)}{é (\quad)} \times 100 \times \text{---}$$

Où :

- m1 est la masse en gramme, de la prise d'essai.

- m2 est la masse en gramme, du résidu.

- H est la teneur en eau, exprimée en pourcentage en masse, de l'échantillon pour essai.

Prendre comme résultats la moyenne arithmétique des deux déterminations.

Exprimer le résultat à 0.01 % près.

1.6.2. Dosage d'azote total avec minéralisation selon la méthode Kjeldhal (Norme Algérienne.1158.1990, ISO 1871) :

La teneur en protéines est calculée à partir de la teneur en azote multipliée par le coefficient 5.7 et rapporté à la matière sèche.

La teneur en protéine, par son intérêt technologique et nutritionnel est un élément de la valeur d'utilisation du blé.

Appareillage :

- Broyeur
- Balance analytique
- Papier sulfurisé ou papier glacé
- Matras Kjeldhal de 500ml
- Erlenmeyer
- Appareil de distillation
- Dispositif de chauffage pour la minéralisation
- Dispositif d'aspiration pour les vapeurs d'acides libérées pendant l'attaque (hotte)

Réactifs :

- **Catalyseur :**

Catalyseur 1 :

Bioxyde de sélénium.....	0.1g
Sulfate de cuivre en poudre.....	0.5g
Sulfate de potassium.....	5.0g

Catalyseur 2 :

Sulfate de sodium.....	95g
Sélénium en poudre.....	5.0g

Catalyseur 3 :

Sulfate de potassium pur.....	100g
Sulfate de cuivre pur.....	10g
Sélénium en poudre pur.....	1.0g

Catalyseur 4 :

Sulfate en cuivre en poudre.....	1.0g
Sulfate de potassium.....	10g

***Principe :**

Le principe consiste en la minéralisation ou la pyrolyse de la matière organique contenue dans le produit. L'azote organique est transformé en azote minérale sous forme ammoniacal sous l'action oxydative de l'acide sulfurique bouillant sur la matière organique et en présence d'un catalyseur. L'azote se trouve à l'état de sulfate d'ammonium $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, un excès de lessive de soude neutralise l'acide sulfurique et libère l'ammoniac (NH_3) qui est entraîné par la vapeur au cours de la distillation et il peut être tiré en présence d'un indicateur coloré.

***Mode opératoire :**

❖ **Minéralisation :**

Introduire dans une fiole Kjeldhal 1.0g du produit (verser le produit au fond du matras en évitant tout contact avec les parois).

-Ajouter 2g de catalyseur s'il s'agit des catalyseurs 2.3 ou 4 et tout le mélange s'il s'agit du catalyseur 1, 10ml d'acide sulfurique concentré et les billes en verres.

-placer le matras incliné sur le dispositif de chauffage, mettre ce dernier en marche (un chauffage modéré doit être réalisé au début de l'opération afin d'éviter la montée de la mousse), prolonger le chauffage au-delà de trois heures jusqu'à l'impidité de la solution.

Remarque : les vapeurs toxiques pendant la minéralisation, doit être aspirées grâce a un dispositif adéquat (hotte bien ventilée).

❖ **Distillation :**

- Transverser le minéralisât après refroidissement dans une fiole de 100ml puis diluer avec de l'eau distillée et agiter.
- Prélever 20ml de cette solution, mettre dans un matras (contenant deux billes), ajouter 40ml d'hydroxyde de soude à 33% et 80ml d'eau distillée puis placer le matras dans l'enceinte de distillation.
- Plonger l'extrémité de l'appareil de distillation dans un erlenmeyer contenant 20ml d'acide borique à 4% et deux gouttes de rouge de méthyl à 1% puis mettre le distillateur en marche.

❖ **Titration :**

Après la distillation, le titrage est effectué par la méthode volumétrique avec une solution d'acide sulfurique à 0.1N, la coloration doit passer du limpide au rose.

* **Expression des résultats :**

La teneur en matière azotée totale exprimée en pourcentage de matière sèche est donnée par la formule suivante :

$$N = (14 \times 0.5 \times V) / 50 \times 100 / (100 - H) \times 5.7$$

Où :

N : l'azote.

50 : la prise de minéralisât.

5.7 : facteur de conversion.

H : teneur en eau, exprimée en % en masse de l'échantillon pour essai.

V : volume en ml, de la solution d'acide, versé dans la burette lors du titrage.

1.6.3 Indice de sédimentation (test de ZELNY) (Norme Algérienne NA 1184.1994 ; ISO 5529) :

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 farine est mise 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.

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. (Force boulangère).

- 28 à 38 : très bonne valeur. (Force boulangère).

- 38 à 70 : Blé de force ou (blé améliorant).

*Réactifs :

- Eau distillée.

- Propanol - 2 à 99 - 100 %.

- Acide lactique, solution concentrée 85 %.

- Acide lactique, solution de normalité comprise entre 2,7 et 2,8 N (diluer à un litre d'eau distillée, 250ml d'acide lactique à 85%, porter à l'ébullition à reflux pendant 6 heures.

-bleu de bromophénol : dissoudre 4mg de bleu de bromophénol dans 1000ml d'eau distillée.

*Appareillage :

- Moulin d'essai type Brarbender- Sédimat.

- Tamis de 150 μ m d'ouverture de maille.

- Eprouvettes de 100 ml à fond plat avec bouchon.

- Agitateur de cylindre muni d'une muniterie, permettant une fréquence de 40 agitations par minute.

- Pipettes.

- Balance.

*Mode opératoire :

Effectuer le broyage des grains préalablement nettoyé.

Après tamisage de la mouture, bien homogénéiser la totalité de la farine expérimentale, dont la masse doit être de 10 % au minimum de la masse de l'échantillon prélevée pour mouture.

✓ **Prise d'essai** : Peser à 0.05 après 3.2 g de produit de mouture.

Introduire la prise d'essai dans une éprouvette graduée. Ensuite ajouter 50 ml de la solution de bleu de bromophénol, boucher l'éprouvette, puis agiter vigoureusement durant 5 secondes.

Placer l'éprouvette dans le cadre de l'agitateur, et déclencher le chronomètre et mettre en marche l'agitateur.

Après 5 minutes, retirer l'éprouvette et ajouter son contenu 25ml de sédimentation.

Replacer l'éprouvette et agiter à nouveau.

Après 5 minutes d'agitation, retirer l'éprouvette et la mettre e position verticale.

Laisser reposer pendant exactement 5 minutes, puis noter le volume de dépôt à 0.5 ml près.

Effectuer au moins deux déterminations de sédimentations sur le même échantillon pour essai.

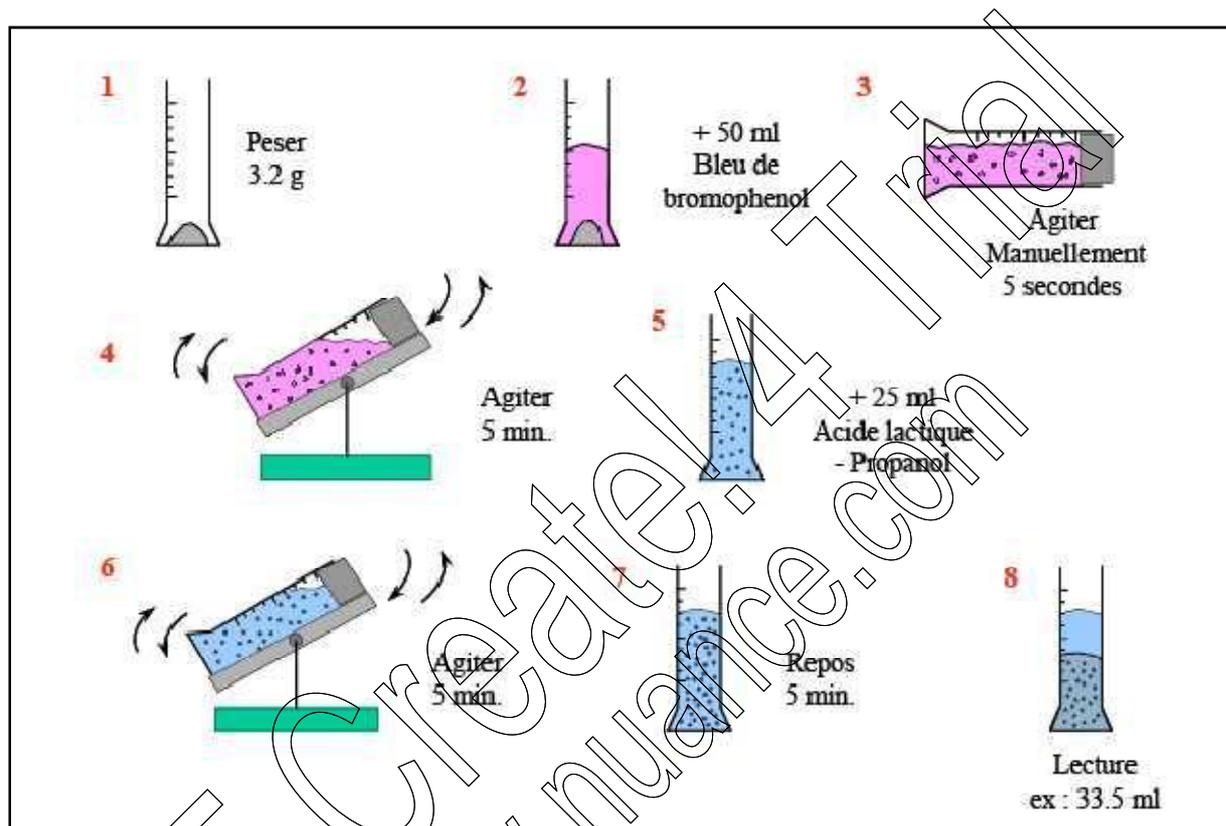


Figure 4 : Indice de sédimentation selon ZELENY et selon REDMAN

* Expressions des résultats :

Le volume du dépôt, exprimé en millilitre représente l'indice de sédimentation.

Prendre comme résultats la moyenne arithmétique des résultats obtenus lors de l'essai.

I.6.4. Test de sédimentation dans solution de SDS –acide lactique :

*Principe :

Ce test a été effectué selon le protocole de DICK et QUICK (1983) modifié par MANSUR et *al.*, (1990) d'après BRADY et *al.*, (1999), (Figure n°4).

Le gonflement des protéines dans un milieu SDS (sodium-dodécyl sulfate), nous renseigne sur la qualité des protéines du gluten, il permet d'avoir une idée sur l'élasticité et la ténacité du gluten.

La méthode pratiquée utilise une solution de SDS à 30 %.

*Réactifs :

- Sodium-dodécyl sulfate pur.
- Eau distillée.
- Solution diluée d'acide lactique à 88 % (1 partie d'acide lactique + 7 parties d'eau distillée).

*Appareillage :

- ✓ Moulin.
- ✓ Epprouvettes graduées à fond plat avec bouchon (diamètre intérieur, 1,60 mm).
- ✓ Chronomètre.

*Mode opératoire :

- ✓ Peser 5 g de la mouture, et l'introduire dans l'éprouvette ajouter 50 ml d'eau distillée, agiter rapidement pendant 15 secondes.
- ✓ Agiter à nouveau (mouvement longs) pendant 15 secondes à 2 et 4 minutes.
- ✓ Immédiatement après la dernière agitation, ajouter 50 ml de la solution de SDS-acide lactique, agiter longtemps 4 fois pendant 15 secondes, répéter l'opération à 2, 4 et 6 mn.
- ✓ Repartir du temps zéro, et laisser reposer 40 minutes.
- ✓ Réaliser deux essais pour chaque échantillon.
- ✓ Il est préférable de réaliser 4 échantillons en même temps.

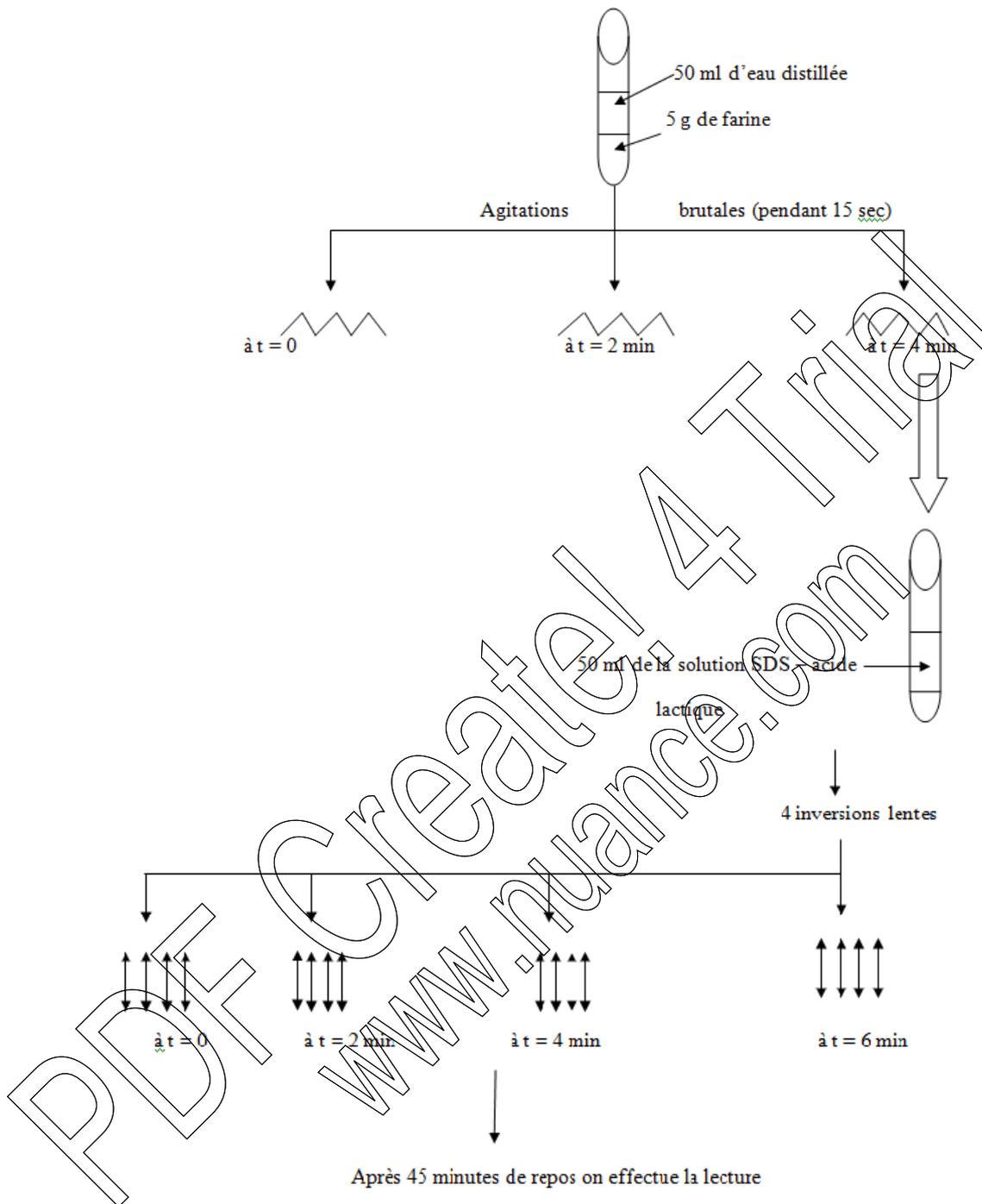


Figure 5 : Teste de sédimentation SDS-acide lactique. DICK et QUICK (1983) modifié par MANSUR et *al.* (1990) d'après BRADY et *al.*, (1999).

*** Expression des résultats :**

Lire directement sur l'éprouvette graduée, le volume de sédimentation en ml. Faire la moyenne des deux essais.

I.7. Analyses technologiques :

I.7.1. Dosage du gluten :(ITGC)

I.7.1.1. Détermination Gluten humide(GH) (Norme Algérienne.735.1991, ISO 5531) :

Le gluten humide d'une farine de blé est la substance plasto-élastique composé principalement de gliadine et de gluténine. Il constitue l'armature de la pâte et lui communique ces propriétés rhéologiques.

* Principe :

Préparation d'un pote au moyen d'un échantillon de farine et d'une solution de chlorure de sodium. Isolement du gluten humide par lavage de cette pâte avec la solution de chlorure de sodium, puis-essorage et pesée du produit obtenu.

* Réactifs :

L'eau distillée.

Chlorure de sodium, solution à 20g/l.

Préparer la solution fraîche chaque jour et l'utiliser à une température comprise entre 18 et 22°C.

* Appareillage :

Matériel courant de laboratoire et en particulier :

- Balance précise à 0,01g.
- Mortier en porcelaine, verni à l'intérieur ou capsule métallique, émaillée de diamètre 10 à 15 cm.
- Burette de 10 ml, graduée en 0,1 ml.
- Spatule de 18 à 20 cm de long.
- Tamis.
- Réservoir d'écoulement réglable pour la solution de chlorure de sodium.
- Presse à gluten ouessoreuse par centrifugation.
- Plaque métallique ou plaque en verre thermorésistante 5 cm × 5 cm.

*Mode opératoire :

- peser 10g de la farine à 0.01 près et les introduire dans le mortier .
- verser 5.5ml de la solution de chlorure de sodium en agitant la farine avec la spatule, former une boule avec la pate.

* Extraction manuelle :

Le lavage doit se faire au dessus d'un tamis recouvert de gaze destiné à retenir les fragments.

- Malaxer le pàton en le plaçant dans la pomme de la main tout en versant dessus goutte a goutte la solution de chlorure de sodium, poursuivre cette opération jusqu'à ce que l'eau du lavage ne soit plus trouble.

e) Essorage :

* Essorage mécanique :

Utilisé uneessoreuse par centrifugation.

* Expression des résultats :

Le gluten humide exprimer en pourcentage en masse du produit tel quel, est égal à :

$$GH = \frac{m_1}{h}$$

m_1 : est la masse, en gramme de gluten humide.

h : teneur en eau exprimée en pourcentage en masse du produit.

GH = Gluten humide.

1.7.1.2. Détermination de Gluten sec (Norme Algérienne 736.1991, ISO 6645):

Le gluten humide obtenu précédemment est placé dans une étuve Chopin pendant 2 heures ou bien rapidement dans un appareil adéquat Gluark (4mn).

Le gluten sec exprimé en pourcentage en masse du produit tel quel, est égal à :

$$GS = \frac{m_2}{m_1}$$

Où :

m_2 est la masse, en grammes, de gluten sec.

GS : gluten sec

Capacité d'hydratation : (exprimé en pourcentage).

$$G(Y) = \frac{\text{---}}{\text{---}} \times 10$$

GH: gluten humide.

GS: gluten sec.

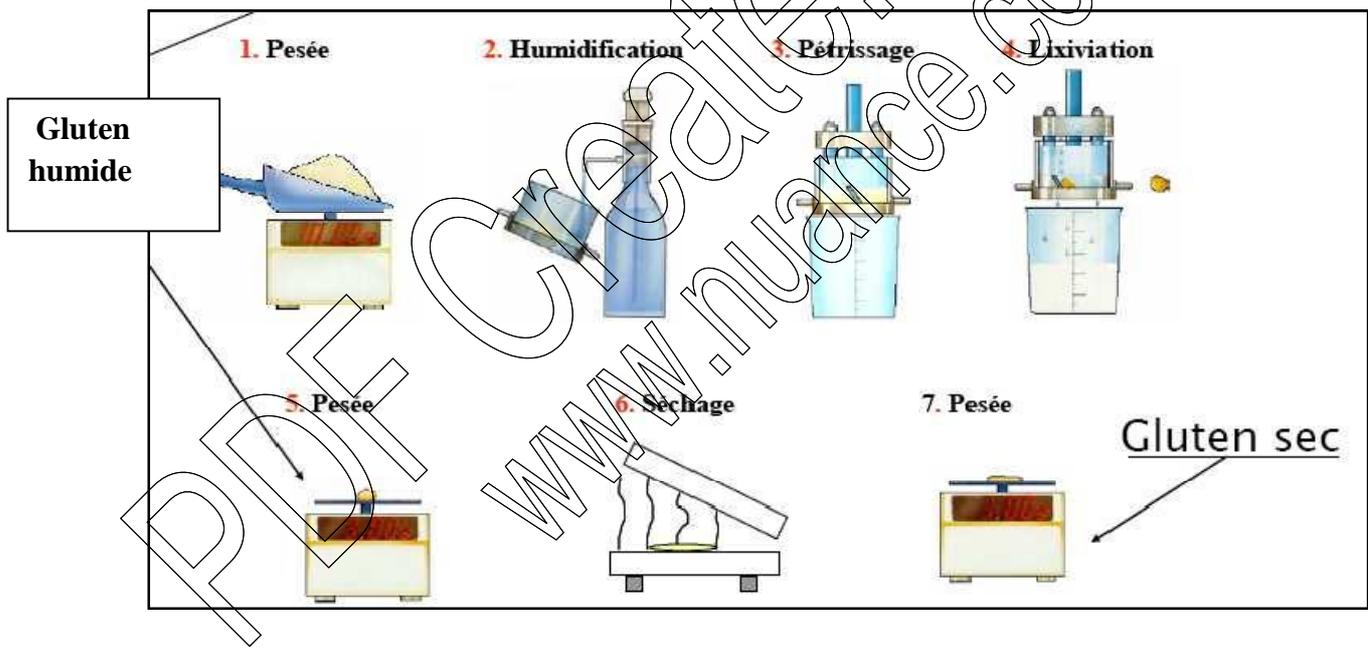


Figure 6 : test de détermination du gluten

1.7.2. Test d'Alvéographe de Chopin (NORME ISO 5530/4) :

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 (valeur boulangère, biscottière, biscuitière).

blé 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	

Tableau 8 : échelle de notation.

Où :

Le **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.

Le **G**, ou indice de gonflement, déduit de la longueur **L**, exprime l'extensibilité de la pâte.

Le **P**, ou pressions 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.

*** Principe :**

Préparation d'une pâte à teneur en eau constante, à partir d'une farine de blé tendre et d'eau salée, dans les conditions de la méthode. Formation des éprouvettes de pâte sous forme de disque ; après un temps de repos déterminé et réglage de l'épaisseur de l'éprouvette, extension bi axial par gonflement sous forme de bulle en fonction du temps.

Appréciation des caractéristiques de la pate d'après la surface et la forme de diagrammes obtenus.

*** Réactifs :**

Solution de chlorure de sodium.

Dissoudre 25 g de NaCl pur, dans de l'eau distillée et compléter a un litre.

Huile d'arachide ou huile de vaseline à l'exclusion de toutes autres.

*** Appareillage :**

- Alvéographe avec régulateur de température.

- Burette à robinet, capacité 160 ml, graduée directement en pourcentage de la teneur en eau de 11,6 à 17,8% (précision 0,1%).

- Balance permettant de peser à 0,5 g près.

- Chronomètre.

- Planimètre et/ou abac planimétrique.

* Mode opératoire :

*250g de farine pesé à 0.5g près.

Déterminer la teneur en eau de la farine selon la méthode décrite dans la norme ISO 712.

Déterminer en fonction de la teneur en eau de la farine la quantité de la solution de chlorure de sodium à utiliser pour préparer la pâte.

a) Pétrissage

Mettre dans le pétrin 250 g de farine. Fixer le couvercle.

Mettre en route le moteur et le chronomètre, verser par le trou du couvercle la quantité déterminé de la solution de chlorure de sodium.

Laisser la pâte se former durant 1mn.

Au bout de cette minute arrêter le moteur, enlever le couvercle. Réincorporé avec une spatule, les particules de farine et de pâte qui adhèrent au couvercle ou dans les angles de manière à respecter l'hydratation du pâté. L'opération dispose d'une minute.

A la fin de la deuxième minute, remettre le moteur en marche. Laissé le pétrissage se poursuivre pendant 6 min.

A la fin de la huitième minute. Arrêter le pétrissage procéder à l'extraction.

b) Préparation des éprouvettes :

- ❖ Inverser le sens de rotation du fraiseur. Dégager la fente d'extraction. Eliminer les deux premiers centimètres de pâte.
- ❖ Découper rapidement un morceau de pâte et le faire glisser sur la plaque de verre du système de laminage, préalablement huilée.
- ❖ Laminer le pâton à l'aide du rouleau d'acier préalablement huilé, que l'on fait glisser sur ses rails douze fois de suite.

- ❖ Découper dans le pâton une éprouvette avec emporte-pièce. Placer l'éprouvette sur la plaque de repos destinée à le recevoir, placer immédiatement la plaque dans l'enceinte isotherme (25°C) de l'Alvéographe.
- ❖ Répéter quatre fois l'opération pour obtenir au total cinq pâtons.

c) Essai à l'Alvéographe des éprouvettes :

Pendant la période de repos placer un diagramme sur le tambour enregistreur. Remplir la plume d'encre, tracer la ligne du zéro de pression et faire revenir le tambour en position de départ.

La lamelle de pâte aussi obtenu est réduite à 2,5 cm de diamètre entre les platines inférieures et supérieures de l'appareil.

Une ouverture ménagée dans la platine supérieure de l'appareil délimite précisément la surface du pâton qui sera soulevée par tes forces de gonflement.

La pâte sous la force de la pression exercée se gonfle et prend la forme d'une bulle grossie jusqu'à éclatement.

Un manomètre enregistre et donne l'Alvéographe : Variations de pression dans la bulle en fonction du volume d'air insufflé.

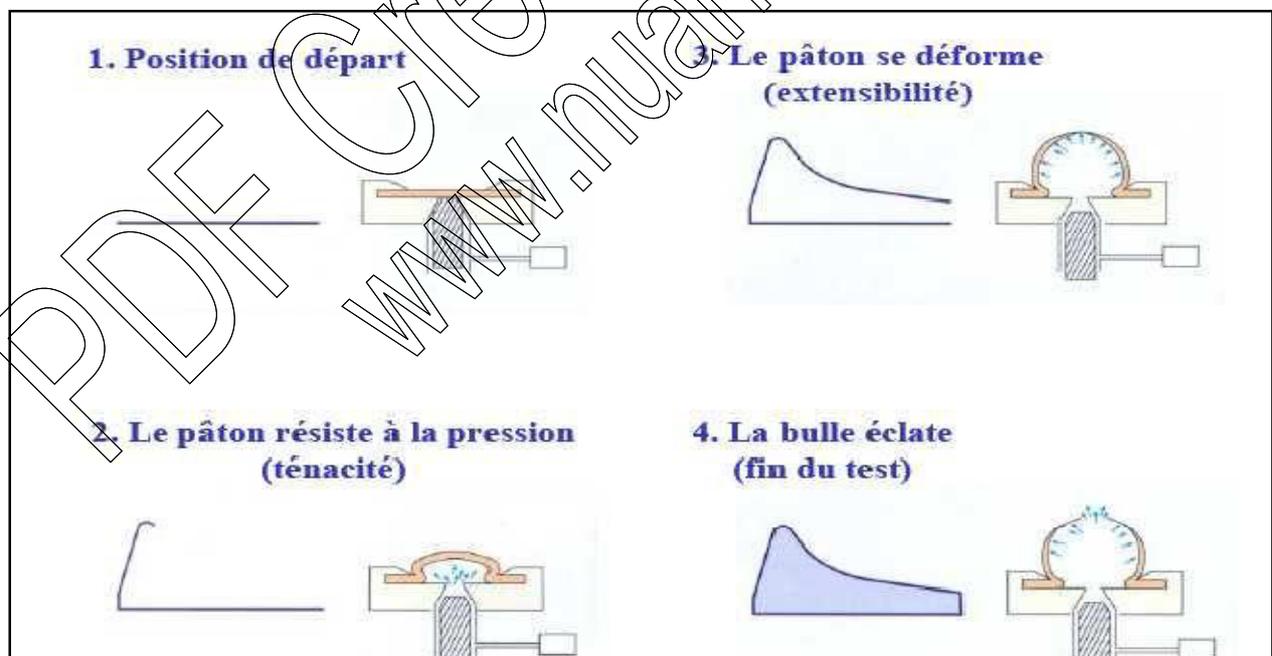


Figure 7: test d'Alvéographe.

* Expression des résultats :

Les résultats sont mesurés ou calculés à partir des cinq courbes obtenues. 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.

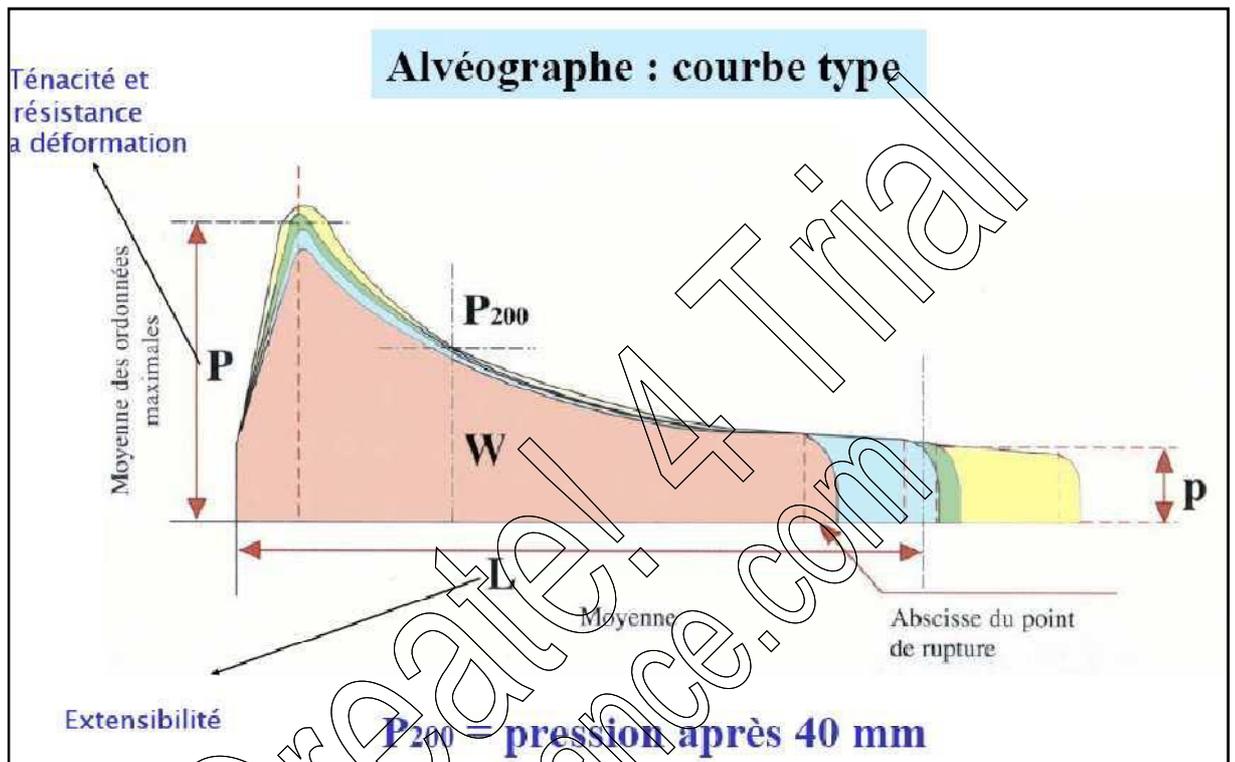


Figure 8 : Courbe type Alvéographe.

a) Suppression maximale P

La moyenne des ordonnées maximales mesurée 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.

b) Abscisse moyenne à la rupture L

Elle est mesurée en millimètres 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.

a) Indice de gonflement G

C'est la moyenne des indices de gonflement lus sur l'abaque de gonflement correspondant aux abscisses de rupture.

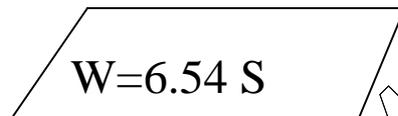
Cette valeur est la racine carrée du volume d'air, exprimée en millilitres, nécessaires pour développer la bulle jusqu'à rupture.

b) Rapport P/L

Ce rapport est conventionnellement appelé rapport de configuration de la courbe.

c) Travail de déformation « W » :

Un diagramme moyen est établi à partir des moyennes des ordonnées jusqu'à l'abscisse moyenne à la rupture L, la surface « S » du diagramme en centimètres carrés est mesurée moyen de l'abaque planimétrique.


$$W=6.54 S$$

Les résultats doivent être considérés comme les résultats d'un test technologique et exprimé de façon suivantes :

P et L à l'unité près (sans fraction décimale de millimètres).

G à 0,5 unité près (par exemple : 23 - 23,5 - 24...).

W à 5 unités près pour les farines de W inférieur à 200.

W à 10 unités près pour les farines de W supérieur à 200.

CHAPITRE III

Résultats et discussions

PDF

www.nuove.com

Trial

I. Analyses physique :

I.1.Poids hectolitre (PHL) :

Le PHL est utilisé depuis des décennies comme critère de qualité et reste employé dans nombre de pays pour déterminer le prix. Cependant, les études sur le PHL sont controversées et l'utilité de ce caractère est de plus en plus mise en cause (ROBERTS, 1910; SHUEY, 1960). Les valeurs du poids de poids hectolitre obtenus sont comprises entre 77.7 kg/hl (V5) et 83.1kg/hl (V7), les résultats sont exprimés dans le tableau n°09 et la figure n°09.

Tableau n° 09: Le poids hectolitre des variétés étudiées (PHL).

PHL			
variétés	Moyennes ± écarts-type	probabilité	CV %
V1	78.6 ± 0.58 E	0,0000 (TMS)	0.4
V2	81.7 ± 0.58 B		
V3	81.25 ± 0.00 BC		
V4	82.65 ± 0.00 A		
V5	77.7 ± 1.00 F		
V6	78.6 ± 1.00 E		
V7	83.1 ± 1.00 A		
V8	76.8 ± 1.15 G		
V9	81.25 ± 1.15 B		
V10	81.25 ± 1.00 BC		
V11	81.25 ± 0.58 B		
V12	80.35 ± 0.58 C		
V13	79.9 ± 1.15 D		
V14	81.7 ± 0.58 B		
V15	80.8 ± 0.00 BC		

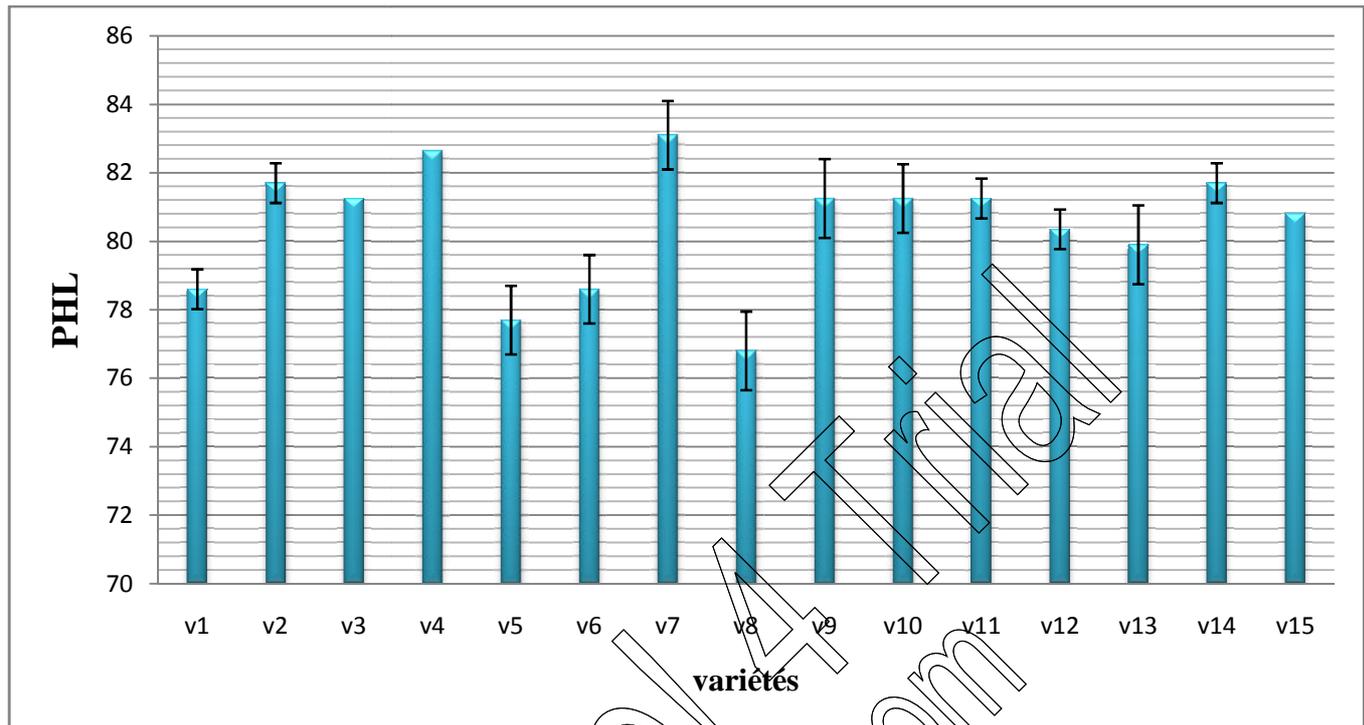


Figure n° 09: L'effet du génotype sur PHL.

L'analyse statistique de la variance du poids hectolitre indique que le génotype est très hautement significatif ($prob = 0.0000$), ce qui prouve l'influence du génotype sur ce caractère.

Le PHL est influencé par des facteurs génétiques qui font varier le PHL, par le biais de la forme géométrique et de la relation longueur-largeur du grain (ROBETS, 1910; SHUEY, 1960). En plus, des grains à forte teneur en amidon sont plus légers que les grains vitreux (SCHNYDER, 1904; SHOLLENBERGER et COLEMAN, 1926).

MANGELS et SANDERSON (1925) ont trouvé, après l'analyse de centaines d'échantillons de blé présentant des PHL de 50 à 82 kg/hl (moyenne 74 kg/hl), une corrélation élevée entre ce critère et le rendement en farine. Ils en ont conclu que le classement des lots par le PHL était justifié.

SHUEY(1960) a décrit la relation entre rendement en farine et PHL du blé comme un «index approximatif et le plus souvent peu fiable». L'auteur a observé que le PHL des lots de blé peut varier de 11,6 kg/hl, pour le même rendement en farine. Plusieurs cultivars caractérisés par des PHL faibles se comportent de manière satisfaisante lors de la mouture (BARMORE et BEQUETTE, 1963; MURPHY, 1967).

Un autre paramètre important, étudié en relation avec le PHL, est le contenu en protéines. SCHULER *et al.* (1994, 1995) ont observé une corrélation positive dans le blé pour ce caractère.

I.2. Poids de mille grains (PMG) :

Les valeurs moyennes des poids de 1000 grains des différents échantillons ainsi que l'analyse statistique sont regroupés dans le tableau n°10 et la figure n°10.

Tableau n°10 : Le poids de milles grains des variétés étudiés (PMG).

PMG			
variétés	Moyenne ± écarts-type	probabilité	CV %
V1	32.55±0.27 F	0.0000 (THS)	1.4
V2	35.06±0.06 D E		
V3	35.06±0.06 D E		
V4	36.00±0.16 D		
V5	35.34±1.23 D E		
V6	29.23±0.32 G		
V7	35.72±0.11 D		
V8	33.93±0.19 E		
V9	42.78±1.34 B		
V10	35.54±0.06 D		
V11	36.72±0.06 D		
V12	44.06±0.11 B		
V13	39.56±0.09 C		
V14	42.74±0.38 B		
V15	46.20±0.45 A		

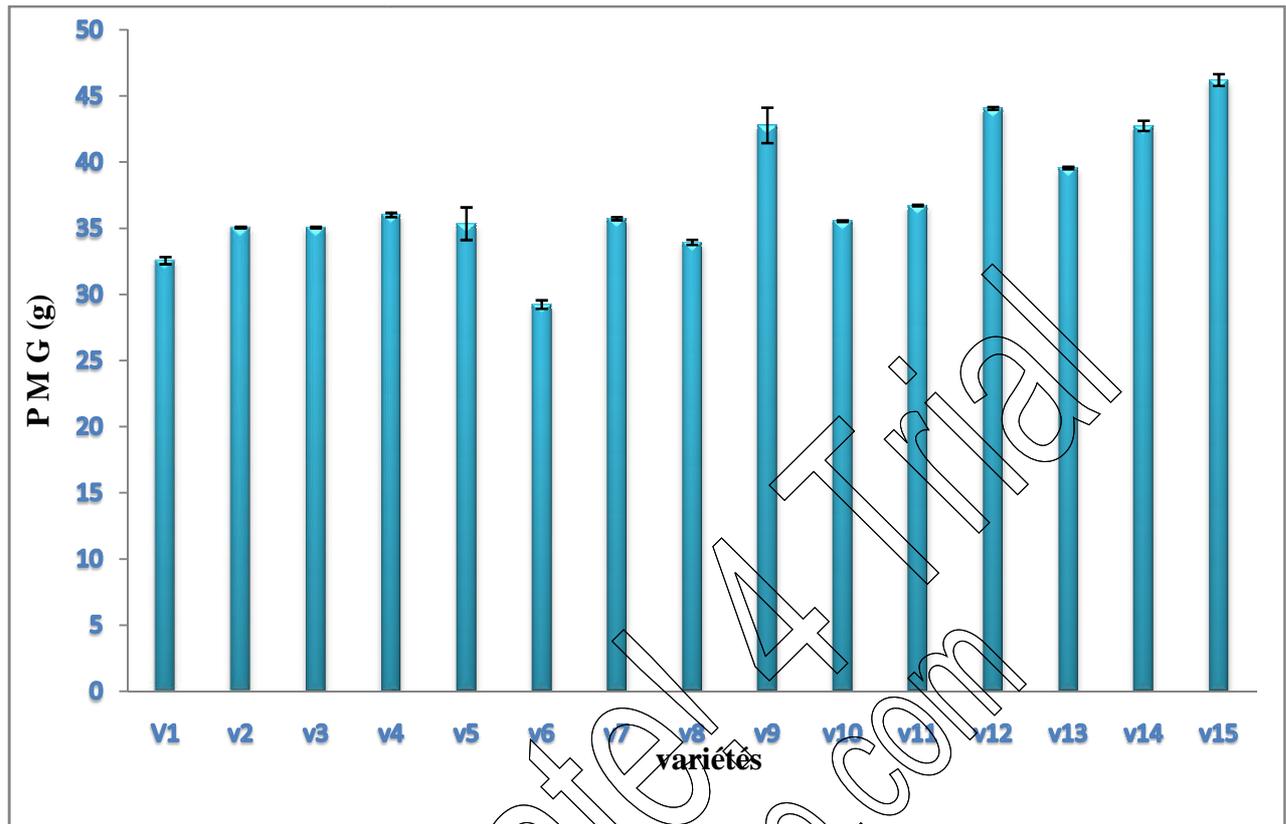


Figure n° 10: L'effet du génotype sur le PMG.

L'analyse statistique de la variance du poids de mille grains indique que génotype est très hautement significatif ($prob = 0.0000$), ce qui prouve l'influence de ce facteur sur ce caractère.

Le test de NEWMAN et KEULS, montre la présence des groupes homogènes et révèle les meilleurs poids de 1000 grains chez la variété V15 avec 46,20 g. Alors que la valeur la plus faible est enregistrée chez la variété V6 avec un PMG de 29,23g.

Selon Rousset M., 1986, ces différences de fluctuations pourraient provenir d'une part, du caractère variétal du poids de mille grains (PMG) et d'autre part, des conditions environnementales dans lesquelles ont évolué les génotypes étudiés. En effet, le PMG est sous l'effet des composantes suivantes : matière sèche, matière fraîche, eau et matières protéiques qui diminuent sous l'effet de l'élévation de la température. MASSE et VIAUX (1983), affirment aussi que le PMG est influencé à la fois par l'origine génétique et les conditions agro-climatiques, et il est corrélé avec les doses d'azote.

En outre, ce caractère (PMG) est fortement lié aux maladies cryptogamiques entraîne une diminution du PMG par altération de la vitesse et/ ou de la de la durée de remplissage, provoquant ainsi l'échaudage des grains (TRIBOI, 1990).

(SIMMONS et CROOKSTON, 1979); (TRIBOI, 1990) ont démontré que la vitesse de remplissage du grain est positivement corrélée au poids du grain, alors que la durée de remplissage ne présente qu'une corrélation très lâche.

Ces résultats rejoignent ceux de (WHAN et al.1996), qui ont indiqué que la faible contribution de la durée de remplissage dans la détermination du poids du grain serait due également à l'influence du génotype.

I.3.Taux d'extraction :

Le taux d'extraction industriel normalisé aux environs de 70% (CALVELL, 1980).

Les essais technologiques (panification et biscuiterie) exigent que le taux d'extraction soit proche du rendement de 75 à 80% que l'on observe dans les moulins industriels. Les appareils de laboratoire étant plus simples que ceux de l'industrie, ils ont un rendement toujours plus faible (GODON, 1975).

Toutefois BOURDET (1976) préconise pour la réalisation de tests tels que l'alvéographe chopin, Zeleny...un taux d'extraction normalisé à 60-65%.

Tableau n°11 : Le taux d'extraction de la farine des variétés étudiés.

variétés	Moyennes ± écarts-type	probabilité	CV %
V1	64.73 ± 0.46 L	0.0000 (THS)	0.4
V2	52.90 ± 0.17 I		
V3	67.77 ± 0.40 B		
V4	50.83 ± 0.29 K		
V5	50.00 ± 0.00 J		
V6	60.00 ± 0.00 F		
V7	60.00 ± 0.00 F		
V8	53.90 ± 0.17 H		
V9	61.83 ± 0.29 E		
V10	70.00 ± 0.00 A		
V11	50.77 ± 0.40 N		
V12	62.83 ± 0.29 D		
V13	70.00 ± 0.00 A		
V14	64.93 ± 0.12 C		
V15	58.93 ± 0.12 G		

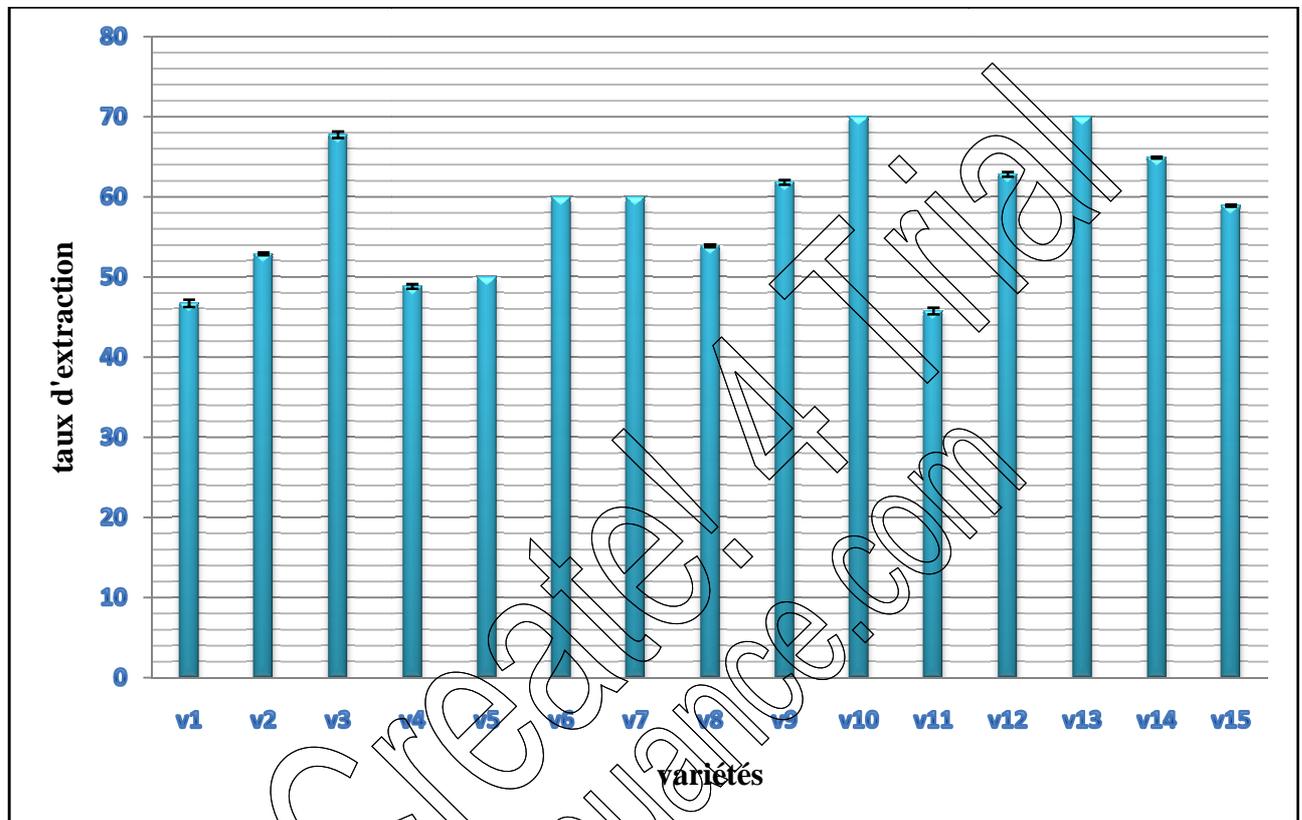


Figure n°11 : L'effet du génotype sur le taux d'extraction de farine.

L'analyse des taux d'extractions de nos échantillons tableau (11) montre que ceux-ci sont compris entre 58,00 et 70,00 %, à l'exception des quarts (V2, V4, V5, V11) génotypes, qui présentent des taux d'extractions relativement faibles, compris entre 50,00 et 53,00 %.

De faibles taux d'extraction s'expliquent généralement par la présence d'une forte humidité que les blés manifestent durant leur mouture (conditionnement), par le génotype du blé mis en œuvre ou les pertes durant la mouture.

L'analyse de la variance révèle une différence très hautement significative ($p = 0.0000$) pour l'extraction des farines. Le test de NEWMAN et KEULS, nous montre la présence de 11 groupes homogènes (tableau 11).

OLIVIERA J.A., (2000) a rapporté que le poids spécifique a corrélé avec le taux d'extraction dont il est une importante caractéristique de la mouture.

Les résultats de ALTAF A *et al.*, (1969) démontrent que les grains de petite taille ont un taux d'extraction faible bien que des farines de bonne qualité ont été obtenues par la mouture de grains semblables. Cependant, HOSHINO T. *et al.* (1994) ont retrouvé que ce taux a été amélioré avec l'accroissement du volume des grains.

Selon les travaux du VARGA B. *et al.* (2003) et CAMPBELL K.G. *et al.* (1999) le taux d'extraction de la farine dépend aussi de la variété.

SCHULER S.F. *et al.* (1995) aussi ont démontré une corrélation positive avec la largeur du grain, mais une corrélation négative avec sa longueur.

Toutefois selon CEGLINSKA A., (2003) les populations de l'épeautre ont un rendement de farine supérieur à celui des variétés du blé commercialisées, et des ségrégations transgressives ont été constatées dans les deux sens lors du croisement entre soft et hard blé (CAMPBELL K.G.C. *et al.* 1999).

II. Analyses Chimiques et biochimiques :

II.1. Humidité des grains:

La teneur en eau modifie de façon sensible le comportement du blé lors de la mouture (WILLM, 1972).

Les teneurs en eau des variétés et lignées étudiées sont représentés dans le tableau n°12 et la figure n°12.

Tableau n°12 : Le taux d'humidité en % des grains et des farines des variétés et lignées étudiées.

variétés	Humidité des grains	Humidité des farines
	Moyennes ± écarts- type	Moyennes ± écarts- type
V1	11.58 ± 0.48 A B	13.00 ± 0.00
V2	11.19 ± 0.13 A B	13.04 ± 0.01
V3	11.27 ± 0.12 A B	13.01 ± 0.01
V4	11.44 ± 0.14 A B	12.48 ± 0.12
V5	11.63 ± 0.51 A B	12.68 ± 0.02
V6	11.07 ± 0.38 A B	12.52 ± 0.04
V7	10.46 ± 0.52 C	13.00 ± 0.00
V8	10.96 ± 0.12 B	13.05 ± 0.04
V9	11.46 ± 0.14 A B	13.05 ± 0.00
V10	11.46 ± 0.11 A B	13.03 ± 0.01
V11	11.35 ± 0.01 A B	13.01 ± 0.02
V12	11.48 ± 0.06 A B	13.08 ± 0.10

V13	11.25 ± 0.14	A B	13.50 ± 0.71
V14	11.40 ± 0.02	A B	13.00 ± 0.00
V15	11.83 ± 0.34	A	13.50 ± 0.71
probabilité	0.0005	(HS)	0.060 (NS)
CV %	2.4		2.0

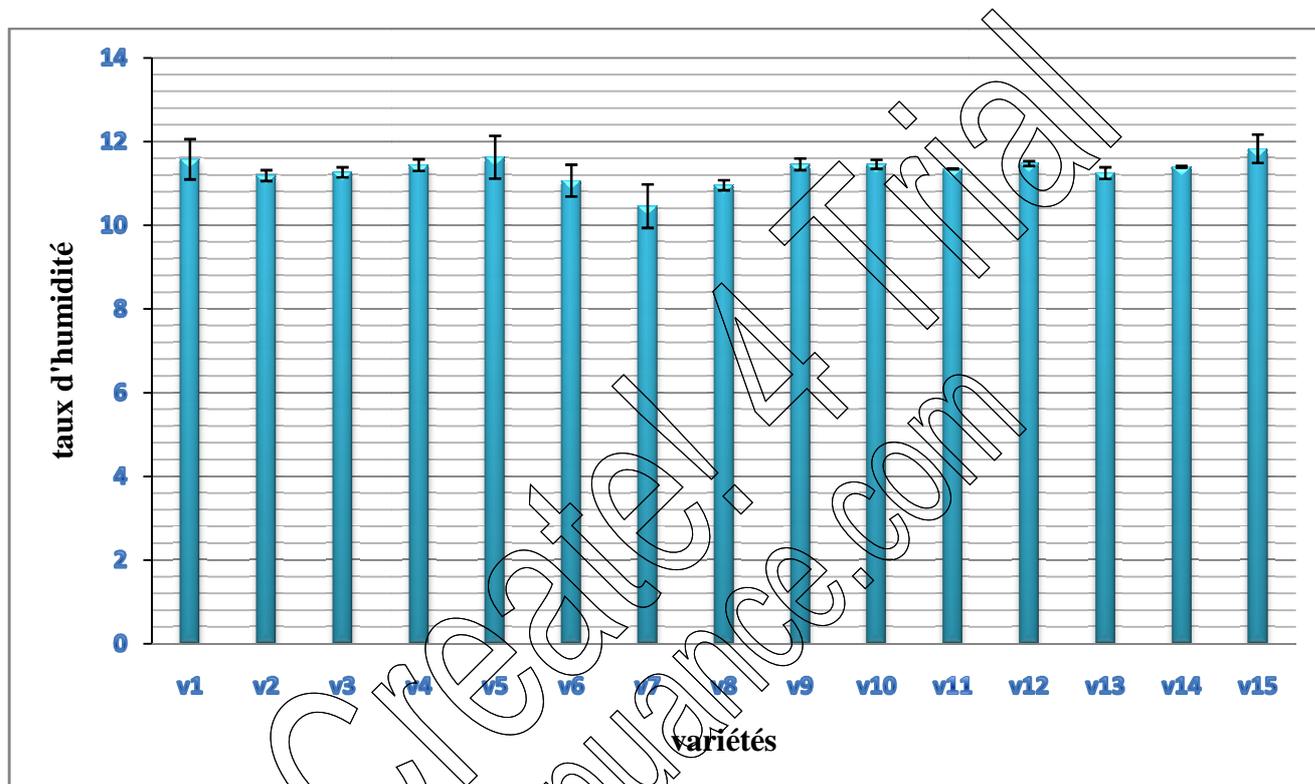


Figure n°12 : L'effet du génotype sur la teneur en eau des grains.

➤ **Humidité des grains :**

L'humidité des grains a une importance extrême sur les résultats de la mouture et les caractéristiques de la farine.

On constate que les teneurs en eau des grains sont comprises entre 10,46% et 11,83%. La variété renfermant la plus basse humidité est la V7, par contre, celle qui présente la meilleure humidité est la V15.

Cette différence peut être due aux lieux de culture, condition de récolte et de stockage et du climat, ainsi qu'à des différences variétales.

D'après l'humidité des grains obtenus tableau 12, nous pouvons déduire la quantité d'eau distillés ajoutée au grain (tableau 13) afin d'augmenter l'humidité à 16,5% (conditionnement) selon la formule:

$$\text{Quantité d'eau ajouté (ml)} = (16.5 - H\%) \times (1.2 \times 10)$$

Et cela pour faciliter l'extraction lors de la mouture

Tableau 13 : quantité d'eau distillé en (ml) ajoutée pour conditionnement.

variétés	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15
D'eau (ml)	57.13	62.71	62.19	59.71	54.81	64.81	75.87	67.36	59.95	61.17	61.76	60.33	63.66	61.04	61.56

➤ **Humidité des farines :**

La détermination de l'humidité des farines est d'un intérêt primordial pour la réalisation de certains tests technologiques tel que l'essai à l'alvéographe Chopin, ...ainsi que l'expression des résultats par apport à une base fixe, qui est la matière sèche.

Les farines renferment des humidités comprises entre 12,48% enregistré chez la V4 et 13,50% donné par la V15.

Les résultats obtenus sont conforme a la norme algérienne décrite dans le journal officiel Algérien no2 du 8 janvier 1992 NA 1132, 1992 IDT ISO 712, qui exige une humidité de grain de blé tendre pour une farine panifiable inférieur ou égale à 15.5%.

L'analyse de la variance ne révèle pas de différence significative entre les teneurs en eau des farines car toutes les variétés ont subi les mêmes conditions de conditionnement avant la mouture.

II.2. Taux de cendres des farines :

La mesure de la teneur en cendres est le critère principal utilisé pour apprécier la pureté d'une farine, (détermination par la norme « NA.733.1991.E, ISO 2171 » et exprimé en pourcentage de la matière sèche).

L'intérêt est de classer les farines de façon réglementaire pour leur usage en industrie alimentaire.

Le taux de cendres des farines dépend non seulement de leur taux d'extraction, mais également de la minéralisation (présence de matière minérale dans nos blés) des grains mis en mouture (GODON et WILLM, 1991).

Les valeurs obtenues de taux de cendres sont comprises entre 0.63 et 0.96 % et sont exprimées dans le tableau 14 et la figure n°14.

Tableau n°14 / 1: La teneur en cendre de la farine des variétés étudiées.

variétés	Moyennes ± écarts- type	probabilité	CV %
V1	0.63 ± 0.16	0.0831 (NS)	12.7
V2	0.76 ± 0.01		
V3	0.90 ± 0.02		
V4	0.81 ± 0.28		
V5	0.68 ± 0.06		
V6	0.84 ± 0.03		
V7	0.65 ± 0.02		
V8	0.78 ± 0.01		
V9	0.74 ± 0.21		
V10	0.81 ± 0.03		
V11	0.96 ± 0.03		
V12	0.88 ± 0.05		
V13	0.92 ± 0.04		
V14	0.96 ± 0.01		
V15	0.86 ± 0.06		

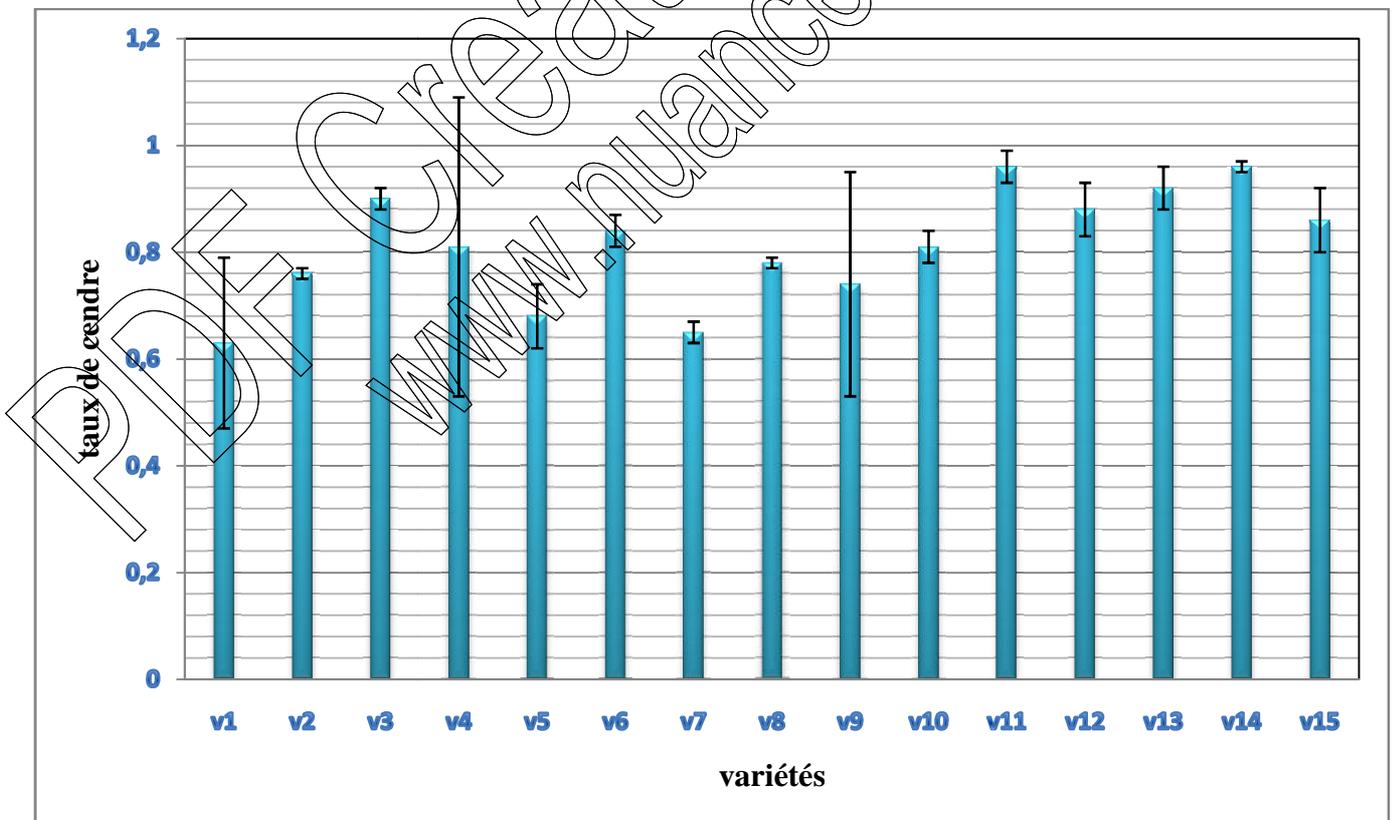


Figure n°13 : L'effet du génotype sur la teneur en cendre de la farine.

Pour ce qui est des teneurs en cendres des farines, l'analyse de la variance met en évidence un effet pas significatif. Les meilleures teneurs en cendres sont notées avec les variétés (V11) et (V14) soient 0.96%.

On remarque que le taux de cendres des grains est toujours supérieur à celui des farines. Les écarts observés entre les teneurs en cendres des grains et des farines, peuvent être induits par des différences de répartition des matières minérales à l'intérieur du grain. Les études menées par (ABECASSIS et FEILLET., 1985), montrent bien que l'influence de la teneur en matières minérales des grains sur le taux de cendres des produits de mouture est particulièrement moins importante dans le cas du blé tendre. En effet, l'albumen du blé tendre contient environ 25% de la totalité des matières minérales du grain (celui du blé dur en contient 50%).

Le taux de cendres des farines dépend donc, non seulement de leur pureté, définie comme étant le taux de contamination des produits venant de l'amande du blé par des produits venant des enveloppes et de la couche à aleurone (GODON et LOIZEL., 1997), mais également de la minéralisation des blés mis en œuvre.

Selon GODON (1978), la teneur en cendres des grains et des farines ainsi que la répartition des minéraux dans le grain lui-même, peuvent être influencés à la fois par de nombreux facteurs (génétiques, climatiques, pédologiques, et traitements technologiques). En effet, la cendre affecte la couleur et la qualité de la farine (REGNIER S. et al. 2004).

Le tableau 14/2 nous montre le classement de nos variétés selon leurs taux de cendre.

Tableau n°14/2: Classement des farines en fonction du taux de cendres d'après GODON et WILLM, (1991).

Type de farine	Farine type45 (<0.50%)	Farine type 55(0.50à0.60%)	Farine type 65(0.62à0.75%)	Farine type 80(0.75à0.90%)	Farine type 90(0.à%)
variétés	—	—	V1, V5, V7, V9	V2, V3, V4, V6, V8, V10, V12, V15	V11, V13, V14

II.3. Test de sédimentation dans une solution SDS-acide lactique :

Le test de sédimentation nous renseigne sur la qualité des protéines du gluten, il permet d'avoir une idée sur l'élasticité et la ténacité du gluten.

Les volumes de sédimentation obtenus pour nos blés sont compris entre 47.00ml (V11) et 73.50ml (V13), et sont regroupés dans le tableau n°15/1 et la figure n°15.

Tableau n°15/1 : Résultats du test de sédimentation SDS-acide lactique des variétés étudiés.

variétés	Moyennes ± écarts- type	probabilité	CV%
V1	51.00 ± 0.00 F	0.0000 (THS)	1.3
V2	58.00 ± 0.00 D		
V3	50.00 ± 0.00 F		
V4	48.00 ± 0.00 G		
V5	55.00 ± 1.41 E		
V6	54.00 ± 1.41 E		
V7	53.50 ± 0.71 E		
V8	58.00 ± 0.00 D		
V9	55.00 ± 0.00 E		
V10	60.50 ± 0.71 C		
V11	47.00 ± 0.00 G		
V12	54.00 ± 0.00 E		
V13	73.50 ± 0.71 A		
V14	69.00 ± 1.41 B		
V15	59.00 ± 0.00 CD		

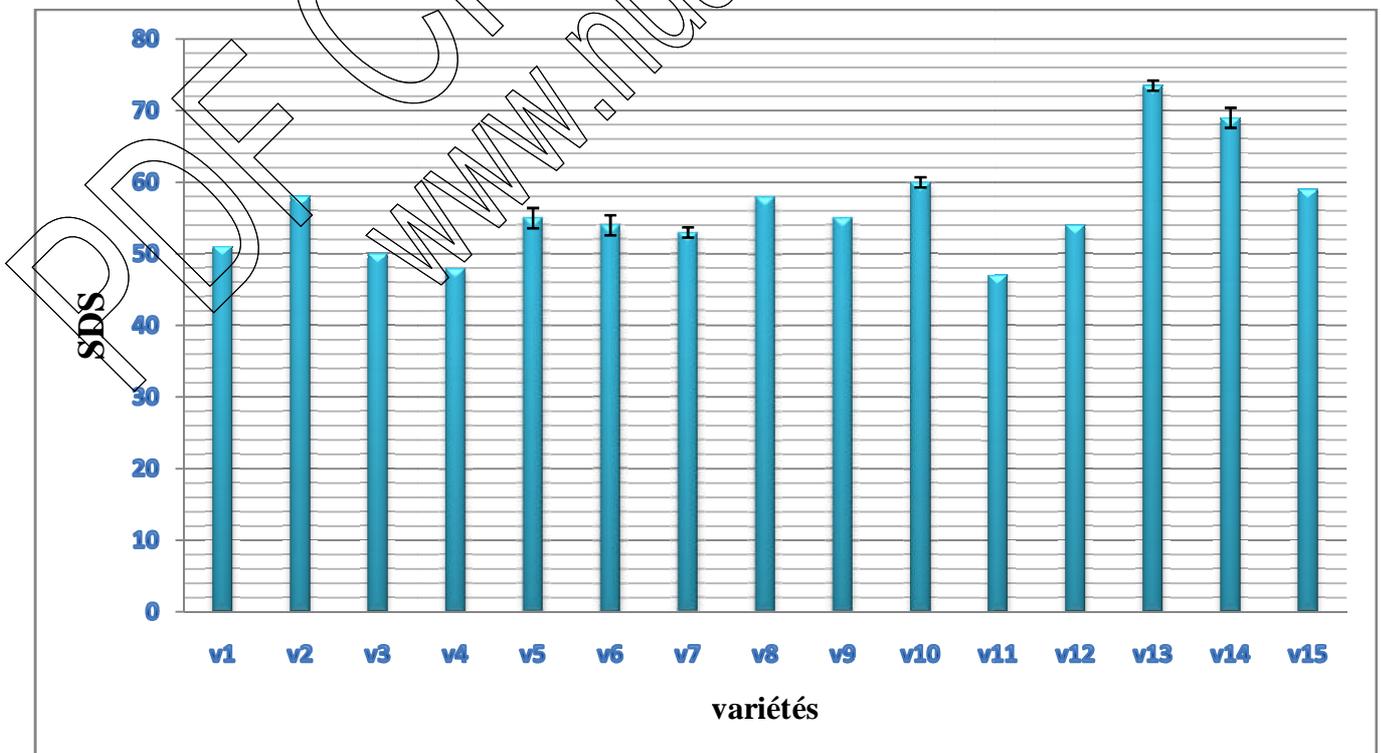


Figure n°14 : L'effet du génotype sur le SDS-acide lactique.

L'analyse de la variance du test SDS de sédimentation, dévoile qu'il ya un effet très hautement significatif de la variété (prob =0.0000). Le test complémentaire de NEWMAN et KEULS, indique la présence de six groupes homogènes et détermine les meilleurs volumes de sédimentation.

La variété (V13) a enregistré le meilleur volume de sédimentation (dépôts en agrégats), qui s'évalue à (73,50ml). En revanche, le volume le moins élevé (47,00ml) a été réalisé avec la variété (V11) soit 47,00 ml.

DEXTER et al. (1980), mentionnent que le test de sédimentation est influencé aussi bien par le génotype que par le lieu de culture. D'ailleurs, cette étude nous a permis de constater le caractère instable des génotypes, qui ne répondent pas de la même façon, au niveau des différents environnements (sites expérimentaux).

Les volumes les plus élevés du SDS de sédimentation témoignent de la bonne qualité du gluten du blé tendre et par conséquent, de celle de la farine. 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 (*CHERDOUH et al. 2000*).

Ces volumes de sédimentation sont corrélés négativement à la teneur en protéines qui reste indépendante de la qualité du gluten (*DEXTER et al. 1980*).

Le tableau 15/2 nous montre le classement des variétés selon leurs taux de sédimentation.

Tableau n°15/2 : Classement des blés selon leur force boulangère (*WILLIAMS et al, 1988*).

force	très forte force boulangère (70-79ml)	Forte force boulangère (60-69ml)	Force boulangère moyenne (50-59ml)	force boulangère faible (<49ml)
variétés	V13	V10, V14	V1, V2, V3, V5, V6, V7, V8, V9, V12, V15	V4, V11

II.4. Test de sédimentation ZELENY :

L'indice de sédimentation de ZELENY donne un aperçu ou indice sur la qualité des protéines de la farine. Ce test est basé sur les propriétés de gonflement des protéines en milieu acide. Plus les protéines sont de bonne qualité, plus elles absorbent de l'eau, plus le volume de sédimentation est élevé (SINNAEVE, 2007).

Nous observons que les valeurs de nos blés sont comprises entre 20.33ml (V1) et 44.33 ml (V13), le tableau n°16/2 et la figure n°16 montrent les résultats.

Le tableau 16/1 nous montre le classement des variétés selon leurs taux de sédimentation.

Tableau n°16/1 : classement des blés d'après (NA.1184.1994 E, ISO 5529).

force	bonne force boulangère (18- 28ml)	très bonne force boulangère (28- 38ml)	Blé de force (>38ml)
Variétés	V8	V1, V3, V5, V7, V9, V10, V12, V13, V15	V2, V4, V6, V11, V14

Tableau n°16/2 : Résultats du test de sédimentation ZELENY des la variété étudiées.

variétés	Moyennes ± écarts- type	probabilité	CV %
V1	33.34 ± 0.01 J	0.0000 (THS)	0.0
V2	55.01 ± 0.01 A		
V3	35.01 ± 0.01 G		
V4	39.01 ± 0.01 E		
V5	30.01 ± 0.01 M		
V6	43.66 ± 0.01 D		
V7	35.00 ± 0.01 G		
V8	26.01 ± 0.01 N		
V9	34.00 ± 0.01 I		
V10	36.67 ± 0.01 F		
V11	46.67 ± 0.01 B		
V12	31.01 ± 0.02 L		
V13	34.66 ± 0.01 H		
V14	46.03 ± 0.04 C		
V15	32.65 ± 0.01 K		

L'analyse de la variance du test de sédimentation ZELENY, dévoile qu'il ya un effet très hautement significatif de la variété (prob =0.0000). Le test complémentaire de NEWMAN et KEULS, indique la présence de plusieurs groupes homogènes et détermine les meilleurs volumes de sédimentation.

La variété (V2) a enregistré le meilleur volume de sédimentation (dépôts en agrégats), qui s'évalue à (55,01ml). En revanche, le volume le moins élevé (26,01ml) a été réalisé avec la variété (V8) soit 26,01 ml.

Les volumes les plus élevés de sédimentation témoignent de la bonne qualité du gluten du blé, La composition du gluten de blé est effectivement un facteur déterminant pour la qualité des produits finis.

KRUGER J.E. et al. (1995) et *HRUSKOVA M. et al., (2003)* ont rapporté que la teneur en protéines des farines influe sur la valeur du test de Zeleny.

D'avantage, *HRUSKOVA M. et al. (2003)* ont trouvé une meilleure corrélation, de l'ordre de $r=0.8407$, entre les valeurs de Zeleny et la teneur en protéines de la farine. *CEGLINSKA A., (2003)* a rapporté que les valeurs hautement élevées de Zeleny ont été atteintes à partir des farines contenant des taux forts en gluten.

HRUSKOVA M. et al. (2003), un gluten de meilleure qualité avec une corrélation satisfaisante, permet de concrétiser ainsi une meilleure qualité boulangère, prouvée par un volume assez élevé du pain.

D'après *WILLIAMS P., (1998)*, cet indice se base sur la capacité de gonflement des molécules de protéines du gluten en présence de l'acide lactique. D'autre part, les valeurs élevées de ce test sont en forte corrélation avec la vigueur du gluten et la production du pain de qualité, comme il a été signalé par *ZELNY L. (1947)*.

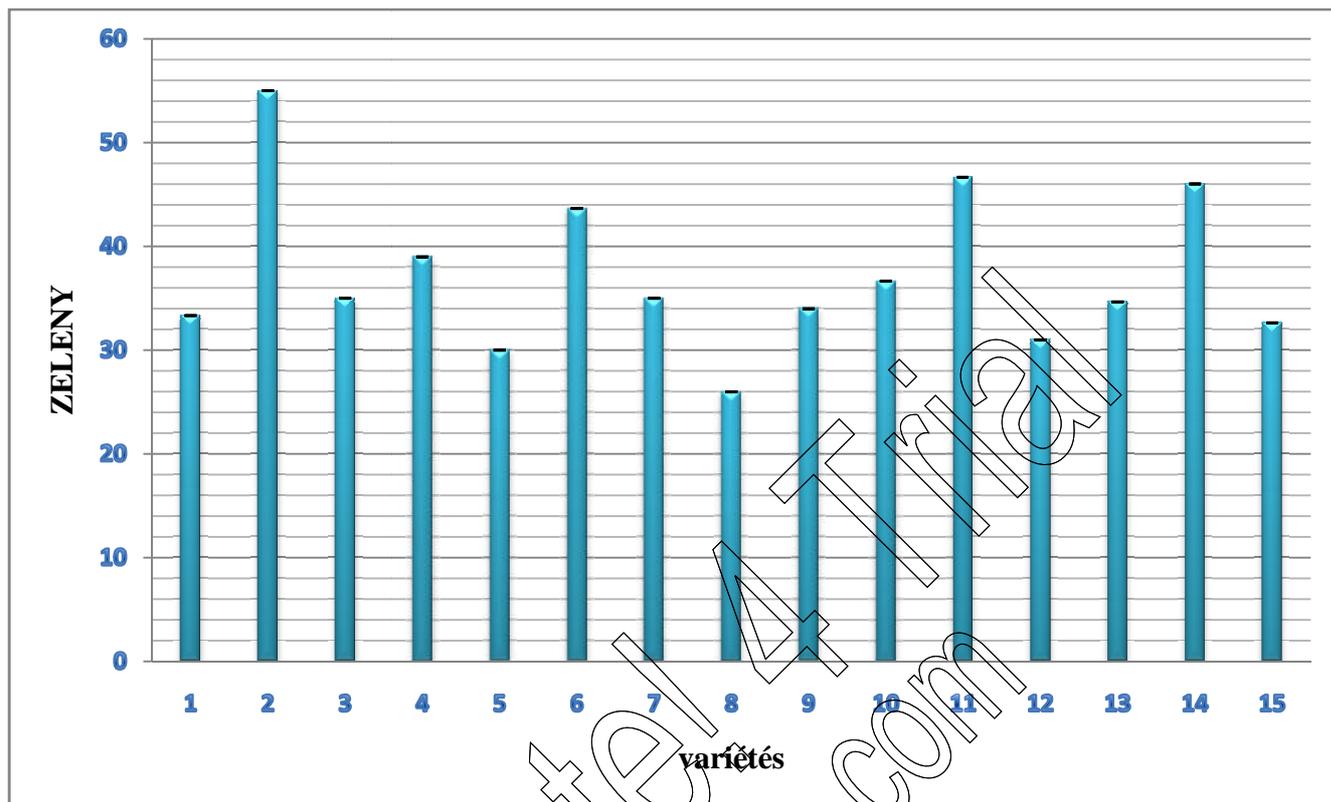


Figure n°15 : L'effet du génotype sur le ZELENY.

II.5. Dosage des teneurs des protéines totales :

Les teneurs en protéines rapportées à la MS des variétés et lignées étudiées sont représenté dans le tableau n°17/2 et la figure n°17.

Ces teneurs varient entre 9.35% (V1 et V13) et 13.13 % (V10), et se situent dans les intervalles signalés par SHEWRY et al (1997) ; ZHU et KHAN (2001) qui comprend des valeurs comprises entre 8 et 16%.

Le tableau 17/1 nous montre le classement des variétés selon leurs teneurs en protéines.

Tableau n°17/1 : classement des blés selon (WILLIAMS et al, 1988).

classement	faible teneur en protéines (9 à 11,5)	teneur moyen en protéines (11,6 à 13,5)	Teneur élevé en protéines (13,6 à 15,5)
Les variétés	V1, V2, V8, V9, V10, V11, V12	V3, V4, V5, V6, V7, V13, V14, V15	

Tableau n°17/2 : La teneur en protéine de la farine des variétés étudiées.

variétés	Moyennes ± écarts- type	probabilité	CV %
V1	10.26 ± 0.34 G	0.0000 (THS)	0.8
V2	11.22 ± 0.03 E		
V3	12.04 ± 0.01 B		
V4	11.91 ± 0.01 BC		
V5	12.51 ± 0.01 A		
V6	11.67 ± 0.01 CD		
V7	12.01 ± 0.01 B		
V8	11.51 ± 0.01 D		
V9	09.95 ± 0.07 H		
V10	10.53 ± 0.05 F		
V11	10.01 ± 0.02 H		
V12	09.18 ± 0.06 CD		
V13	11.86 ± 0.01 BC		
V14	11.96 ± 0.03 BC		
V15	11.67 ± 0.01 CD		

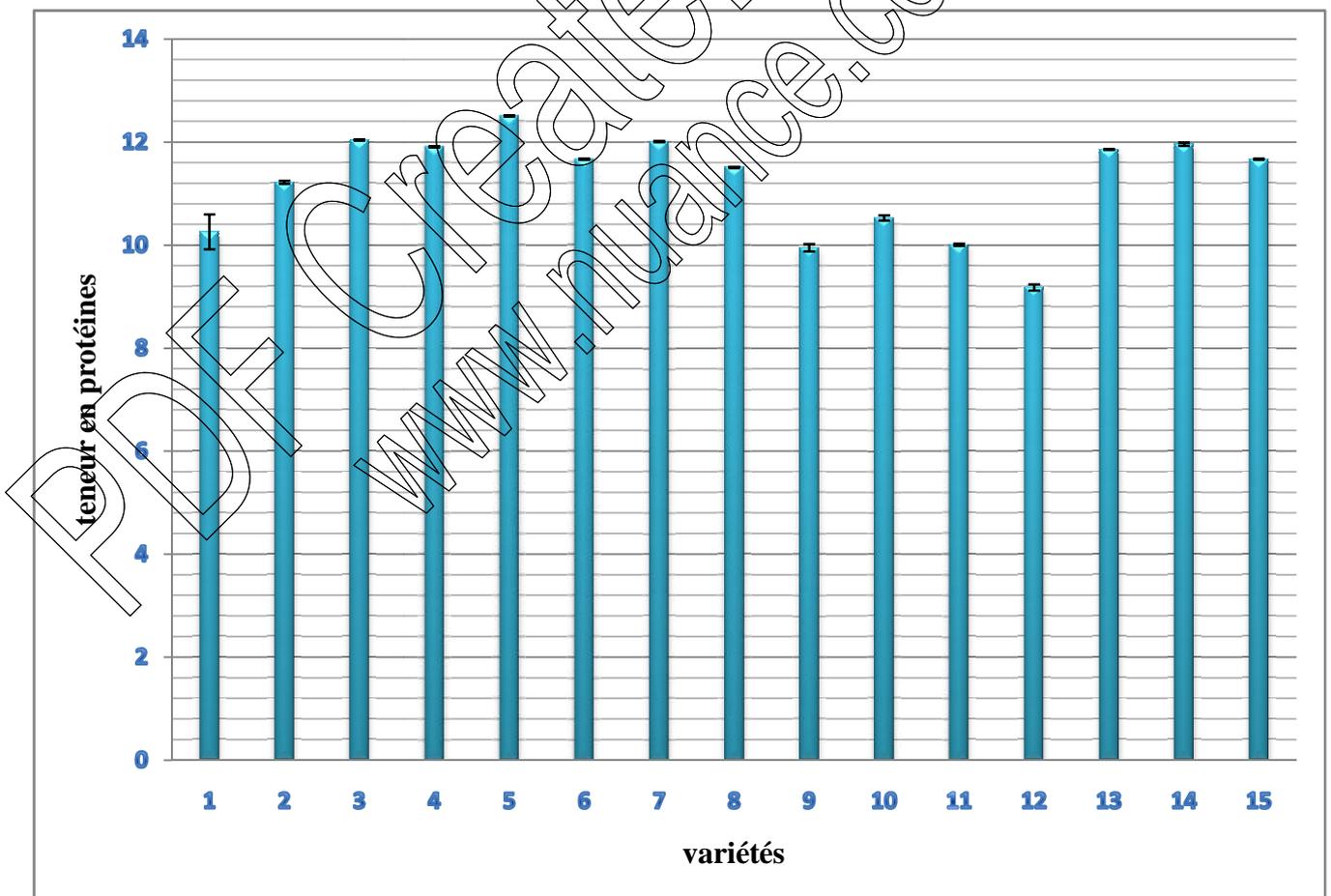


Figure n°16 : L'effet du génotype sur la teneur en protéines.

L'analyse de la variance se rapportant à la teneur en protéines des grains se révèle significative. Les valeurs des protéines des grains oscillent entre 9,18% (V12) et 12,51% (V5).

La qualité des protéines est purement génétique (HRUSKOVA M., 2003). A cet effet, cette dépendance en protéines de divers paramètres de la qualité de la composition de la farine peut être utilisée comme guide lors de l'usage des caractères dans des programmes de croisement du blé (CUNIBERTI M.B. et al., 2003).

GOODING A. et al., (1986) ont retrouvé que la fertilisation azotée a positivement corrélé à la fois avec le taux des protéines, l'indice du chute, les propriétés liées au farinographe et autres qualités de panification; conséquences directes d'une meilleure absorption de l'eau, résultant, un pain de gros volume (FEIZIPOUR A.R. et al., 2006).

D'autre part, ANDA L. et al., (2004) ont confirmé une large influence des génotypes sur la variabilité.

L'augmentation de la teneur du grain en protéines est généralement associée à un fort accroissement du taux des protéines de réserve (POMERNAZ Y., 1971) notamment les gliadines (CUNIBERTI M.B., 2003; CEGLINSKA A., 2003), suivi de protéines polymériques avec un taux important en albumen globuline (CUNIBERTI M.B., 2003). La composition des gliadines de l'épeautre est différente de celle du blé cultivé (CEGLINSKA A., 2003).

III. Paramètres technologiques :

III.1. Résultats du taux de gluten :

Ce test permet de connaître les propriétés de cohésion, d'élasticité, de viscosité et de plasticité de gluten qui lui permette au cours de la panification, de former un réseau tridimensionnel imperméable, capable de retenir le gaz carbonique et de s'étirer sous sa pression pour former la structure et la texture alvéolée du pain (FOULD-SPRINGER, 1996).

Les résultats sont exprimés dans le tableau 16 qui englobe le GH, GS, et C%.

Les valeurs de nos génotypes étudiés varient généralement entre 9,36 (V12) et 19,76 (V2) pour le gluten sec, et entre 20,72(V12) et 32,47(V2).

Pour les variétés V7, V14 le gluten est in-extractible sous le mince filet d'eau.

Tableau n°18: La teneur en gluten humide, sec et la capacité d'hydratation des variétés étudiées.

variétés	Moyennes GH ± écarts- type	Moyennes GS ± écarts- type	Capacité d'hydratation c%
V1	27.06 ± 0.73 CDE	14.08 ± 1.12	92.18
V2	32.47 ± 0.08 A	19.76 ± 2.20	64.32
V3	23.50 ± 0.08 EFG	13.79 ± 1.41	70.41
V4	23.82 ± 0.57 EFG	10.33 ± 1.56	130.59
V5	28.90 ± 0.08 BCD	14.42 ± 1.31	100.41
V6	31.10 ± 1.27 AB	19.45 ± 3.1	59.89
V7	0.00 ± 0.00 H	0.00 ± 0.00	0.00
V8	30.34 ± 2.11 ABC	14.71 ± 1.15	106.25
V9	26.32 ± 0.00 DEF	11.32 ± 0.12	132.50
V10	27.18 ± 0.24 CDE	11.37 ± 0.20	138.69
V11	22.81 ± 0.24 FG	11.66 ± 0.56	95.62
V12	20.72 ± 0.21 G	9.36 ± 0.09	121.36
V13	26.07 ± 0.08 DEF	12.65 ± 0.31	106.08
V14	0.00 ± 0.00 H	0.00 ± 0.00	0.00
V15	20.97 ± 3.51 G	10.92 ± 0.12	92.03
probabilité	0.0000 (THS)	0.0000 (THS)	0.000 (HS)
CV %	5.0	2.1	2.7

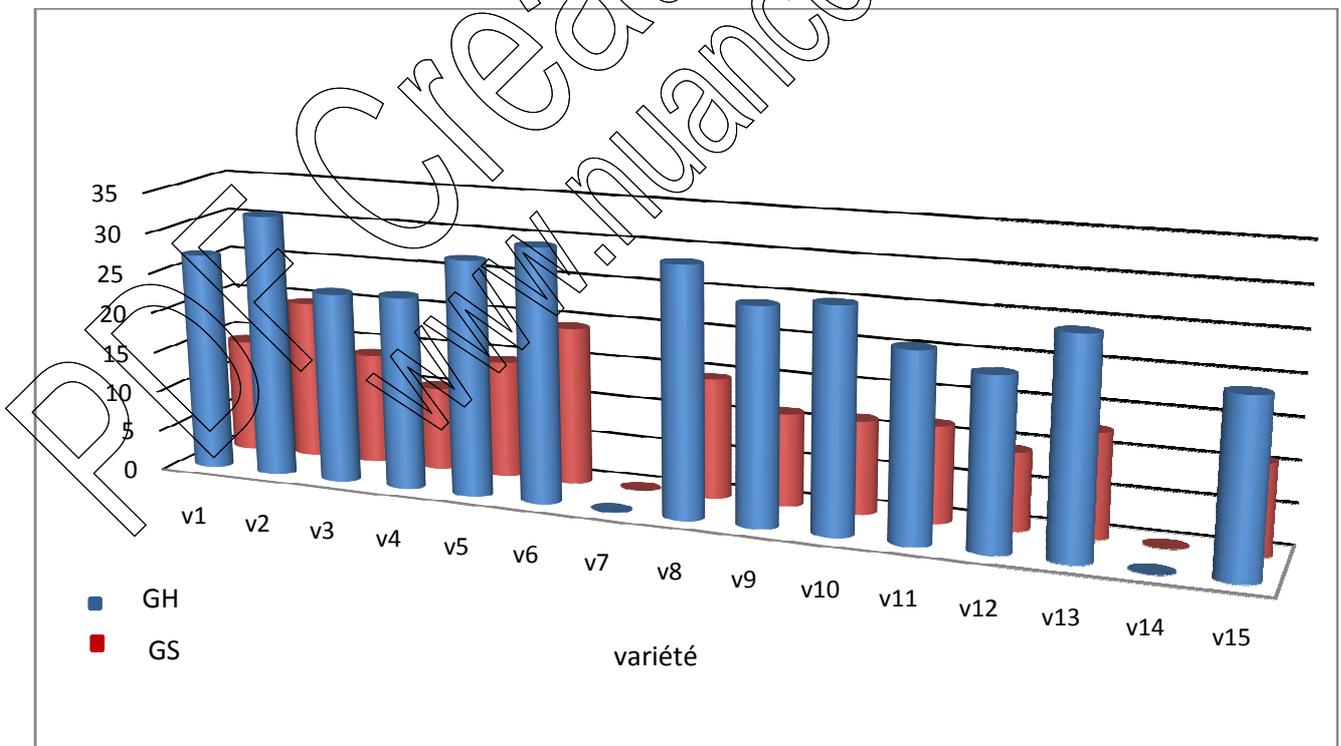


Figure n°17 : L'effet du génotype sur la teneur en gluten.

Plus le gluten est élevé, on aura une bonne farine très panifiable. Plus le gluten diminue, on aura une pâte dite : courte, qui se déchire très vite et elle n'a pas une bonne souplesse.

En panification, la valeur d'un blé dépend de la qualité et de la quantité de gluten.

Selon COURBE (1944), une farine ayant 8 à 10 % de gluten sec et une capacité d'hydratation de 67 à 68 % est recommandée en boulangerie.

III.2. Test d'alvéographe de chopin :

La boulangerie d'une façon générale, exige des farines dont les caractéristiques selon MAUZE et al, (1972) sont :

- **W** compris entre 130 et 160.
- **P/L** de l'ordre de 0.45 et 0.55.
- **G** compris entre 21 et 24.

- Les blés ayant un **W** compris entre 160 et 250 sont dits « améliorants » si leur rapport P/L est équilibré.

- Ceux ayant un **W** supérieur à 250 sont dits de force.

- Les **W** inférieurs à 130 sont caractéristiques des blés de force insuffisante.

Un gonflement **G** supérieur à 23 est caractéristique d'un blé améliorant

Les résultats de l'alvéographe sont représentés dans le tableau n°19.

Nos blés sont classés selon leur **W** en :

- Variétés ont une bonne force boulangère (**W** entre 130 et 160) : inclus V4, V10, V13, ces dernières ont une force conforme aux exigences de la boulangerie, mais le **G** est insuffisant car il est inférieur à 21 et c'est le cas pour toutes les lignées et variétés.

- Variétés améliorants (**W** entre 160 et 250) : inclus toutes les autres lignées et variétés restantes, Le **W** dans ce cas appartient à la catégorie des blés améliorants, mais le **P/L** n'est pas équilibré car il est supérieur à 0.55.

- Et ce qui concerne le gonflement de la pâte : toutes les variétés sont faibles ($G < 18$).
- Les résultats de l'analyse de la variance du test d'alvéographe sont très hautement significatifs.

Les résultats obtenus ont montré que la majorité des variétés et lignées étudiées ont des **W** et des rapports **P/L** élevés. ces rapports de configuration élevés sont dus à des « **P** » élevés et à

des **G** souvent faibles. il est certain que ces variétés sont panifiées. Or les blés de l'unité de « Moula » ont un **G** qui peut atteindre jusqu'à 24 et un **W** de 260 c'est des blés de fore.

REGNIER S. et al., (2004) a rapporté que la variation du grain en diamètre constitue un bon indicateur de la stabilité de la pâte, sa ténacité, son extensibilité ainsi que le rapport ténacité/extensibilité. La quantité de certaines glutenines polymériques paraît qu'il a une bonne corrélation avec la force du Gluten (**W**), la ténacité (**P**), l'indice de l'alvéographe et le volume du pain (*DACHKEVITCH T. et al., 1989*).

Par ailleurs, El haddad L. et al., (1995) ont montré une variabilité génétique élevée pour ce paramètre. Cependant, il a été retrouvé qu'il existe des effets épistatiques entre le (glutenines) et le (gliadines) sur la ténacité, l'extensibilité et le travail de déformation, comme il a été, également, rapporté par *NIETO-TALADRIZ M.T. et al., (1994)*.

Le travail de déformation (**W**) est une mesure de la combinaison de **P** et **L** tandis que pour les blés européens c'est un important corrélateur avec le volume du pain (*BETTEGE A. et al., 1989*). Il paraît que ce paramètre est très utile pour prédire la qualité de la farine ; les valeurs de l'énergie (**W**) corrélent mieux avec la teneur en protéines totales (*PEREGO P. et al., 2002*) et la composition des protéines dont leurs propriétés sont fidèlement reliées à la valeur de **W** qu'à la valeur de la ténacité (**P**) (*CUNIBERTI M.B. et al., 2003*).

La corrélation entre **W** de l'alvéographe avec les protéines polymériques du grain est forte, encore bien forte avec les protéines polymériques complexes (*CUNIBERTI M.B. et al., 2003*).

Tableau n°19: Résultats du test d'alvéographe sur la pâte de la farine des variétés étudiés.

variétés	paramètres				
	W	G	P	L	P/L
V1	188	13	132	34	3.88
V2	202	12.4	148	31	4.77
V3	200	12.0	140	30	4.20
V4	137	11.4	121	26	4.65
V5	187	14.8	112	44	2.55
V6	187	13.5	120	37	3.24
V7	174	18.2	87	67	1.30
V8	192	15.7	99	50	1.98
V9	179	12.2	138	30	4.6
V10	160	14.9	98	45	2.19
V11	187	14.9	114	46	2.23

V12	192	15.9	120	56	1.42
V13	137	10.0	153	20	7.65
V14	225	14.8	127	44	2.89
V15	175	18.8	89	65	2.90

✚ Interprétation global des résultats :

Afin d'évaluer nos résultats nous avons utilisé l'étude statistique avec logiciel (SYSTAT ITCF V4) par l'élaboration d'une matrice de corrélation.

Les résultats des différentes corrélations sont résumés dans le tableau n°20.

- Le PHL est corrélé positivement et très significativement avec le taux d'extraction ($r = 0.229$).
- Le PMG est corrélé positivement et significativement avec le taux de cendre, ($r = 0.285$) et négativement avec la teneur en protéines ($r = -0.244$).
- La teneur en cendre est corrélée positivement avec le SDS et le test de ZELENY ($r = 0.248$, $r = 0.265$) respectivement.
- Le SDS est corrélé positivement avec la teneur en protéines ($r = 0.295$).
- Le W est corrélé négativement et très significativement avec le rapport P/L, ($r = -0.41$).
- Le test de ZELENY est corrélé positivement avec W et négativement avec G ($r = 0.264$, -0.250).
- La teneur en protéines est corrélée négativement et très significativement avec W et G, et positivement avec le rapport P/L ($r = 0.024$, $r = 0.003$, $r = 0.172$).
- W est corrélé positivement avec le G ($r = 0.276$).

Tableau n°20 : Matrice de corrélation entre les paramètres biochimique et technologiques.

Variable	PHL	PMG	TE	CEND.	SDS	ZEL	PRT	W	G	P/L
PHL	1,00									
PMG	0,345	1,00								
TE	0,229	0,332	1,00							
CEND.	0,146	0,285	0,326	1,00						
SDS	-0,082	0,363	0,604	0,248	1,00					
ZEL	0,421	-0,152	-0,126	0,265	0,018	1,00				
PRT	-0,090	-0,244	0,101	0,002	0,295	-0,006	1,00			
W	-0,187	0,022	-0,073	0,076	-0,051	0,264	-0,024	1,00		
G	0,035	-0,277	-0,061	-0,081	-0,098	-0,250	-0,003	0,276	1,00	
P/L	-0,041	0,010	0,174	0,162	0,373	0,190	0,172	-0,415	-0,804	1,00

 Corrélation.

 Pas une corrélation.

Références bibliographiques

PDF CREA! 4 Trial
www.nuanes.com

Références bibliographiques

- **ABECASSIE J., 1993.** nouvelle possibilités d'apprécier la valeur meunière et la valeur semoulière des blés, N°81 pp : 25-27.
- **ABECASSIE J., FEILLET P., 1985.** « Pureté des semoules de blé dur, taux de cendres et réglementation », N°36, pp : 13-18.
- **Aissaoui S., 2009,** La filière agroalimentaire en Algérie, MISSION ECONOMIQUE – UBI FRANCE EN ALGERIE.
- **ALTAF A., ATKINS I.M., ROONEY L.W., PORTER K.B., 1969.** Crop Sci. 9 329-330.
- **ANDAL., ANTONS R., 2004.** Variety and environmental effects on Quality Traits in Latvian- Grown Winter Wheat. New Directions For a Diverse Planet: Proceedings of the 4 th International Crop Science Congress., 26 Sep-1 Oct 2004, Brisbane, Australia. ISBN 1 920842 209.
- **ANONYME, 1976.** Le blé, céréale d'avenir Fermes modernes, 202 p.
- **ANONYME, 2007.** Méthodes d'appréciation de la qualité des blés (et épeautres) destinés à la panification G. SINNAEVE CRA-W, Département qualité des productions agricoles Gembloux, le 10 octobre 2007.
- **BARMORE M. A. & BEQUETTE R. K., 1965.** Weight per bushel and flour yield of
- **BENLARIBI M., MONNEVEUX PH et GRIGNAC P., 1990.** Etude des caractères d'enracinement et de leur rôle dans l'adaptation au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). Agronomie 10: 305-322.
- **BERKANI A., 2001.** stades et variétés de blé, N°17, pp : 7.
- **BETTGE A., RUBENTHALER G.L. & POMERNAZ Y. 1989** - Alveograph Algorithms to Predict Functional Properties of Wheat in Bread and Cookie Baking, Cereal Chem., 66, 2: 81-86.
- **BONJEAN A. et PICARD E., 1990.** Les céréales à paille : Origine – Histoire –
- **BOURDET A., 1976.** L'identification des variétés de blé par électrophorèse. Symposium, INRA .Meunerie européenne. Tech. Ind céréalières. 154, pp. 59-65.
- **BRANLARD G., MARION D., 1998:** Effet of puroines on the breadmaking properties of wheat flour.
- **BRINK M., BELAY G., 2006.** Plant resource of tropical africa 1. Cereal and pulses.

- *Bulletin* 170, 98-138.
- **CALVEL R., 1980.** La boulangerie moderne. 9eme édition, Paris, Eyrolles : pp. 11-78.
- **CAMPBELL K, G.C., BERGMAN C.J., GUALBERTO D.G., ANDERSON J.A., GIROUX M. J., HARELAND G., FULCHER R.G., SORRELLS M.E. & FINNEY P. L. 1999** - Quantitative Trait Loci Associated with Kernel Traits in a Soft X Hard Wheat Cross, *Crop Sci.*, 39:1184–1195. Canadian Grain Commission 1998, p. 45.
- **CARENTINO., 1996.** Abrégé de physiologie végétale. Tome 1 Nutrition. Masson, 244p.
- **CEGLINSKA A. 2003** - Technological Value of a Spelt and Common wheat Hybrid, *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Series Food Science and Technology*, 6, 1: 79-87.
- **CEGLINSKA A. 2003** - Technological Value of a Spelt and Common wheat Hybrid, *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Series Food Science and Technology*, 6, 1: 79-87. *Cereal. Chem.*, 60: 315-317. *Cereal. Sci., Today*, 16: 271-275.
- **CHERDOUH A., KHELIFI D., CARILLO J.M et NIETO-TALADRIZ M.T., 2000.** « Caractérisation biochimique et génétique des protéines de réserve des blés durs algériens. Relation avec la qualité », Symposium Blé 2000 : enjeux et stratégies / Alger, pp : 311-314.
- **CUNIBERTI M.B., ROTH M.R., and McRITCHIE F., 2003.** Protein Composition-Functionality Relationships for a Set of Argentinean Wheat, *Cereal Chem.* Vol. 80(2): 132-134.
- **CUNIBERTI M.B., ROTH M.R., and McRITCHIE F., 2003.** Protein Composition-Functionality Relationships for a Set of Argentinean Wheat, *Cereal Chem.* Vol. 80(2): 132-134.
- d'utilisation des blés tendres dans les industries de cuissons. *Ann. Amélior. Plantes*, 25(4) : pp. 411-428.
- **DACHKEVITCH., and AUSTRAN J.C., 1995.** Predicting of baking quality of bread wheats in breeding programs by size – exclusion high-performance liquid chromatography, *Cereal Chem.*, 66: 448-456. In El haddad L., Aussenac T., Fabre J.L., and Sarrafi A., 1995. Relationships Between Polymeric Glutenin and the Quality

Characteristics for Seven Common Wheats (*Triticum aestivum*) Grown in the Field and Greenhouse, *Cereal Chem.*, 72 (6): 598-601.

- **DACOSTA Y., 1986.** Le gluten de blé et ses applications. *Apria.*, 29-36.
- **DELOURME D., 1999.** « Génétique », ed. Dunod, Paris, ISBN 2100047523, 63 p.
- **DEXTER J.E., MATSUO R.R., KOSMOLAK F.G., LEISLE D., MARCHYLO B.A., 1980.** « The suitability of SDS sedimentation test for assessing gluten strength in durum wheat », *Can. J. Plant Sci.*, 60, pp: 25-29.
- **DICK J., QUICK J.S., 1983.** A modified Test for rapid estimation of gluten strength in early- generation durum wheat breeding lines.
- **DONG H., SEARS R.G., COX T.S., HOSENY R.C., LOOKHART G.L., SHOGREN M.D., 1992:** Relationships between protein composition and mixograph and loaf characteristics in wheat. *Economie – Sélection. Soft word/ITM.* Pp: 14-167. Ed. Tec et Doc. Lavoisier : pp 161-210.
- **EHDAIE B., REZO M., WAINES J., 1999.** patch analysis of genotype x interaction of wheat to nitrogen, vol: 19, n.1.
- **FEUILLET P., 2000.** « Le grain de blé ; composition et utilisation » N°308, pp : 59, 60, 64, 66.
- **FIDO R.G., BEKES F., GRAS P.W., TATHAM S.A., 1997.** Effet of α - β - γ , and \square -gliadines on the dough mixing properties of wheat flour.
- **FINNEY K.F., 1971:** Fractionating and reconstituting techniques to relate functional (bread making) to biochemical properties of wheat flour components.
- **FOULD-SPRINGER, 1996.** *Léve et panification - Mémento des technologies agro-alimentaires* Paris : Kesaffre/Techno-Nathan, 75 p.
- **FOULD-SPRINGER, 1996.** La valeur meunière des blés. 221-227.
- **FREDOT EMILIE, 2005.** *Connaissance des aliments ; bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique.* Paris, pp 159,160, 161, 162, 163, 165.
- **FRICHOT E., 1930.** le grain de blé, N°235, p : 51.
- **GALLAIS A., 1992.** « Bases génétiques et stratégie de sélection de l'adaptation générale », *Sel Fr.*, 42, pp: 59-78.
- **GATE P., 1995.** *Ecophysiologie du blé.* Paris : Technique et documentation-Lavoisier, 429p.
- **GODON B., 1978.** Détermination aux derniers stades de la sélection de la valeur

- **GODON B., LOISEL W, 1997.** Guide pratique d'analyses dans les industries des céréales.
- **GODON B., WILLM C, 1991.** Les industries de l'é transformation des céréales Paris : Tec & Doc - Lavoisier, 110, 679, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 561, 562 p.
- **HAZMOUNE T., 2006** – Le semis profond comme palliatif à la sécheresse. Rôle de la coléoptile dans la levée et conséquences sur les composantes du rendement. Thèse docteur d'état. Univ Constantine ; 168p.
- **HOSHINO T., ITO S., TANIGUSHI Y., and SATO A., 1994. Jap. J. Crop Sci.** 63: 21-25 In Varga B., Svecnjak Z., Jurkovic Z., Kovacevic J. and Jukic Z., 2003. Wheat Grain and Flour Quality as Affected by Cropping Intensity. Food Technol. Biotechnol. 41: 321-329.
- **Hruskova M. & Famera O. 2003** - Prediction of Wheat and Flour Zeleny Sedimentation Value Using NIR Technic, Czech J. Food Sci., 2, 13: 91–96. In Varga B., Svecnjak Z., Jurkovic Z., Kovacevic J. and Jukic Z., 2003. Wheat Grain and Flour Quality as Affected by Cropping Intensity. Food Technol. Biotechnol. 41: 321-329.
- **Jouve A.M., Belghazi S., Kheffache Y., 1995** : « Fibère des céréales dans les pays du Maghreb : constante des enjeux politiques. Les agricultures maghrébines à l'aube de l'an 2000 », Options Méditerranéennes, série B/ N° 14, pp : 169-192.
- **KRUGER J.E., ANDERSON M.H., and DEXTER J.E., 1994.** Effect of flour refinement on raw cantonese noodle colour , Cereal Chem., 71: 177-182. In Davies J. and Berwonsky W.A., 2003. Evaluation of Spring Wheat Quality Traits and Genotypes for Production of Cantones Asian Noodles. Crop Sc. 43: 1313-1319.
- **LEFEBVRE V., PFLIEGER S., 2000.** « L'approche gène candidat pour la caractérisation moléculaire et fonctionnelle de locus de résistance aux parasites chez les plantes », Sel Fr., 51, pp: 31-45.
- **LEROY P., 1998.** cartographie génétique moléculaire du génome de blé tendre. N°106, pp: 3.
- **MACKENZIE A., BALL A.S. et VIRDEE S.R., 2000.** « L'essentiel en écologie » BENTI, Paris, 363 p.
- **MAUZE C., RICHARD M., SCOTTI G., 1972.** Guide pratique du contrôle de la qualité des blés.
- **MELAS J., CLEMENT M-GRANDCOURT., PRATS J., 1993.** les céréales. N°351, pp : 14-19.

- **MICARD V, ABECCASSIS J, HEMERY Y, LULLIEN-PELLERIN V, PETITIT PETITOT M, X., 2009.** Produits céréaliers ; influence des procédés sur leurs propriétés nutritionnelles RouauUMR IATE (MTP Sup Agro-INRA-UMII-CIRAD, Montpellier).
- **MONNEVEUX P. et THIS D., 1997.** « La génétique face au problème de la tolérance des plantes cultivées à la sécheresse : espoirs et difficultés », Synthèse, ed. INRA, Paris, pp : 29-36.
- **MONNEVEUX P., BEN SALEM M., 1992.** Tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne, diversité génétique et amélioration variétale. 436p.
- **MURPHY C.F., 1967.** The registration of Blue boy wheat. *Crop Sci.* 7, 82.
- **NORMME ALGERIENNE NA 1184.1994.** Détermination de Sédimentation ZELNY IDT ISO 5529.
- **62. NORMME ALGERIENNE NA 733.1991.** Détermination du taux de cendre brute IDT ISO 2171.97.
- **NORMME ALGERIENNE NA 1132.1990.** Détermination de la teneur en eau.
- **NORMME ALGERIENNE NA 1158.1990.** Détermination de l'azote total avec minéralisation selon la méthode kjeldhal IDT ISO 1871.
- **OLIVEIRA J.A., 2000.** North Spanish Emmer and Spelt Wheat Landraces: Agronomical and Grain Quality Characteristic Evaluation, 125: 16-20.
- **OSBORNE K ; MELAS J (1993).** qualité des blés et farines.
- **Osborne., 1907.** Le blé tendre. N°435, pp : 5-7. Pacific Northwest white wheat. *Cereal Sci. Today* 10, 72-77.
- **PEREGO P., SORDI A., GRIVON D., CONVERTI A., DOVI V., 2002.** Rheological Study in the Pasta Industry by Alveographic Analysis. *Cienc. Tecnol. Aliment.* 3 (4): 202-206.
- physical characteristics, milling and baking qualities and chemical composition of wheat. *U.S.Dep. of Agric. Bull.* 1420.
- **Pilon., Mazerand., 1998.** le blé : éléments fondamentaux et transformation. N°439, pp : 29-36, 40.
- **POMERNAZ Y. 1971 -** Composition and Functionality of Wheat Flour Components, pp. 585-674, In *Wheat Chemistry and Technology*, Pomeranz Y., ed. Am. Assoc. Cereal Chem., St.

- **POPINEAU Y., 1991.** Propriétés biochimiques et physiologiques des protéines de céréales. In : protéines végétales.
- PROTA fondation wageningen, Netherlands / Bachuys publishers, leiden, Netherlands / CTA.
- **REGNIER S., HOLCOMB R. & RAYAS-DUARTE P. 2004** - Relating Wheat Quality to End-Product Quality, Food Technology Fact Sheet, Oklahoma State University, FAPC 129.1-129.3.
- **ROBERTS H. F., 1910.** Breeding for type of kernel in wheat, and its relation to the grading and milling of the grain. *Kansas State Agricultural College Experiment Station*
- **Roussel P., Chiron., (2003).** «Tes de laboratoire In : guide pratique d'analyse dans les industries des céréales. Paris: Ed. Lavoisier, p.479.
- **ROUSSET M, 1976.** Amélioration du blé tendre pour sa valeur d'utilisation. *Annales de l'INRA*, pp 1-18.
- **SCHNYDER H., 1904.** Glutenous and starchy wheat. *Minnesota Agric. Exp. Sta. Bull.* 85, 179-188.
- **SCHULER S. F., BACON R. K., FINNEY P. L. & GBUR E. E., 1995.** Relationship of *Sci.* 35, 949-953. sécheresse ». Thèse de Doctorat, faculté des sciences, Univ. catholique de Louvain.
- **SHEWRY P., TATHAM A.S., FORDE J., KREIS M., MIFLIN B.J., (1986).** The classification and nomenclature of wheat. A reassessment. *J.cereal.Sci.* 4:97-106.
- **SHEWRY P.R., TATHAM A.S., LAZZERI P., 1997.** Biotechnology of wheat quality *J. Sci. food Agri.*, 73: pp. 397-406.
- **SHOLLENBERGER J. H. & COLEMAN D. A., 1926.** Relation of kernel texture to
- **SHUEY W. C., 1960.** A wheat sizing technique for predicting flour milling yield. *Cereal Sci. Today* 5, 71-72.
- **SIMMONS S.R., CROOKSTON R.K.,1979.** « Rate and duration of growth of kernels formed specific florets in spikiest of spring wheat », *Crop science*, 19, pp: 690-693.
- **SOLTNER D., 2005** - Les grandes productions végétales. 20ème Edition. Collection science et techniques agricoles. 472p.

- **STAPPER M., FISCHER R.A., 1990.** Genotype, sowing date and plant spacing influence on high-yielding irrigate wheat in southern nerve south wales.III.Potential yields and optimum flowering dates.p41.
- **SUN B., 1987.** Etude de la variabilité de l'élaboration du rendement chez le blé tendre .Influence du génotype et quelques techniques culturales. Thèse Doc. Université de Rennes, 138p.test weight and kernel properties to milling and baking quality in soft red winter wheat. *Crop*
- **TRIBOI E., 1990.** « Modèle d'élaboration du poids du grain chez le blé tendre (*Triticum aestivum* en tell) », *Agronomie*, 10, pp: 191-200.
- **VARGA B., SVECNJAK Z., JURKOVIC Z., KOVACEVIC J. and JUKIC Z., 2003.** Wheat Grain and Flour Quality as Affected by Cropping Intensity. *Food Technol. Biotechnol.* 41: 321-329.
- **VERRIER E., BRABANT PH., GALLAIS A., 2001.** « Faits et concepts de base en Génétique quantitative. Hérité et milieu », II. INA Paris- Grignon, 133p.
- **VESPA R., 1984.** « Semences des céréales à paille », *D. Agro.* N°1, Paris, pp: 14-94.
- **WHAN R.B., CARLTON G.P. et ANDERSON W.K., 1996.** « Potentiel for increasing rate of grain growth in spring wheat. I. Identification of genetic improvement », *Aust. J. Agri. Res.*, 47, pp: 17-31.
- **WILLIAMS P. 1998** - Variety Development and Quality Control of Wheat in Canada,
- **WILLIAMS P., EL HARAMEN FJ., NAKKOU H, RIHAVIS,,1988.** Crop quality evaluation methods and guidelines. Aleppo: International centre for agricultural research in the dry areas (ICARDA).
- **WILLM C., 1972.** Moutures d'essais. In : GODON B., LOISEL W., 1997.Guide pratique d'analyses dans les industries des céréales. Pp. 554-573.
- **ZAGHOUANE-BOUFENAR F ; MERABTI A ; ZAGHOUANE O ; BOUABDELLI F ; AIT ABDELLAH J ; AMRANI M, 2003 :** Le blé dur qualité, importance et utilisation dans la région des hauts-plateaux (Tiaret et Tissemsilt) ; ITGC.
- **ZELNY L. 1947** - A Simple Sedimentation Test for Estimating Bread Baking and Gluten Qualities of Wheat Flour, *Cereal Chem.*, 24: 465-475. In: De Andrade,1R., Riede, C.R., Scholz, D.S. M.B., Destro, D. & Fonseca, I.C.B. (2001) Selection for

Grain Yield and Quality in Segregating Generations of Wheat, Brazilian Archives of Biology and Technology, 44, 2: 173 –178.

- **ZHU., KHAN., 2001.** Separation and quantification ofHMW glutenin subunits by capillary electrophoresis. Cereal. Chem. 78(6): pp. 737-742.

PDF Create! 4 Trial
www.nuance.com

Annexes

PDF Creator Trial
www.nuance.com

Annexe (1): Matériel utilisé.



Figure (a) : Numigral (Originale)



Figure (b) : Mélangeur CHOPIN



Figure (c) : Glutork de Perten



Figure (d) : centrifugeuse de Perten



Figure (e) Broyeur BUHLER VAPODEST



Figure (f) : Distillateur GERHARDT



Figure (g) : Etuve CHOPIN



Figure (h) : Four à moufle



Figure (I) : Agitateur de Zeleny



Figure (J) : Alvéographe Chopin

Annexe (2): différents tableaux de statistiques obtenus par logiciel ITCF V°4.

Analyse de la variance :

PMG :

	S.C.E.	DDL	CAREES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	624.16	29	21.52		0.0000	0.51	1.4 %
VAR.FACTEUR .1	620.21	14	44.30	168.28			
VAR.RESIDUELLE.1	3.95	15	0.26				

PHL :

	S.C.E.	DDL	CAREES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	697.20	44	15.85		0.0000	0.80	0.4
VAR.FACTEUR .1	677.87	14	48.42	75.13			
VAR.RESIDUELLE.1	19.33	30	0.64				

Taux d'extraction :

	S.C.E.	DDL	CAREES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	2835.30	44	64.44		0.0000	0.24	0.4
VAR.FACTEUR .1	2833.55	14	202.40	3462.89			
VAR.RESIDUELLE.1	1.75	30	0.06				

Humidité des grains :

	S.C.E.	DDL	CAREES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	6.67	44	0.15		0.0005	0.28	2.4
VAR.FACTEUR .1	4.40	14	0.31	4.16			
VAR.RESIDUELLE.1	2.27	30	0.08				

Teneur en cendre :

	S.C.E.	DDL	CAREES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0.47	29	0.02		0.0831	0.10	12.7
VAR.FACTEUR .1	0.31	14	0.02	2.10			
VAR.RESIDUELLE.1	0.16	15	0.01				

SDS :

	S.C.E.	DDL	CAREES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	1472.98	29	50.79		0.0000	0.71	1.3
VAR.FACTEUR .1	1465.47	14	104.68	209.35			
VAR.RESIDUELLE.1	7.50	15	0.50				

Gluten humide :

	S.C.E.	DDL	CAREES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	2750.57	29	94.85		0.0000	1.14	5.0
VAR.FACTEUR .1	2731.14	14	195.08	150.63			
VAR.RESIDUELLE.1	19.43	15	1.30				

ZELÉNY :

	S.C.E.	DDL	CAREES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	1614.11	29	55.66		0.0000	0.02	0.0
VAR.FACTEUR .1	1614.11	14	115.29	429310.03			
VAR.RESIDUELLE.1	0.00	15	0.00				

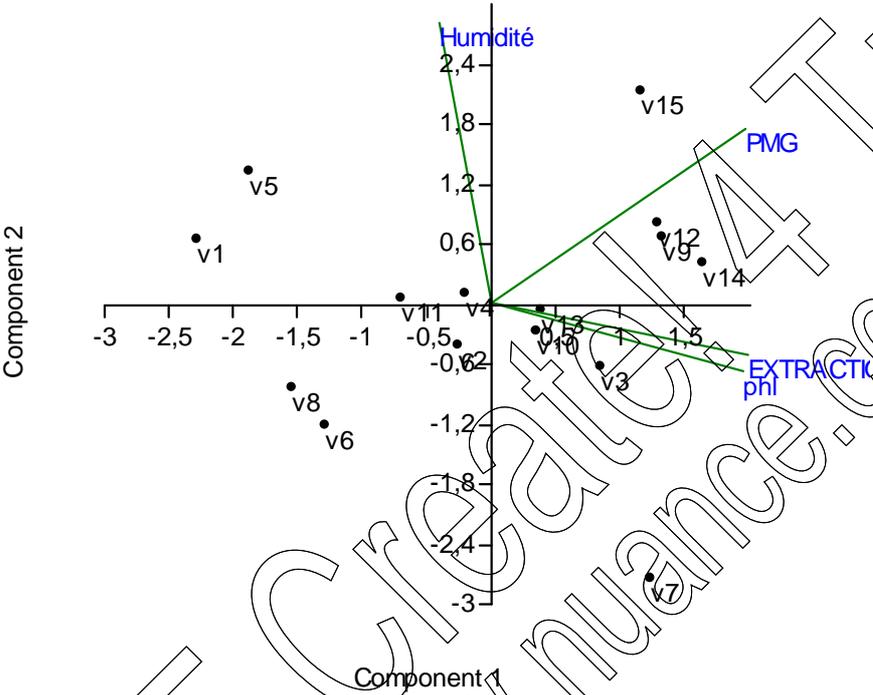
PROTEINES :

	S.C.E.	DDL	CAREES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	27.04	29	0.93		0.0000	0.09	0.8
VAR.FACTEUR .1	26.92	14	1.92	222.94			
VAR.RESIDUELLE.1	0.13	15	0.01				

Alvéographe :

	S.C.E.	DDL	CAREES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	15073.47	29	519.77		0.0000	0.37	0.2
VAR.FACTEUR .1	15071.47	14	1076.53	8074.00			
VAR.RESIDUELLE.1	2.00	15	0.13				

Annexe (3): graphes obtenus par "PAST" des différents paramètres.



Annexe (4):Tableau de conversion de poids spécifique.

Raggiungo dal peso in Grammi per 14 di litro al peso in specifico Chilogrammi per Quintale. **GRANO**
 Aggiunta prontuario peso specifico Grano da gr. 205 a gr. 225

163	valore	68,0	198,5	valore	74,3	205	valore	82,65	215,5	valore	87,35
168,5	"	68,25	197	"	74,55	205,5	"	82,85	218	"	87,6
169	"	68,45	197,5	"	74,75	206	"	83,1	218,5	"	87,8
169,5	"	68,7	198	"	75,0	206,5	"	83,3	217	"	88
170	"	68,9	198,5	"	75,2	207	"	83,5	217,5	"	88,25
170,5	"	67,15	199	"	75,45	207,5	"	83,75	218	"	88,45
171	"	67,35	199,5	"	75,65	208	"	83,95	218,5	"	88,7
171,5	"	67,5	199	"	75,9	208,5	"	84,2	219	"	88,9
172	"	67,8	199,5	"	76,1	209	"	84,4	219,5	"	88,15
172,5	"	68,05	199	"	76,35	209,5	"	84,65	220	"	89,35
173	"	68,25	199,5	"	76,55	210	"	84,85	220,5	"	89,6
173,5	"	68,5	199	"	76,8	210,5	"	85,1	221	"	89,8
174	"	68,7	199,5	"	77,0	211	"	85,3	221,5	"	90,05
174,5	"	68,95	199	"	77,25	211,5	"	85,55	222	"	90,25
175	"	69,15	199,5	"	77,45	212	"	85,75	222,5	"	90,5
175,5	"	69,4	199	"	77,7	212,5	"	86	223	"	90,7
176	"	69,6	199,5	"	77,9	213	"	86,2	223,5	"	90,95
176,5	"	69,85	199	"	78,15	213,5	"	86,45	224	"	91,2
177	"	70,05	199,5	"	78,35	214	"	86,65	224,5	"	91,4
177,5	"	70,3	199	"	78,6	214,5	"	86,9	225	"	91,65
178	"	70,5	199,5	"	78,8	215	"	87,15			
178,5	"	70,75	199	"	79,0						
179	"	70,95	199,5	"	79,25						
179,5	"	71,2	199	"	79,45						
180	"	71,4	199,5	"	79,7						
180,5	"	71,65	199	"	79,9						
181	"	71,85	199,5	"	80,15						
181,5	"	72,1	199	"	80,35						
182	"	72,3	199,5	"	80,6						
182,5	"	72,5	199	"	80,8						
183	"	72,75	199,5	"	81,05						
183,5	"	72,95	199	"	81,25						
184	"	73,2	199,5	"	81,5						
184,5	"	73,4	199	"	81,7						
185	"	73,65	199,5	"	81,95						
185,5	"	73,85	199	"	82,15						
186	"	74,1	199,5	"	82,4						

Annexe (5):Réactifs et préparation de solution des tests réalisés :

❖ **Préparation de la solution de ZELÉNY :**

- Diluer à un litre avec de l'eau 250 ml de la solution acide lactique. Concentrée à 85%.
- Porter à ébullition, à reflux, pendant 6 h.
- Avant utilisation, titrer cette solution avec de l'hydroxyde de potassium. Le titre trouvé doit être compris entre 2,7 et 2,8 N.

❖ **Préparation de solution de sédimentation SDS :**

Solution stock de SDS- acide lactique :

- Dissoudre 30 grammes de SDS dans 1 litre d'eau distillée, ajouter 20 ml de la solution diluée d'acide lactique.

Annexe (6) : Normes des protéines tous céréales (WILLIAMS et al., 1988)

Protéines	Classification
<9% MS	Très faible
9-11.5	Faible
11.6-13.5	Moyen
13.6-15.5	Elevé
15.6-17.5	Très élevé
<17	Extra élevé

Annexe (7): Normes SDS (WILLIAMS et al., 1988)

SDS	Potentiel boulanger
>80	Exceptionnel fort
70-79	Très fort
60-69	Fort
50-59	Force moyenne
40-49	Proche faible
30-39	faible
20-29	Très faible
<20	Exceptionnel faible

Annexe (8): Matrice de corrélation entre les paramètres biochimique et technologiques.

Variable	PHL	PMG	TE	CEND.	SDS	ZEL	PRT	W	G	P/L
PHL	1,00									
PMG	0,345	1,00								
TE	0,229	0,332	1,00							
CEND.	0,146	0,285	0,326	1,00						
SDS	-0,082	0,363	0,604	0,248	1,00					
ZEL	0,421	-0,152	-0,126	0,265	0,018	1,00				
PRT	-0,090	-0,244	0,101	0,002	0,295	-0,006	1,00			
W	-0,187	0,022	-0,073	0,076	-0,051	0,264	-0,024	1,00		
G	0,035	-0,277	-0,061	-0,081	-0,098	-0,250	-0,003	0,276	1,00	
P/L	-0,041	0,010	0,174	0,162	0,373	0,190	0,172	-0,415	-0,804	1,00