



DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

MAHI Kheira

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN SCIENCES AGRONOMIQUES

Spécialité: BIOTECHNOLOGIE ALIMENTAIRE

THÈME

**Appréciation de la qualité technologique des farines
issues du blé tendre local**

Soutenue publiquement le /09/2020

DEVANT LE JURY :

| | | | |
|-----------|-------------------------|------------|---------------------------------|
| Président | M. AIT SAADA Djamel | MCA | Université Mostaganem |
| Encadreur | M. BEKADA Ahmed Med Ali | Professeur | Centre Universitaire Tissemsilt |
| Examineur | M. LABDAOUI Djamel | MCB | Université Mostaganem |

Année Universitaire : 2019/2020

REMERCIEMENTS

Je remercie **Pr. BEKADA. A** d'avoir accepté de m'encadrer et pour sa patience et ses précieux conseils.

Je remercie mon examinateur **Dr AIT SAADA. DJ** d'avoir accepté de présider ce jury.

Je remercie mon examinateur **Dr LABDAOUI. DJ** d'avoir accepté de juger mon travail.

Je remercie tous les enseignants du département d'Agronomie de l'université **ABD EL HAMID IBN BADIS de MOSTAGANEM.**

Enfin, Je n'oublie pas de remercier tous les amis et collègues pour leur aide et leurs conseils et leurs encouragements.

DÉDICACES

Au plus précieux des trésors, à ma chère mère et mon cher père qui m'ont nourri par leur amour, leur tendresse et leur sacrifice, je leur dédie ce travail, le fruit de mes années d'études. Que Dieu le tout puissant les bénisse et les protège.

A tout ma famille **MAHI**.

A mes très chers amis.

A tous les étudiants du département d'Agronomie.

A tous mes collègues et tous ceux qui me connaissent de près ou de loin.

Vous qui me reste encore, et vous qui n'êtes plus, Mon labeur et mon salut Découlent de votre bravoure.

RÉSUMÉ

Cette présente étude consiste à apprécier la qualité des blés utilisés dans l'industrie de transformation céréalière particulièrement la transformation du blé tendre en farine dans la wilaya de Relizane. Après avoir pris connaissance du blé en farine, des analyses physico-chimiques et technologiques ont été effectuées sur le blé tendre importé et sur la farine. Globalement le blé utilisé durant la transformation et la farine obtenue répondent aux normes fixées par la réglementation algérienne.

Le second objectif consiste à apprécier la qualité technologique des farines de blé tendre. Les résultats obtenus ont révélé que les farines issues du blé tendre sont de bonne qualité et globalement conformes aux normes Algériennes, à l'exception de l'activité amylasique qu'il faudrait corriger.

Mots clés : blé tendre, farine, qualité physico-chimiques, qualité technologiques

ABSTRACT

This present study consists in assessing the quality of the wheat used in the cereal processing industry, particularly the transformation of soft wheat into flour in the wilaya of Relizane. After learning about wheat flour, physico-chemical and technological analyzes were carried out on imported soft wheat and on flour. Overall, the wheat used during processing and the flour obtained meet the standards set by Algerian regulations.

The second objective is to assess the technological quality of common wheat flour. The results obtained revealed that the flours obtained from soft wheat are of good quality and generally comply with Algerian standards, with the exception of the amylase activity which should be corrected.

Key words: soft wheat, flour, physicochemical quality, technological quality

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم جودة القمح المستخدم في صناعة معالجة الحبوب ، وخاصة تحويل القمح اللين إلى دقيق في ولاية غليزان. بعد التعرف على دقيق القمح ، تم إجراء التحليلات الفيزيائية والكيميائية والتكنولوجية على القمح اللين المستورد وعلى الدقيق. بشكل عام ، القمح المستخدم أثناء التصنيع والدقيق الذي يتم الحصول عليه يفي بالمعايير التي تحددها ..اللوائح الجزائرية

الهدف الثاني هو تقييم الجودة التكنولوجية لدقيق القمح العادي. أظهرت النتائج المتحصل عليها أن الدقيق الذي تم الحصول عليه من القمح اللين ذو نوعية جيدة ويتوافق بشكل عام مع المواصفات الجزائرية ، باستثناء نشاط الأميليز الذي يجب تصحيحه

الكلمات المفتاحية: القمح اللين ، الطحين ، الجودة الفيزيائية الكيميائية ، الجودة التكنولوجية

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Composition comparée de différentes parties du grain

Tableau 2 : Composition glucidique des différentes parties du blé

Tableau 3 : Composition de blé en minéraux

Tableau 4 : La composition biochimique de la farine du blé tendre

Tableau 5 : Caractéristiques physico- chimiques de la farine du blé tendre

Tableau 6 : Caractéristiques physico- chimiques de la farine du blé tendre

Tableau 7 : Les types de farine

Tableau 8 : Les équipements de nettoyage

Tableau 9 : Teneur en impuretés dans l'échantillon de blé

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Structure du grain de blé tendre.....

Figure 2 : Coupe d'un grain de blé.....

Figure 3 : Modèle général d'alvéographe de Chopin.....

LISTE DES ABRÉVIATIONS

M.S : Poids sec.

W : Travail de déformation.

FAO : Organisation Mondiale de l'Alimentation et de l'Agriculture,

* Food and agriculture organisation *

N A : Norme algérienne.

G : Gonflement.

P/L : Rapport de *P : la ténacité de la pâte*, *L : longueur*.

GMD : Grands moulin de Dahra.

ISO : Organisme Mondiale de Normalisation.

Sommaire

| | |
|--------------------|---|
| Introduction | 1 |
|--------------------|---|

Partie 1 : Etude Bibliographique

Chapitre 1 : Généralité sur le blé tendre

| | |
|--|----|
| 1. Importance du blé | 3 |
| 2. Historiques et origine du blé tendre (<i>Triticum aestivum</i>)... .. | 3 |
| 3. Production du blé mondiale et en Algérie | 5 |
| 4. Structure et composition chimique et biochimique du grain de blé tendre | 6 |
| Structure du grain | 6 |
| Enveloppe | 7 |
| Amande farineuse | 7 |
| Germe | 7 |
| Composition chimique et histologique | 8 |
| 5. Transformation du blé tendre en farine | 9 |
| Parcours du grain de blé | 9 |
| Nettoyage du grain | 9 |
| Etapas de la mouture | 9 |
| Broyage | 10 |
| Claquage | 10 |
| Convertissage | 10 |

Chapitre 2 : Généralité sur la farine du blé tendre

| | |
|--|----|
| 1. Farine du blé tendre | 11 |
| 2. Composition chimique de la farine du blé tendre | 11 |
| Amidon | 12 |
| 2.2. Eau | 13 |
| Protéines | 13 |
| Protéines métabolique (Albumines et Globulines) | 14 |
| Protéines de réserve (protéines du gluten) | 14 |
| Matières minérales | 15 |
| Pentosanes | 15 |
| Lipides | 16 |
| Lipides libres | 16 |
| Lipides liées | 16 |

| | |
|---------------------------------------|----|
| Vitamines..... | 16 |
| Enzymes..... | 16 |
| Protéases..... | 16 |
| Lipases..... | 17 |
| Amylases..... | 17 |
| 3. Caractéristiques de la farine..... | 17 |
| Caractéristique organoleptique..... | 17 |
| Essai au touché..... | 17 |
| Odeur..... | 17 |
| Saveur..... | 17 |
| Couleur..... | 18 |
| Caractéristique physico-chimique..... | 18 |
| Taux de protéine..... | 18 |
| Taux d'humidité..... | 18 |
| Taux d'amidon..... | 18 |
| Caractéristique technologique..... | 18 |
| Test de Pelshenke..... | 18 |
| Test de sédimentation (SDS)..... | 18 |
| Test de gluten humide et sec..... | 19 |

Partie 2 : Etude Expérimentale

Objectif de l'étude

| | |
|--|----|
| Matériel et Méthodes..... | 31 |
| 1- Analyses effectuées..... | 31 |
| 3.1. Teneur des impuretés..... | 32 |
| 3.2. Teneur en eau..... | 32 |
| 3.3. Le poids à l'hectolitre (PHL)..... | 33 |
| 3.4. Le poids de 1000 grains..... | 33 |
| 3.5. Détermination de la teneur en amidon..... | 34 |
| 3.6. Détermination de la teneur en protéines..... | 34 |
| 3.7. Indice de zeleny (indice de sédimentation)..... | 35 |
| 3.8. Détermination de l'activité amylasique (indice de chute)..... | 35 |
| 1-2-Analyses technologiques..... | 36 |
| 1-2-1-Mouture d'essai..... | 36 |
| Dosage de gluten..... | 37 |
| Essais alvéographiques..... | 39 |

| | |
|------------------------------|----|
| Résultats et discussion..... | 40 |
| Conclusion..... | 53 |
| Références bibliographiques | |

Introduction

Les céréales fournissent 57 % de protéines consommées contre 23 % apportées par les tubercules et les légumineuses ainsi que 20 % par les produits d'origine animale (Godon, 1982). La filière meunière revêt d'une importance capitale et stratégique dans l'économie nationale. Les céréales et dérivés représentent aussi bien en volume qu'en valeur la part la plus importante dans la production agroalimentaire, les importations agroalimentaires, la transformation des produits agricoles. Elle constitue également la ration alimentaire la plus importante de l'algérien.

Si les industries agroalimentaires représentent la première industrie de transformation en Algérie hors hydrocarbure, la technologie de transformation des céréales occupe la plus importante dans la branche agroalimentaire nationale. Les céréales et dérivés se situent au centre de la problématique de la sécurité alimentaire. La gestion et le redéveloppement de ce secteur ont une préoccupation permanente des pouvoirs publics.

Dans l'industrie agro-alimentaire, la transformation des céréales occupe une place stratégique, elle contribue à assurer la plus grande couverture des besoins de l'humanité, l'établissement fonctionnant conformément aux exigences de l'économie moderne doit trouver des moyens qui pourraient lui permettre d'abaisser le coût de fabrication en cherchant les possibilités de valorisation de ces produits en vue d'augmenter le rendement et de bénéficier leur apports nutritionnels, aussi les consommateurs exigent de plus en plus des produits plus élaborés .

Chapitre I Généralités sur le blé tendre

1. Généralités sur les céréales

Une céréale est une plante cultivée principalement pour ses grains, c'est-à-dire ses fruits (caryopse), utilisés dans l'alimentation humaine et des animaux domestiques, souvent moulus sous forme de farine raffinée ou plus ou moins complète, mais aussi en grains entiers (ces plantes sont aussi parfois consommées sous forme de fourrage). Le terme « céréale » désigne aussi spécifiquement les grains de ces plantes.

Au début du XXI^e siècle, les céréales fournissent la majeure partie (45 %) des calories alimentaires de l'humanité.

En botanique, les céréales regroupent des plantes de la famille des Poacées (ou Graminées). Certaines graines d'autres familles botaniques sont parfois communément appelées céréales, telles que le sarrasin (Polygonacées), le quinoa et l'amarante (Chénopodiacées) ou le sésame (Pédaliacées). Toutefois, n'étant pas des Poacées, ces dernières ne sont pas des céréales au sens strict, et on leur donne souvent le nom de pseudo-céréales.

Leur nom vient du latin *cerealis*, qui fait référence à Cérès, déesse romaine des moissons. On le trouve aussi dans l'épithète spécifique du seigle : *Secale cereale*.

2. Définition de blé

« Blé » est un terme générique qui désigne plusieurs céréales appartenant au genre *Triticum*. Ce sont des plantes annuelles de la famille des graminées ou Poacées, cultivées dans de très nombreux pays. Le mot « blé » désigne également le « grain » (caryopse) produit par ces plantes.

Le blé fait partie des trois grandes céréales avec le maïs et le riz. C'est, avec environ 700 millions de tonnes annuelles, la troisième par l'importance de la récolte mondiale et, avec le riz, la plus consommée par l'homme. Le blé est, dans la civilisation occidentale et au Moyen-Orient, un composant central de l'alimentation humaine. Deux espèces de blé ont été domestiquées au Proche-Orient à partir de deux blés sauvages. Sa consommation remonte à la plus haute Antiquité. Les premières cultures apparaissent au VIII^e millénaire av. J.-C., en Mésopotamie et dans les vallées du Tigre et de l'Euphrate (aujourd'hui l'Irak), dans la région du Croissant fertile.

2.1. Taxonomie

Règne végétal

Sous-règne : *Tracheobionta*

L'embranchement : *Magnoliophyta*

Classe : *Liliopsida*

Ordre : Cyperales

Famille : *Poaceae*

Genre : *Triticum*

Espèces : *Triticum durum* (Blé dur)

Triticum aestivum (blé tendre)

3. Les types de blé

3.1. **le blé dur** (*Triticum turgidum subsp. durum*), surtout cultivé dans les régions chaudes et sèches (sud de l'Europe comme le sud de la France et de l'Italie). Le blé dur, très riche en gluten, est utilisé pour produire les semoules et les pâtes alimentaires ;

Plus de 150 variétés sont inscrites au Catalogue officiel français des espèces et variétés créés par 10 entreprises de sélection et plus de 500 au Catalogue européen.

Quelques variétés cultivées en France: Acalou, Actisur, Akenaton, Alexis, Anvergur, Argelès, Augur, Byblos, Chistera, Cordeiro, Duetto, Floridou, Joyau, Luminur, Pescadou, Pharaon, Sachem, Tablur.

3.2. **le blé tendre ou froment** (*Triticum aestivum*), de loin le plus important, est davantage cultivé sous moyennes latitudes (France, Canada, Ukraine). Il est cultivé pour faire la farine panifiable utilisée pour le pain. Ses grains se séparent de leurs enveloppes au battage. Communément dénommée blé tendre ou tout simplement blé, cette espèce a connu une très grande dispersion géographique et est devenue la céréale la plus cultivée, suivie par le riz et le maïs. Il en existe d'innombrables variétés de par le monde. La sélection moderne, commencée à la fin du XIX^e siècle par Henry de Vilmorin, s'est concentrée sur trois critères : la résistance aux maladies et aux aléas climatiques, la richesse en protéines, notamment le gluten pour la

panification, et bien entendu le rendement. Cette sélection a eu comme contre-coup la quasi-disparition des blés barbus : le gène étant récessif, les nouveaux blés issus de croisements entre blés barbus et blés nus perdent rapidement ce caractère.

4. Morphologie et anatomie du grain de blé

4.1. Morphologie

Il appartient à la famille des graminées, de forme ovoïde et plus ou moins allongée, son examen révèle :

- Une face dorsale plus ou moins bombée.
- Une face ventrale comportant un sillon profond.
- A la partie supérieure, on trouve de courts poils qui forment la brosse.

Le grain de blé varie beaucoup dans sa forme, ses dimensions et sa couleur. Sa couleur varie du roux au blanc.

4.1.1. Structure

La coupe longitudinale d'un grain de blé permet de distinguer trois parties essentielles (figure 2):

4.1.1.1. Les enveloppes

Elles se composent de plusieurs couches de cellules superposées. Elles constituent 12 à 17% du poids total du grain. Elles protègent le grain de blé contre les différentes détériorations externes. En allant de la périphérie du grain vers son centre, on distingue :

Le péricarpe, paroi externe, renferme 3 à 6 % des enveloppes (31% du poids des enveloppes). Il comprend l'épicarpe, le mésocarpe et l'endocarpe.

Le tégument séminal ou testa qui représente 2 à 3 % des enveloppes (7 à 8% du poids des enveloppes).

La bande hyaline et l'assise protéique (ou couche aleurone), intimement soudées et adhérentes, constituent 5 à 10 % des enveloppes (61 à 62 % du poids des enveloppes).

4.1.1.2. L'endosperme (albumen ou amande du grain) représente 80 à 82 % du poids total du grain de blé. Elle est formée de grandes cellules allongées remplies de grains d'amidon de différentes déformations, enchâssées dans un réseau protéique appelé « gluten ». C'est la partie alimentaire du grain qui donnera de la farine ou de la semoule. L'amande est

farineuse dans le cas du blé tendre, et vitreux dans le cas du blé dur (sauf grain de blé mitadiné).

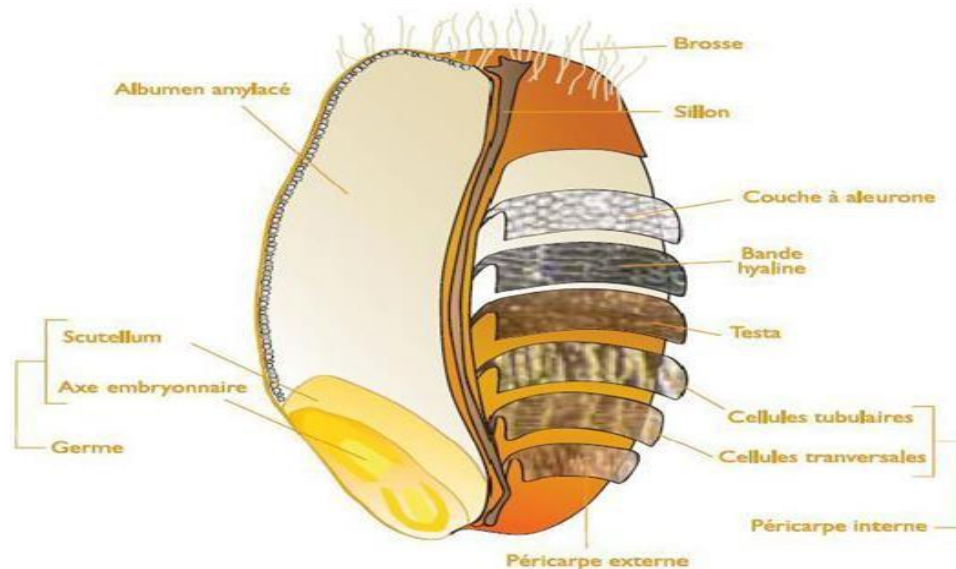


Figure 1 : Structures du grain de blé tendre

4.1.1.3. Le germe

C'est l'embryon de la future plante, il constitue 2 à 3 % du poids total du grain de blé. Il se situe à l'extrémité du sillon (face dorsale) de couleur jaune verdâtre. Il a une odeur et une saveur agréable de noisette. Le germe est riche en vitamines et matières minérales, il renferme également des matières grasses et des protéines. Il est la cause de la coloration de fond jaunâtre aux farines lors de la mouture. Le germe contient également de diastases (enzymes) nécessaires aux farines.

4.2. Composition chimique du grain de blé

La composition varie quantitativement en fonction de la variété, l'espèce, le climat, le sol, et les techniques culturales (figure 2).

4.2.1. Composition chimique de différentes parties du grain de blé

Tableau 1 : Composition comparée de différentes parties du grain

| Parties du grain | %Respectif dans grain | Composition en % de différentes parties | | | | |
|--------------------------------|-----------------------|---|---------------|---------|---------|-------------|
| | | Protéines | Fibrés brutes | Lipides | Cendres | Eau |
| Grain | 100 | 12 et souvent sup à 12 | 4 | 2 | 1,5 à 2 | 14,5 à 15,5 |
| Ecorce (sans assise protéique) | 9 | 5 | 21 | 1 | 3 | |
| Assise protéique | 8 | 18 | 7 | 9 | 16 | |
| albumen | 80 | Sup 10 | 0,5 | 1 | 0,5 | |
| germe | 3 | 26,5 | 3 | Sup 10 | 4,5 | 12 |

La teneur en eau est régulée dans les silos en fonction du temps de stockage. D'après le tableau, il apparaît que :

-L'écorce est riche en fibres brutes (celluloses et lignine) et assez richement minéralisée.

-L'assise protéique ou couche à aleurone (substance protéique de réserve), formée de cellules cubiques est la plus remarquable par son apport en protéines, lipides, minéraux et vitamines B₁, B₂ et ²/₃ des vitamines B₆, PP du grain).

-Le germe contient également de proportion importante en protéines, lipides et matières minérales.

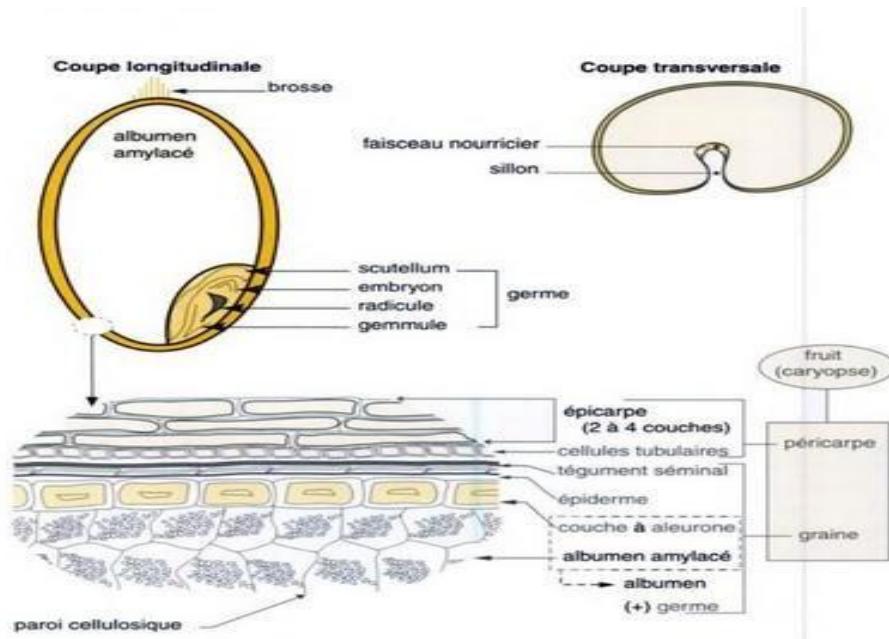


Figure 2 : Coupe d'un grain de blé

5.2. Les Différents constituants du grain de blé

Intérêt technologique et nutritionnel.

5.2.1. Glucides : Ce sont les constituants les plus importants du grain du point de vue quantitatif (tableau 2).

Tableau 2 : La composition glucidique des différentes parties du blé.

| Glucides Parties du grain | Amidon % | Sucre % (glucose, fructose, saccharose et raffinose) | Fibres végétales % |
|------------------------------|----------|--|--------------------------|
| Grain | 58,5 | 1 | 6,5 |
| Ecorce | 15 à 19 | 2 à 3 | 33 |
| Amande | 68 à 72 | 0,5 | 2 |
| Germe | 13 | 14 saccharoses – 5,9 raffinose | 8 |

Du point de vue technologique, cette fraction glucidique a un triple rôle :

-Elle a un rôle non négligeable dans les caractéristiques mécaniques de la pâte et la texture du pain.

-Elle intervient par sa réaction avec les protéines dans la formation de la couleur, de l'odeur et de la saveur (réaction de Maillard).

-Elle constitue la source d'aliments, hydrocarbonée nécessaire, à la levure au cours de la fermentation panariaire.

-Lors de la germination, elle constitue une réserve nutritionnelle pour la future plante. Cette fraction comprend plusieurs composants dont les plus importants sont :

L'amidon : Il se présente sous forme d'une poudre blanche, inodore et insipide, qui au microscope est constitué de petits grains de taille variable (2 à 30 µm).

Ces granules seront plus ou moins endommagées lors de la mouture.

L'amidon est non seulement une source de glucides fermentescibles, mais aussi une substance colloïdale à poids moléculaire élevé. L'une de ces principales caractéristiques est l'absorption d'eau qui sera plus marquée avec les grains endommagés.

4.2.2. 2. Protéines

5.2.2.1. Répartition et localisation des protéines dans le grain

Les protéines ne sont pas réparties de façon uniforme dans le grain, formée de plusieurs parties du point de vue morphologique et fonctionnel. Ainsi, la couche à aleurone est constituée de 30 à 35% de protéines, le germe de 35 à 45% alors que le péricarpe ne contient que 6 à 7% des protéines et le centre de l'albumen amylicé 6 à 9% seulement. Globalement et compte tenu de l'importance pondérale relative de ces différents tissus, 87% des protéines se trouvent dans l'albumen et la couche à aleurone.

5.2.2.2. Différents groupes de protéines

De tout le matériel protéique du grain, les haloprotéines sont quantitativement et qualitativement les plus importants. C'est l'œuvre considérable d'Osborne qui a permis de dégager les notions fondamentales sur les constitutions des protéines végétales en général, des protéines des céréales en particulières. Ce sont les caractères de solubilité qui sont permis de définir et de distinguer quatre groupes de protéines du grain.

Les albumines solubles dans l'eau et les globulines solubles dans les solutions salines souvent regroupées sous le terme protéines solubles.

Les gliadines solubles dans l'éthanol 70% les gluténines protéines résiduelles solubles dans les acides et les bases diluées, regroupées sous le terme de protéines de réserve.

Les albumines et globulines forment les protéines cytoplasmiques présentes en faible quantité (15 à 20% des protéines de la farine) sont constituées de nombreuses protéines de réserve de l'albumen.

5.2.2.3. Composition en acides aminés

Les protéines cytoplasmiques sont plus riches en lysine et en tryptophane que les protéines de réserve. Les globulines témoignent la présence des lipides et des acides nucléiques.

Les albumines contiennent autant de substances non protéiques que de substances protéiques.

Les protéiques de réserve et en particulier les gliadines sont les mieux pourvues en acides glutamiques ainsi que les gliadines se distinguent par leur richesse en proline. Leur agrégation est favorisée par le groupe amide de la glutamine. Les gluténines sont associées à un taux appréciable de lipides (Feuillet 1965).

Les gliadines constituent la fraction la plus pure avec seulement quelque % de pigments caroténoïdes et flavones.

La cystéine offre par l'intermédiaire de son groupement thiol des possibilités de liaisons covalentes intra et intermoléculaire.

5.2.2.4. Rôle des fractions protéiques

Leur présence pour la formation de la pâte est indispensable (Morley, 1938) précise qu'en dessous de 7,5% de protéines dans les mélanges de farine et d'amidon, on ne peut pas obtenir de développement de la pâte. L'hydratation de la farine provoque la formation instantanée d'un réseau de fibrilles protéiques. Les albumines et les globulines ont des effets sur la rétention gazeuse et le volume du pain. Cette fraction soluble à l'eau semble importante pour maximiser les performances du gluten au cours de la cuisson du pain, tandis que les protéines du gluten participent à la formation de la pâte.

Les gliadines expriment leur qualité par leurs effets sur le volume du pain. Les gluténines ont une influence sur la capacité d'hydratation des farines et sur la ténacité de la pâte.

5.2.2.5. Facteurs modifiants la composition protéique du grain de blé

Plusieurs facteurs sont susceptibles de modifier les proportions respectives des protéines. Les facteurs génétiques et agronomiques peuvent exercer une action sensible sur la composition en acides aminés des grains de blé (Bourdet, 1954). Ainsi, la détermination quantitative de certains acides aminés dans les blés a permis de constater que la nature du sol, la fumure et le climat modifient les teneurs en acides aminés soufrés (cystéine – méthionine) sans affecter les teneurs en lysine et acide glutamique (Miller et al., 1950).

Guynet, (1982) cité par (Briston et *al.*, 1985) constate que si une fumure azotée exagérée augmente la teneur globale de protéine, cette augmentation porte surtout sur la gliadine et les protéines solubles et pratiquement pas sur la gluténine, ce qui fait perdre à la pâte sa ténacité par suite de l'augmentation unilatérale de l'élasticité, ce qui peut devenir un défaut. Dans ces conditions la pâte supportera moins le pétrissage intensif et aura tendance au collage.

5.2.2.6. Les propriétés réactionnelles des protéines de blé

Plusieurs travaux ont montré que les protéines participent à la qualité technologique de la semoule ou de la farine au cours de leurs interactions dans la pâte par des réactions d'oxydoréduction (Bloksma, 1972) cité par (Courvoisier, 1984) attribue aux ponts dissulfure la propriété de cohésion élastique des pâtes de la farine. Les groupements thiol (S-H) conduisent par oxydation la formation de pont dissulfure (S-S), ce qui durcit la pâte. Les propriétés rhéologiques des pâtes dépendent en grande partie des réactions d'échange entre les groupements thiols et les ponts S-S.

Durant le pétrissage de la pâte, les protéines sont étirées et comprimées, les réactions réversibles d'oxydoréduction ($\text{SH} \rightleftharpoons \text{S-S}$) participent à ce travail selon JONES et CALL (1974) constatent que seulement 3% des groupements S-S et S-H influencent les propriétés rhéologiques de la pâte. Ce faible pourcentage serait le fait de faible molécule (cystéine, Glutathion) libérée durant pétrissage qui participe aux réactions d'échanges entre (S-S) et (S-H). Les liaisons non covalentes (liaisons H_2 , hydrophobes et hydrophiles) participent à la cohésion du gluten.

5.2.3. Gluten du blé

5.2.3.1. Définition et composition

Le gluten est complexe protéique viscoélastique constitué d'un mélange hétérogène de gliadines et de gluténines associées par des liaisons covalentes (S-S) et non covalentes (hydrogène, hydrophobes et ioniques), obtenue par lixiviation sous un mince filet d'eau d'un pâton de pâte.

Il contient des protéines (75 – 85 %), des lipides (5-7%) , de l'amidon (5 – 1%) et de l'eau (5-8%) , mais aussi des sucres réducteurs , la cellulose et des matières minérales en proportions faibles , participent également à sa composition.

7-2-3-2- Structure du gluten

Du point de vue physique, le gluten se caractérise à l'état hydraté par ses propriétés de cohésion, d'élasticité et d'extensibilité.

La structure du gluten (réseau protéique) joue un rôle important dans la fabrication de la pâte puisque la surface de contact de 1 gramme de gluten est estimée à 100 m² environ (Bure, 1980).

Le gluten se forme au cours du pétrissage par l'établissement de diverses liaisons (hydrogène, dissulfures et interaction hydrophobes) entre les gliadines et les gluténines pour donner naissance à une masse viscoélastique.

Selon Wall et Huebner, (1981), La cohésion et l'élasticité du gluten sont dues à la tendance qu'ont les différentes protéines constitutives du gluten à s'associer. Les gluténines très fortement agrégées, contribuent à la résistance du gluten alors que les gliadines, moins fortement associées facilitent la déformation. D'autres auteurs ont mis en évidence l'intervention des lipides dans les propriétés technologiques des pâtes.

7-2-3-3-Etudes rhéologiques du gluten

Le rôle des protéines de réserve sur la qualité technologique a été démontré depuis longtemps, ce qui a entraîné à l'élaboration de nombreuses méthodes destinées à apprécier les propriétés du gluten. De nombreuses méthodes ont été proposées pour apprécier les propriétés du gluten.

Depuis plus de cinquante ans, les technologies des industries des céréales utilisent des méthodes empiriques pour caractériser les propriétés rhéologiques des pâtes de farine à l'aide d'appareils tels qu'Alvéographe Chopin, le farinographe et l'extensiographe Brabender.

Ces appareils sont mis au point pour mesurer la résistance du gluten à la compression suite à l'application d'une charge par relais temporisé.

Le développement de l'instrumentation rhéologique a permis de disposer d'appareils commerciaux polyvalents et performants appropriés à de telles études. Le viscoélastographe (Feillet et *al.*, 1977) qui permet d'apprécier les propriétés viscoélastiques du gluten et des pâtes alimentaires.

7-2-4-Lipides

Les lipides sont très hétérogènes et rassemble diverses substances hydrophobes, leur transport plasmique se fait sous forme de lipoprotéines.

Les grains de blés sont pauvres en lipides : ils en contiennent seulement 2% et ceux-ci sont essentiellement localisés dans le germe et l'assise protéique.

7-2-5- les minéraux

En dehors des principaux éléments constitutants du grain : glucides, lipides et protéines, les grains de blé contiennent des qualités variétales d'éléments minéraux dont plusieurs jouent un rôle considérable dans l'organisme humain.

On distingue des éléments minéraux majeurs (macroéléments) Ca, P, Na, K, Cl et Mg que l'on qualifie de plastique car ils participent particulièrement à l'architecture de l'organisme et des oligoéléments (élément de targes) dont leur rôle est essentiellement catalytique. Le grain de blé contient 5% de minéraux localisés dans les enveloppes (tableau 3).

Tableau 3 : Composition de blé en minéraux

| Minéraux | Teneurs |
|----------------------------|----------------|
| Phosphore en (mg /100g) | 300 |
| Potassium en (mg/100g) | 450 |
| Magnésium en (mg/100g) | 140 |
| Calcium en (mg/100g) | 40 |
| Sodium en (mg/100g) | 3 |
| Oligoéléments | |
| Fer en (mg/100g) | 5 |
| Zinc en (mg/100g) | 4,1 |
| Cuivre en mg/100g) | 0,6 |
| Sélénium en (µg/100g) | 100 |

7-2-6-les enzymes

Bien que de masse pondérale infiniment réduite, ces substances jouent un rôle non négligeable dans la vie du grain de blé et de farine, car leur puissance d'action est énorme. Les

céréales sont douées d'un certain nombre d'enzyme qui permettent leur germination et leur développement u cours de la culture. Les enzymes les plus importants en technologie des céréales sont celles qui provoquent la dégradation des protéines, les lipides et les glucides

Les glucidases

- La béta-amylase, qui transforme l'amidon en B-maltose, est la plus important des diastases du grain de blé. Elle se trouve dans le grain sain normal, elle est inactivée par la chaleur et par conséquent a principale action a lieu pendant la fermentation.

-Alpha-amylase, qui transforme l'amidon en dextrines ne se rencontre que dans le blé germé. Elle est stable à la chaleur et peut survivre à des hautes températures 70 à 80°C.

- **Les enzymes protéolytiques**

Elles sont mal connues, mais leurs effets ont été fort étudiés par la formation des acides aminés de dégradation .Elles sont activées par le glutathion et la cystéine.

- **Les lipases et lipoxygénases**

Ces enzymes agissent sur les lipides en altérant le produit considéré. L'action de la lipase sur les lipides entraîne la libération des acides gras libres insaturés, ce qui peut provoquer l'altération du produit.

La lipoxygénase catalyse l'oxydation par l'oxygène moléculaire, la béta-xanthophylle responsable des pigments jaunes (caroténoïde) de la semoule.

7-2-7-Les vitamines

La seule vitamine liposoluble présente est la vitamine E : 1,4mg pour 100 grammes. La vitamine c'est quasi absente. Le blé une source intéressante en vitamines du groupe B Pour 100 g ,les teneurs ont : B₁(thiamine) 0,48mg ;B₂ (riboflavine) 0,20mg ;B₃ (niacine) 5,1 mg ;B₆ 0,5mg et B₉ 50µg. Les vitamines sont inégalement réparties dans le grain de blé : B₁ est présente pour les ²/₃ dans le scutellum associé au germe, la B₃ 0,80% dans l'assise protéique et E surtout dans le germe. Au cours du stockage ces vitamines disparaissent de même qu'à la cuisson.

7-2-8-Fibres alimentaires végétales

Les enveloppes ont particulièrement riches en fibres, lignine, cellulose et hémicellulose, d' où l'intérêt diététique des pains issus des farines complètes, du son et des pains au son .Au cours de

la cuisson, les hémicelluloses de types pentosanes (polysaccharides à base de xylose et arabinose), favorisent les propriétés de gonflement et la capacité d'absorption et de rétention d'eau, c'est-à-dire formation d'un gel. Une partie des hémicelluloses est soluble dans l'eau liée aux pectines, l'autre partie est insoluble.

7-2-9- L'eau

L'eau est un constituant instable et son taux susceptible de varier dans le temps, par suite des échanges avec l'atmosphère, ou entre les particules constituant le produit (**I. T .C.F**, 1995). Un taux d'humidité inférieur à 14 % prolonge la durée de conservation sans risque d'altération par les micros –organismes (BOULEGHIE et OUABED, 2002).

8-L es caractéristiques physico- chimiques et technologiques du blé

La qualité du blé repose sur deux critères principalement : la valeur meunière et la valeur boulangère.

8-1-La valeur meunière

Cette valeur donne une indication sur la valeur d'utilisation d'un blé :

8-1-1- L'humidité

L'humidité est contrôlée pour quatre intérêts principaux :

- **Intérêt technologique** : pour la détermination rationnelle des opérations de récolte ; de séchage ; de stockage et dans transformation industrielle.
- **Intérêt analytique** : pour rapporter les résultats des analyses une base fixe (matière sèche).
- **Intérêt commercial et réglementaire** : des contrats commerciaux et les normes réglementaires fixant un seuil de teneur en eau à partir du quel sont appliqués des bonifications et des réfractions.
- **Intérêt de conservation des grains** : c'est-à-dire l'augmentation de l'humidité sur le stockage des grains qui influe négativement par le développement des moisissures et des insectes.

8-1-2-Poids spécifique ou poids à l'hectolitre (Phl)

Représente le poids du blé présent dans un volume de 100 litres ; c'est un critère de commercialisation des blés.

De très nombreux facteurs influent profondément sur le poids à l'hectolitre d'un blé : son humidité, sa propreté considéré sous l'angle des impuretés : pailles, balles, grains étrangère et son état de conservation.

8-1-3-Les impuretés

Ce sont les grains de blé tendres endommagés et tous les éléments non organiques et organiques, autres que les grains de blé tendres ainsi que :-la poussière, les pierres, des morceaux de métal et des grains d'autres céréales ...etc.

L'augmentation de la qualité de ces impuretés perturbe la mouture et abaisse la valeur boulangère de la farine.

8-1-4-Le poids de 1000 grains

Indique la grosseur des grains et donc la qualité d'amande que la meunière pourra transformer en farine .Ce test est intéressant est peu utilisé dans la transaction.

8-1-5-Le taux de cendres

Il est sous la dépendance de plusieurs facteurs, le génotype, la disponibilité du sol en minéraux, l'ensoleillement, et le taux d'extraction. Les cendres sont les résidus d'incinération du produit dans des conditions bien définies (Mause, 1980).

8-1-6-Le taux d'extraction

C'est la qualité de farine obtenue : elle provient du grain et représente environ 75% du poids du grain. Le taux d'extraction est influencé par :

-Le génotype de la variété.

-La conduite de la mouture (Clavel, 1980).

8-2-La valeur boulangère

La valeur boulangère d'après Clavel de l'école meunerie Française, représente les aptitudes d'un blé ou d'une farine à donner de beau et bon pain .Elle peut déterminer par :

8-2-1-La force boulangère

Le travail (W) est en relation avec les qualités plastique de la pâte qui est étroitement liées avec la qualité du gluten ; c'est un indice essentiel de la valeur boulangère d'une farine.

8-2-2-Le taux de gluten

C'est un complexe protéique insoluble dans l'eau salée. Il constitue l'armature de la pâte et lui communique ses propriétés rhéologique.

8-2-3-La teneur en protéines

La qualité de protéines du blé par son intérêt nutritionnel reste le principal critère dans les transactions commerciales pour avoir du bon pain, il ne s'agit pas seulement d'avoir une bonne teneur en protéines mais aussi d'une bonne qualité.

8-2-4-La valeur fermentative

La production gazeuse qui se produit durant la fermentation panair, est liée à la qualité de sucre préexistante et à la bonne marche de l'amylolyse. Cette dernière est liée à la teneur de la farine en amylases et aux conditions dans lesquelles elle développe (température ; acidité du milieu ...etc.).

9-Entreposage du grain de blé et stockage

Les conditions d'entreposage sont importantes car les grains de blé sont conservés dans de mauvaises conditions, il y a un risque de germination et de prolifération de moisissures.

La teneur en eau des grains la plus favorable pour l'entreposage est de 10 à 15%. Afin d'obtenir un taux d'humidité correct, il est parfois nécessaire que les grains de blé subissent un séchage par ventilation d'air chaud.

Mais la température à laquelle s'effectue ce séchage ne doit pas dépasser 65°C si non il y a un début d'altération des protéines du gluten, et de destruction des enzymes nécessaires pour la panification.

Les grains sont en suite entreposés (stockés) dans les silos hermétiques soit métalliques soit en ciment, ou ils sont l'abri du froid, de la chaleur et de l'humidité (**LAMBALLAIS, 1989**).

Chapitre II

la farine

1-Définition de la farine

La dénomination de la farine, désigne la farine de blé tendre tritium exclusivement la farine. Ce produit que l'on obtient avec la mouture de l'amande du grain de froment que l'on a broyée et nettoyée (CALREL, 1975).

2-Composition biochimique de la farine

Le tableau 4 ci-dessous résume la composition biochimique d'une farine.

Tableau 4 : Composition biochimique d'une farine

| Fraction | Teneurs en % |
|--------------------|---|
| Humidité | 14-16 |
| Matières azotées | 8-12 (dont 7à 10) |
| Matières minérales | 0,45-0,6 |
| Matières grasses | 1,2-1,4 |
| Acidité | 0,02-0,05 |
| Sucres | 1-2 |
| Amidon | 60-72 |
| Matières cellulose | Traces |
| Diastase | Plusieurs diastase sont présentes dont le B amylase et la plus important. |
| Vitamines | De groupe B –PP et E |

3-Composition de la farine

3-1-L'eau

Moins de 16% le taux d'humidité de la farine est un facteur important de conservation et de stockage.

3-2-Sucre (glucides)

Représente 1 à 2% en faible proportion, mais il joue un rôle important dans la fermentation.

3-3-Gluten (protides ou protéines)

Représente 8 à 12% le gluten se trouve uniquement dans le grain de blé. A l'état naturel, dans L'amande, il ne s'appelle pas gluten : ce sont deux matières la gliadine et la glutamiques qui associées à l'eau produisent le gluten.

3-4-Amidon (glucides)

Représente 60 à 72% A l'état naturel, dans l'amande, il se présent sous forme d'un poudre composée de granulés de tailles différentes. Lorsque l'amande est chauffée à 60°C, il se présente sous la forme d'une masse gélatineuse transparente et collante (l'empois d'amidon). L'amidon ne se dissout pas dans l'eau froide, ni dans l'alcool ni dans l'éther.

3-5-Matières grasses (lipides)

Représente 1,20 à1, 40, la présence des matières grasses influe sur les protéines mécanique de la farine : plus une farine contient de matière grasse, mois sa force boulangère est importante. Un excès de matière grasse dans une farine peut avoir de sévères conséquences sur la conservation, car l'acidité produit par la matière grasse ranci et attaque le gluten on le dégradant (**BORNET ,1992**).

3-6-Les protéines

a) Albumine et globuline

Ils sont classiquement considérés comme les seuls constituants des protéines en milieu neutre. Ces protéines solubles représentent 10 à 20% des protéines de la farine. Elles sont toutes à la fois riches en lysine et en arginine. Ils n'ont aucun effet significatif sur la qualité boulangère.

b) Gliadines et gluténines

-Les gliadines : Elles se caractérisent par une forte teneur en acide glutamique et en proline. En revanche, leur teneur en acide aminés basique et faible (**Ksarda et al., 1987**) a montré que les gliadines sont les premiers responsables de l'extensibilité de la pâte, cependant, pour (**Hosney et Finney, 1981**), elles seraient responsables des différences de volume entre les variétés de bonne et mauvaise qualité.

-Les gluténines : C'est la fabrication protéique présentée dans le résidu d'extraction des farines de blé par des solvants tel que l'éthanol et l'acide acétique dilués. Ces gluténines jouent un rôle actif dans l'expression de la qualité boulangère des blés tendre (**Gavtier,1983**). Des études chromatographiques ont montrées que cette fraction protéique

est constituée essentiellement de complexe de haut poids moléculaire (**Huebner et Wal, 1986**).

L'existence de tel complexe repose sur la présence de liaison désulfures et D'interaction hydrogène et hydrophobe. La teneur en gluten est de 7 à 10% pour la farine ordinaire et de 12 à 15% pour la farine de force (**Michel, 1988**).

Les protéines de blé, comme celle des autres céréales, ont une teneur trop faible en acides aminés indispensables et en particulier en lysine. Les teneurs les plus courantes sont de l'ordre de 3g de lysine pour 16 g d'azote qui correspond à environ 100g de protéine.

3-7-Matières minérales

Représente 0,45à 0,60% les matières minérales sont peu importantes : Potassium, Phosphore, Magnésium, Soufre, la pureté de la farine se juge d'après sa teneur en résidus minéraux ; les matières minérales de la farine sont le potassium, le magnésium, et soufre. La pureté de la farine se juge d'après sa teneur en résidu minéral. Les matières minérales de la farine apparaissent lorsqu'on calcine de la farine : après calcination, les résidus se retrouvent sous la forme de cendres. Comme les matières minérales existent en plus grande quantité dans les enveloppes du blé, on conclut que moins qu'il y'a de cendres, plus que la farine est pure.

3-8-Les vitamines

Une farine complète de blé tendre contient la totalité des vitamines initialement présentes dans le grain une farine dont le taux d'extraction est de 75 à 80% contient environ 20% de la vitamine (B₆),25% de biotine, 30%d'acide nicotinique (B₁), 55% de l'acide pantothénique (B₁₂) et70% de la vitamine E (**BORNET,1992**). La teneur en vitamine B et notamment en vitamine B décroît très rapidement à mesure que la farine devient plus blanche (**SERVIUE, 1984**).

3-9-Les enzymes

Les enzymes sont présentes en petites quantités dans la farine les plus courantes sont les protéases, les lipases, les lipoïdoses, les amylases, les peroxydases et les catalases (**CHEFTEL, 1977**).

➤ **Les protéases**

Enzymes agissant sur la structure des protéines (**LAHBABI et al., 2004**), leur présence dans la farine est liée à la germination du grain qui n'est pas souhaitable (**GRANDVIONNET et PRAIX, 1994**).

➤ **Les lipases**

Les lipases distribuent les caroténoïdes sous une réaction d'oxydation et entraînent une décoloration du pain qui devient blanche (CHERIET, 2000).

➤ **Les lipoxydases**

Les lipoxydases agissent sur les caroténoïdes par une réaction d'oxydation et entraînent une décoloration du pain qui devient blanche (CHERIET, 2000).

➤ **Les amylases**

Les deux enzymes qui contrôlent la fermentation panairaire sont la β -amylase la présence de la α -amylase étant généralement constante et suffisante seule l'action de l'amylase a besoin d'être contrôlé soigneusement (Feuillet, 2000).

4- Caractéristique de la farine

Selon (DOUMANDJI et al., 2003), les caractéristiques de la farine sont les suivantes :

4-1- Caractéristiques physico- chimiques

4-1-1- Teneur en eau

Le taux d'humidité de la farine est un facteur important de conservation et de stockage (inférieur ou égal à 15,5%) (NA 11-32-1991).

4-1-2- Teneur en cendre

La détermination du taux des matières minérales, principalement réparties dans les enveloppes et les germes, qui donner une indication sur le taux d'extraction pour le meunier 0,67% Tolérance 0,00 (NA 733).

4-1-3- Taux en protéines

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

4-1-4- Acidité

Les mauvaises conditions de conservation s'accompagnent par d'autres phénomènes, d'une dégradation enzymatique des lipides se traduisant par un accroissement de l'acidité du milieu, cette acidification constitue un indice d'altération de la qualité technologique (0,045% tolérance 0,015).

Tableau 5 : Caractéristiques physico- chimiques de la farine de blé tendre (DOUMANDJI et al., 2003)

| Caractéristiques | Farine de blé tendre |
|--|--|
| Teneur en eau % | ≤15 ,5 |
| Teneur en cendre (MS %) | 0,56 -0 ,67 farine courante <0,6 farine supérieur |
| Teneur en protéines (MS %) | >8 |
| Acidité en g/l de H ₂ SO ₄ | 0,045 -0,050 |
| Teneur en lipides (MS %) | <1,4 |

4-2-Caractéristiques technologiques

4-2-1- Indice de ZENELY

Il donne une indication globale sur la quantité et la qualité du gluten, on admet qu'il est en relation avec la force boulanger (22 à 30 /NA 1184 -94).

4-2-2-Indice de chute de HAGERG

Il est utiliser pour déterminer l'activité amylolitique qui peut devenir excessive par la suite de la présence de grains germés ou en voie de germination (180 à 280 secondes /NA 1176).

4-2-3-Essai à l'avéographe Chopin

Les caractéristiques plastiques d'une pâte déterminées par la mesure de **W**, du **G** et du **P/L** .Le **W** représente le travail de déformation de cette pâte et donne une bonne indication de la force boulangère. Le **G** ou indice de gonflement exprime l'extensibilité de la pâte. Le rapport **P/L** traduit l'équilibre entre ténacité et extensibilité.

Tableau 6 : Caractéristiques technologiques de la farine de blé tendre (DOUMANDJI et al. ,2003)

| Caractéristique | Mesure recommandée |
|----------------------------|---|
| Indice de zénelé | >18 22 – 30 (pour la farine panifiable) |
| Gluten sec (MS %) | >8 8 - 10 : boulangerie 7 – 8 : pâtisserie légère 5 – 7 : biscuiteries sèches |
| Indice de chute de HAGBERG | 180 – 280 secondes |
| Alvéographe Chopin | W :>130 (130 – 180 pour la farine panifiable) P/L : 0,46 – 0,65 G :>18(18 – 23 pour la farine panifiable) |

5-Les différents types farines utilisées

C'est par le poids des cendres contenu dans 100 grammes de matières sèche que l'on désigne (GUINET, 2006).

Tableau 7 : Les types de farine (BOULEGHIE et OUABED, 2002)

| Type | Taux de cendre en % MS | Humidité (%) | Taux d'extraction Moyen correspondant |
|-------------|-------------------------------|---------------------|--|
| 45 | Moins de 0,5 | 15,5 | 67 |
| 55 | De 0,5 à 0,6 | 15,5 | 75 |
| 65 | De 0,62 à 0,75 | 15,5 | 78 |
| 80 | De 0,75 à 0,9 | 15,5 | 80-85 |
| 110 | De 1,00 à 1,20 | 15,5 | 85-90 |
| 150 | Plus de 1,4 | 15,5 | 90-98 |

Le chiffre du type indiquant le poids en gramme du résidu minéral contenu dans ces 100 grammes de farine. Il existe un certain nombre de type de farine bien déterminée.

T 45 : Farine blanche utilisée pour la pâtisserie.

T 55 : Farine utilisée pour le pain de campagne.

T65 : Farine blanche sert à faire le pain de campagne, ou tout autre pour dit tradition généralement issue de l'agriculture biologique cette dernière ne contient pas d'acide ascorbique (vitamine C).

T 80 : Farine bise au semi complète utilisée couramment dans les boulangeries biologique sert à faire le pain semi complète.

T 110 : Farine complète.

T 150 : Farine intégrale est utilisée pour la fabrication du pain complet.

Partie Expérimentale

Matériel et méthodes

1. Objectif de l'étude

L'objectif de cette présente étude consiste a effectué certaines analyses physico-chimiques et technologiques du blé importé et la farine issue de ce blé

2. Lieu de l'étude

L'étude a été réalisée au sein du laboratoire d'analyses de la EURL Moulin Tahar Messaoud sise 92 Zone industrielle de BELACEL (Wilaya de Relizane).

3. Processus technologique de transformation du blé tendre

3.1. Réception, échantillonnage et stockage de blé tendre

La réception de la matière première est contrôlée quantitativement par un pont bascule. Ensuite le blé tendre est acheminé vers les silos de stockage.

On utilise une seule machine appelée " Nettoyeur à tambour ", son rôle est d'éliminer les grosses impuretés telles que les cailloux, les débris de bois, les pigeon morts ...etc.

3.2. Fabrication de farine à partir de blé tendre

La fabrication de farine est réalisée par l'industrie de la meunerie : dont le rôle est l'extraire le maximum d'amande du grain de blé qu'il referme la mouture de blé est déterminée par le taux d'extraction

3.2.1. Nettoyage de blé

C'est la première opération que doit faire la meunerie à le débarrasser des imparités qu'il contient (ergot, les graines étrangères et les graines d'autres céréales, pierres, pièces métalliques, déchets des animaux, insectes, rougeurs). Elle permet d'éliminer les blés malvenus (grains échaudés, ergotés et fusariés). Cette opération est réalisée par des différents des machines mise en œuvre et l'ordre des opérations.

Tableau 8 : Les équipements de nettoyage

| Type de machine | Principe physique | Impuretés éliminés |
|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Aimant• Séparateur +tarare (aspirateur)• Epierreur• Brosse, lavage• Table densimétrique• Toboggan• Nettoyeur-séparateur et trieur | <ul style="list-style-type: none">• Champ magnétique• Densité et résistance à l'air• Densité• Nettoyage en surface• Densité• Force centrifuge• Forme et dimension | <ul style="list-style-type: none">• Métaux• Pailles, glumes• Pierres• Poussières adhérentes• Pierres, blé ergotés• Petites graines• Grosses et petites• Impuretés |

3.2.2. Conditionnement du blé

Une fois le blé nettoyé, il faut séparer l'amande des enveloppes du grain. Le principe de cette séparation repose sur la différence d'élasticité et des deux constituants des grains.

Le conditionnement consiste à une humidification des grains (en fonction de l'humidité initiale) suivie d'un temps de repos (plus ou moins variable) et d'un broyage tout en tenant compte de l'humidité optimale favorable à une extraction maximale de la farine durant le processus de production et l'obtention d'un produit fini de bonne qualité.

3.2.3. La mouture

Le travail du meunier consiste, tout en conservant le germe à détacher l'amande farineuse du son en broyant le grain. C'est ainsi que l'on obtient la farine.

Après avoir nettoyé les grains et procédé à une légère humidification des grains et pour faciliter la séparation du son, une série d'opérations successives vont progressivement transformer le grain en farine.

3.2.3.1. Broyage

Depuis plus d'un siècle, le broyage mécanique a remplacé le travail des meules de pierre. Des gros cylindres métalliques tournent à une cadence régulière. Ils sont formés de deux rouleaux cannelés qui tournent en sens inverse, à vitesse différente et vont écraser les grains qui passent entre leurs dents. Les grains passent donc quatre ou cinq fois dans des cylindres de plus rapprochés, aux cannelures de plus en plus fines.

Des tamis séparent les produits de chaque broyage et les classent selon leur grosseur. Toute opération de tamisage en meunerie s'appelle blutage.

Quelque moulin à la meule de pierre existe encore. Elles permettent de produire une farine en petite quantité qui préserve l'intégralité du blé mais ne permet pas une bonne séparation des différents éléments : on obtient ainsi une farine avec un fort taux de cendres.

3.2.3.2. Le blutage

Qui devient toujours après chaque action d'appareil à cylindres à pour but de classer le produit de plusieurs catégories de grosseur au moyen de tamis superposés.

3.2.3.3. Sassage

C'est la classification par produits intermédiaire (semoule, finots). peut être achevée par un système de sassage très développé. Elles passent sur des tamis très fins animés d'un mouvement rapide dans des appareils spéciaux appelés des sasseurs. Les semoules les plus lourdes tombent ; les plus légères sont aspirées vers le haut par un courant d'air qui souffle continuellement.

3.2.3.4. Claquage et convertissage

Le convertissage, sur des appareils à cylindres lisses, est l'opération finale au niveau de la transformation du blé en farine. Il a pour but le concassage intensif des fins finots de broyage, des gruaux de claquage et enfin les finots sassés de la tête et de broyage, pour l'extraction le plus possible de la farine.

3.2.3.5. Curage du son

Il consiste à traduire au maximum la qualité d'amande adhérente sur la face intérieure des enveloppes. Elle est réalisée par les brosses à son.

4. Analyses effectuées

4.1. Teneur des impuretés

4.2. Teneur en eau

4.3. Le poids à l'hectolitre (PHL)

4.4. Le poids de 1000 grains

4.5. Détermination de la teneur en amidon

4.6. Détermination de la teneur en protéines

4.7. Indice de zeleny (indice de sédimentation)

4.8. Détermination de l'activité amylasique (indice de chute)

4.9. Analyses technologiques

4.9.1. Mouture d'essai

4.9.2. Dosage de gluten

Ce test permet de connaître l'activité diastasique qui intervient lors de la fermentation. Il permet également de voir s'il s'agit d'un blé germé et renseigne le meunier sur la correction qu'il devra faire sur la farine, en apportant du malt.

Cette méthode est applicable aux céréales en grains et notamment aux blés et leurs produits de mouture.

Principe

Gélatinisation rapide d'une suspension aqueuse de mouture intégrale ou de farine de céréales dans un bain d'eau bouillante, et mesure de la liquéfaction par l'alpha-amylase de l'empois d'amidon contenu dans l'échantillon

4.9.3. Essais alvéographiques

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

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

P : pression maximale, rend compte de la ténacité. Il est d'usage de parler du rapport P/L pour exprimer l'état d'équilibre entre la ténacité et l'extensibilité.

Réactifs

- Solution de chlorure de sodium.
- Dissoudre 25 g de NaCl pur, dans de l'eau distillée et compléter à 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 160ml, graduée directement en pourcentage de la teneur en eau de 11,6 à 17,8 % (précision 0,1%).
- Balance permettant de peser à 0,5g près.
- Chronomètre.
- Planimètre et/ou abac planimétrique.

Principe

Il faut impérativement travailler sur une farine dont on connaît la teneur en eau.

- Préparation de la pâte

La norme impose de réaliser une pâte à partir de 250 g de farine, plus de l'eau salée. On n'ajoute jamais de levure. La teneur en eau de cette pâte doit être constante, quelle que soit la farine à tester. On tient donc compte de la teneur en eau de la farine, pour ajuster précisément la quantité d'eau salée à ajouter. La norme impose une hydratation de 50% pour une farine qui contient 15% d'eau. Mais toutes les farines ne contenant pas forcément 15% d'eau, il est nécessaire d'ajuster le taux d'hydratation. Si la teneur en eau des 250 grammes de farine à tester est effectivement de 15%, on ajoutera 125 g d'eau (soit 125 ml).

- **Pétrissage de la pâte**

Le pétrissage est réalisé pendant 8 minutes dans un mini-pétrin intégré à l'alvéographe, dans des conditions rigoureuses standardisées et imposées par la norme et l'appareillage.

- **Extraction de la pâte**

On prélève par extrusion 5 morceaux de pâte.

- **Laminage des pâtons**

Ces 5 morceaux de pâte sont laminés, de façon à obtenir des abaisses identiques.

- **Découpe des pâtons**

On découpe les cinq morceaux laminés à l'aide d'un emporte-pièce spécifique. On obtient ainsi 5 pâtons rigoureusement identiques.

- **Mise à l'étuve**

Les 5 pâtons reposent 20 minutes dans une étuve réglée à 25°C, intégrée, elle aussi à l'appareil.

- **Réalisation d'une bulle**

Chaque pâton est déposé sur la platine de l'alvéographe et un système pneumatique insuffle de l'air en dessous. Le pâton gonfle et forme une bulle. Pendant le gonflement, l'alvéographe enregistre les variations de pression s'exerçant sur les parois internes de cette bulle, jusqu'à éclatement. On obtient ainsi 5 courbes (une par pâton), dont on fait une moyenne pour obtenir une seule courbe.

Résultats et discussion

Résultats et discussion

1. Analyses physico-chimiques

1.1. les impuretés

Tableau 9 : Teneur en impuretés dans l'échantillon de blé

| Impuretés | Résultats (g) | Normes (g) |
|---------------------------------|----------------------|-------------------|
| Masse des insectes | 0.00 | 1.00 |
| Graines cassées | 0.60 | 1.00 |
| Graines attaquées | 1.00 | 2.00 |
| Graines avariées | 0.65 | 1.00 |
| Graines fusariées | 0.20 | 0.50 |
| Graines échaudées | 0.20 | 8.00 |
| Autres céréales | 0.06 | 3.00 |
| Déchets végétaux | 0.07 | 2.00 |
| Graines toxiques | 0.00 | 0.05 |
| Matière étrangère non organique | 0.07 | 0.50 |

- Interprétation des résultats

Les résultats des impuretés montrent une faible teneur en graines échaudées et autres céréales, en graines cassées, fusariées et avariées, ainsi qu'une absence totale des graines toxiques et insectes, donc les paramètres sont très proches de la référence.

1.2. Teneur en eau

Tableau 10: Teneur en humidité des échantillons de farine et de blé.

| Analyses effectuées | Résultats (%) | Norme (%) |
|-----------------------------------|----------------------|------------------|
| Teneur en eau du blé | 12.85 | 12.8 – 14.5 |
| Teneur en eau de la farine | 15.10 | 14 _ 15.5 |

Interprétation des résultats

D'après le résultat mentionné on constate que le taux d'humidité du blé tendre est de (12,85 %), conforme aux normes homologuées. La farine de blé tendre a présenté une teneur moyenne en eau de 15,10 % un taux qui reste dans l'intervalle citée par CALVEL , 1984 (14 à 15.5 %) pour la farine destinée à la panification . En effet, l'humidité élevée de notre farine est probablement due à la quantité d'eau ajoutée au blé avant mouture.

1.3. Le poids à l'hectolitre (PHL)

Tableau 11 : le poids à l'hectolitre (PHL)

| Analyses effectuées | Résultats (Kg/hl) | Norme (Kg/hl) |
|--------------------------------------|--------------------------|----------------------|
| Le poids à l'hectolitre (PHL) | 78 | 73 _76 |

Interprétation des résultats

Le résultats montre clairement que le (PHL= 78 % Kg/hl) est légèrement élevé par rapport à la norme admise.

1.4. Le poids de 1000 grains

Tableau 12 : Classification des grains

| Classe de poids | Caractéristiques et qualités |
|--|-------------------------------------|
| Entre 24 et 34 g | Petits grains |
| Entre 35 et 45 g | Grains moyens |
| Entre 46 56 g | Gros grains |
| Poids de 1000 grains de l'échantillon 47.2 | Gros grain |

- Interprétation des résultats

La mesure de la masse de 1000 grains mesurée à l'état sec est un des indicateurs du rendement technologique dans les industries de première transformation et d'après le tableau notre blé appartient à la 3^{ème} catégorie avec une masse de 47.2 g , ce résultat fait apparaitre que son rendement à la mouture est meilleur car il présente de gros grains.

1.5.Détermination de la teneur en amidon

Tableau 13 : Teneur en amidon

| Analyses effectuées | Résultats |
|---|------------------|
| Détermination de la teneur en amidon | 70% |

_ Interprétation des résultats

D'après les résultats obtenus, le taux d'amidon de 70% est conforme aux normes internes de l'entreprise. Cet amidon est constitué principalement d'amylose 23% et d'amylopectine 77% (Popineau ,1992). Les sucres simples sont utilisés rapidement par les

levures au cours de la fermentation, ce sont les amidons et les pentosanes ainsi que leurs proportions qui ont le plus d'importance en panification (GRANDVOINET et PRATX, 1994).

1.6. Détermination de la teneur en protéines

Tableau 14 : Teneur en protéines

| La matière première | Teneur en protéines | Les normes en % | |
|---------------------|---------------------|-----------------|-------|
| | | Min | Max |
| Blé tendre | 12.70 | 10.50 | 11.50 |
| Farine | 15.10 | 14.00 | 15.50 |

-Interprétation des résultats

La teneur en protéines du blé utilisé est légèrement supérieure au seuil maximal qui est fixé par le journal officiel. Pour GODON (1985), GRANDVOINET et PRATX (1994) la teneur en protéines des farines de blé destinées à la fabrication de produits de cuisson varie de 14.00 à 15.50 % MS, ce qui est proche de la teneur en protéines de la farine étudiée.

1.7. Détermination du taux de cendres

Tableau 15 : Taux de cendres

| Analyses effectuées | Résultats % | La norme en % | Taux d'extraction % |
|--|-------------|---------------|---------------------|
| Détermination le taux de cendre | 0.48 | 0.40 – 0.50 | 68 |

-Interprétation des résultats

La teneur moyenne des cendres est un indicateur de la pureté de la farine, elle est en relation avec son taux d'extraction et la minéralisation des grains mis en mouture. Elle définit, en outre, les types commerciaux des farines (FEILLET, 2000). Notre farine de blé tendre présente un taux d'extraction assez élevé de 68% ce qui a provoqué une augmentation notable du taux de cendres égale 0.48% conforme aux normes. Cette observation démontre qu'il y'a une relation étroite entre le taux de cendres et le taux d'extraction, elle se classe bien dans le type commercial 55 et destinée à la fabrication des pains courants, biscottes, panification fine et biscuiterie (ADRIAN et COLL, 1995 ; COLAS, 1998).

1.8.Indice de zeleny (indice de sédimentation)

Tableau 16 : Indice de zeleny

| Analyses effectuées | résultat | La norme |
|--|----------|----------|
| Indice de zeleny (indice de sédimentation) | 26.2 | 22 – 25 |

-Interprétation des résultats

Le test Zenely est utilisé pour apprécier la qualité des blés aussi bien en sélection que dans les transactions commerciales, son utilisation est peu répandue pour le blé dur. Le résultat obtenu montre une valeur de 26.2 ml proche de la fourchette proposée par BERLAND et ROUSSEL,(2000) pour une farine destinée à la boulangerie courante qu'est de 22 à 25 ml. L'indice de Zenely est en effet un indicateur de la qualité des protéines liées aux différentes fractions protéines qui dépendent essentiellement de la variété.

1.9.Détermination de l'activité amylasique (indice de chute)

Tableau 17 : Activité amylasique (indice de chute)

| Analyses effectuées | Résultats |
|---|-----------|
| Détermination de l'activité amylasique (indice de chute) du blé | 283 sec |
| Détermination de l'activité amylasique (indice de chute) de la farine | 278 sec |

-Interprétation des résultats

L'indice de chute est un indicateur de l'activité α -amylasique qui rend compte du degré d'hydrolyse de l'amidon en sucre simples fermentescibles. Selon GODON et LOISEL, (1997), une activité enzymatique optimale correspond à un indice de chute compris entre 150 et 280 secondes est primordial pour l'obtention d'un pain de volume élevé et de mie homogène et appréciable. Cependant une présence excessive ou insuffisante de l' α -amylase engendre la détérioration de la valeur boulangère.

2. Analyses technologiques

2.1.Mouture d'essai

Tableau 18 : Détermination le taux d'extraction après mouture de blé.

| | Echantillon de blé tendre |
|--|----------------------------------|
| Quantité de blé mise en mouture | 479.8 g |
| Quantité de son | 159.3 g |
| Quantité de farine | 338. 5 g |
| Taux d'extraction | 68 % |

-Interprétation des résultats

La connaissance de la teneur en farine (taux d'extraction) associée à celle du blé, donne une bonne information sur la capacité technologique du blé (CHENE, 2001). Donc d'après ce tableau les résultats obtenus montrent clairement que le taux d'extraction de notre type de blé mis en œuvre est acceptable.

2.2.Dosage de gluten

Tableau 19 : Taux de gluten

| | Résultats % |
|---|--------------------|
| Gluten humide | 21.2 |
| Gluten sec | 13.12 |
| Coefficient d'hydratation WA | 62 |

-Interprétation des résultats

Une très grande partie des propriétés technologiques de la pâte peut être associée au gluten formé principalement des gliadines et gluténines. Plusieurs auteurs ont souligné que la composition du gluten est un facteur déterminant de la force d'une farine. La quantité et la qualité de ce dernier sont responsables des propriétés viscoélastiques de la pâte (extensibilité et élasticité). Notre résultats montrent que les teneurs de gluten humide est de 21.2%. Selon **Gresel, (1999)**, les farines qui présentent un gluten humide supérieur à 26 %, seront orientées vers la panification spéciale.

2.3. Essais alvéographiques

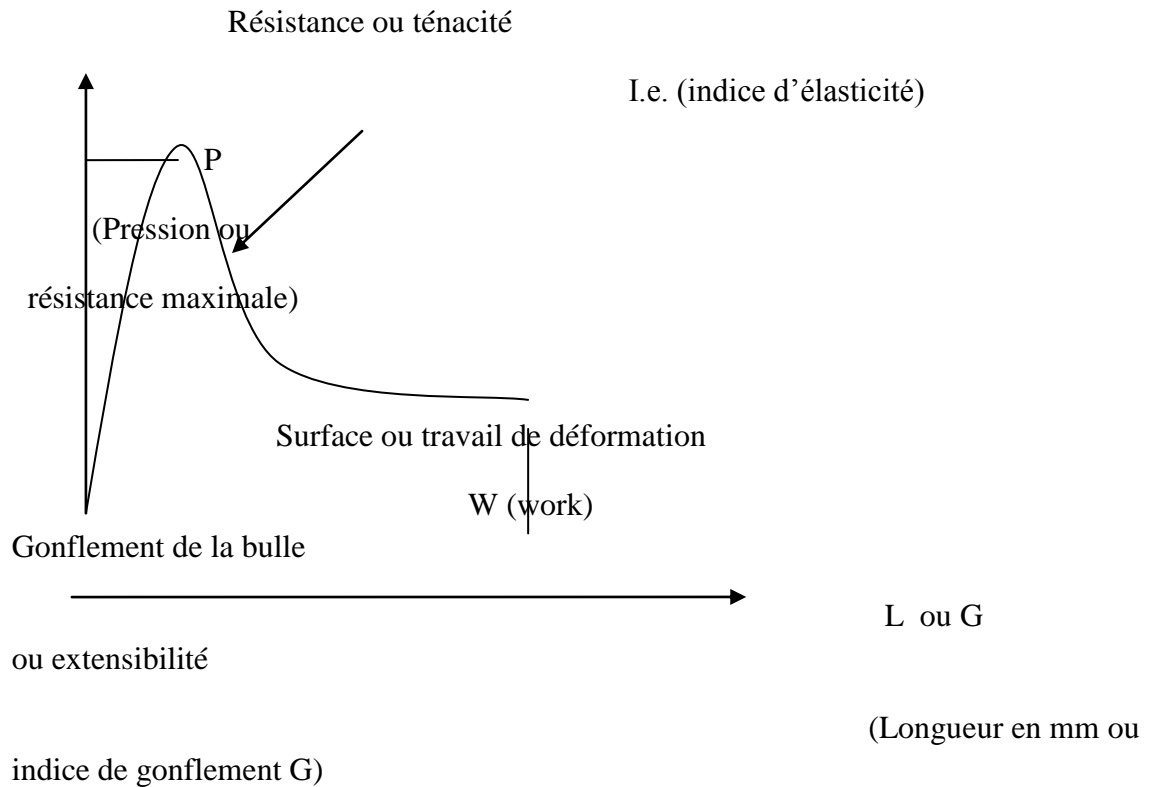


Figure 3 : Modèle général d'alvéographe de Chopin

Tableau 20 : Résultats de l'alvéographe

| Paramètres Alvéographiques | W | P | L | G | P/L | .e |
|-----------------------------|-----|----|----|----|------|------|
| Farine du blé mise en œuvre | 166 | 78 | 58 | 17 | 1.34 | 49.9 |

Les essais sur la farine présente un gonflement (G) de 17cm³, une ténacité (P) de 78 mm et une extensibilité (L) de 58 mm. Le rapport de configuration (P/L) est de 1.34 et un travail de déformation (W)de 166 J répondants aux normes algériennes (**J.O.R.A,1991**).Sur la base des valeurs alvéographiques, la farine de blé tendre mise en œuvre peut être jugée comme panifiable malgré ses propriétés rhéologiques moyennes.

Conclusion

Le caractère qualité est actuellement très recherché et est devenu l'un des objectifs principaux dans l'amélioration des blés. La fabrication de la farine nécessite des analyses physico-chimiques et technologiques spécifique pour contrôler la qualité de blé tendre à utiliser.

Les résultats qui peuvent être tirés à partir les différentes analyses effectuées telles que : l'humidité, le taux de Protéine, le taux d'Amidon, le taux du gluten, test de Sédimentation SDS et sont regroupés dans les points suivants :

- Le taux de protéines pour les farines de blé tendre étudiées varie de 9.31% à 12.21%, donc les résultats enregistrés sont conformes aux normes établies par (Atwell, 2001).
- Concernant le taux d'Amidon montrent que la majorité des farines présentent des teneurs très importantes qui varient entre 66% et 74.73%, ils sont donc conformes aux normes établies par **Atwell, (2001)** dont la teneur en amidon varie entre 63 et 72% de matière sèche.

Pour le taux d'Humidité varie de 11.06% à 17.60%, il est donc conforme aux normes rapportées par (**Calvel, 1984 ; Grandvoinet et Praty, 1994**), qui fixent des intervalles entre 14 et 16% pour les farines boulangères.

Quant à la qualité du gluten obtenue pour un échantillon de 10g, varie entre 1.60% à 11.68% de matière sèche pour le gluten sec et de 2.68% à 11.48% pour le gluten humide. Les valeurs du gluten humides sont inférieures à l'intervalle de 33-34% indiqué par (Godon, 1991) et les valeurs du Gluten sec sont également inférieures à 12,5% trouvé par (Ounane *et al.*, 2006). Donc nos résultats se trouvent au dessous de la limite minimale. Cette baisse semble être due à la durée de stockage de la farine.



Références

Bibliographiques

Abeledo L. G., Savin R., Gustavo A. et Slafer. (2008). Wheat productivity in the Mediterranean Ebro Valley: Analyzing the gap between attainable and potential yield with a simulation model. *European journal of Agronomy*. 28. 541-550p.

Anjum F.M., Khan R.M., Din A., Saeed M., Pasha I and Arshad M.U., (2007).Wheat gluten: High molecular weight glutenin subunits-structure, genetics and relation to dough elasticity. *Journal of Food Science*. Vol 72. Nr 3.

Bajji M. (1999). Étude des mécanismes de résistance au stress hydrique chez le blé dur : caractérisation de cultivars différant par leurs niveaux de résistance à la sécheresse et de variants somaclonaux sélectionnés In vitro. Thèse de doctorat. Univ. Louvain.

Bajji M., Lutts S. et Kinet J. M. (2001). Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid conditions. *Plant Science*. 160 : 669 -681p.

Beccari, I. B. (1745). De Bobniensi Scientarum et Artium Atque academis.2 :122-127.

Belagrouz A. (2013). Analyse du Comportement du Blé Tendre, Variété El WIFAK (*Triticum aestivum* L.) Conduite en Labour Conventionnel, Travail Minimum et Semis Direct Sur Les Hautes Plaines Sétifiennes.

Belaid D. (1996). Aspects de la céréaliculture Algérienne. Ed. Office des publications universitaires, Ben Aknoun .Alger, 206 p.

Belton P.S., Duce S.L., Tatham A. S. (1987). Nuclear magnetic resonance studies of Wheat gluten. In: *Cereals in European context*. First European conference on Food Science and Technology. Eds, Morton I D. Ellis.Hordwood, Chichester, UK, pp 488-495.

Benbelkacem F., Saldi A., Brinis. (1995). *La recherche pour la qualité des blés en Algérie ., Séminaire de blé dans la région méditerranéenne , N° 22.*

Bietz J.A., Wall J.S. (1972). Wheat gluten subunits: molecular weights determined by Sodium sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis. *Cereal Chem*. 49: 416-30

-Bonjean A. (2001). Histoire de la culture des céréales et en particulier celle de blé tendre (*Triticum aestivum* L.).Dossier de l'environnement de l'INRA, N°21 :29-37.

Bornet F. (1992). Le pain et produit céréaliers, alimentaire et nutrition humaines Edition, ESF. Paris, P.1533.

Bornet F., Cloarec D., Guillaud S., Champ M., Colonna P., Barry J.L. et Galmiche J.P. (1991). Amidon indigestibles: digestibilité in vitro et aspects nutritionnels chez l'homme sain. *Gastroentérol. Clin. Biol.*, (14), pp. 90-103.

Boulal H., Zaghouane O., EL Mourid M. et Rezgui S. (2007). Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Ed. ITGC, INRA, ICARDA, Algérie, 176 p.

Branlard G., Chevallet C. (1984). Sur la diversité des blés tendres cultivés en France », *Agronomie*, 4 (10), 933-938.

Calvel R. (1980). La boulangerie moderne .Edition. Eyrolles.

-Calvel R. (1984). La boulangerie moderne. eyerolles, 10ème Edition Paris, 460 p.

Calvel R. (1984). *La boulangerie moderne*, Ed Eyrolle. France. P. 459.

Cheftel J.C. (1977). Introduction à la Biochimie et à la Technologie des aliments. Lavoisier, Paris, P. 105-142.

Chehat. (2007). La filière blés en Algérie. Projet PAMLIN : Perspectives agricoles et agroalimentaires Maghrébines Libéralisation et Mondialisation.

Chellali B. (2007). Marché mondial des céréales: L'Algérie assure sa sécurité alimentaire.

Chene A. (2001). La farine. Journal de l'ADRIANOR, 26, 3-8.

Cheriet G. (2000). Étude de la galette différent types recettes et mode de préparation, P. 99.

-Colas A. (1998). Définition de la qualité des farines pour les différentes utilisations. *In* : Les industries de première transformation des céréales Tech et Doc, Lavoisier, Paris, 590p.

Dacosta Y. (1986). Le gluten de blé dur et ses applications. APRIA, Paris, 130p.

Dali Yousef N. et Goumal K. (1991). Contribution à [étude des caractéristiques Chimiques et technologiques des farines de quatre variétés de blé tendres, *Triticum aestivum* L. Thèse, ingéniorat université de Tlemcen.

Debiton C, (2010). Identification des critères du grain de blé (*Triticum aestivum* L.) favorables à la production de bioéthanol par l'étude d'un ensemble de cultivars et par l'analyse protéomique de lignées isogéniques waxy . Thèse de doctorat. Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand. France.

Diponzo N., Kaan F., Nachit M. (1993). Ed, CIHEM, Espagne, P. 271.

Djermoun, (2009). La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques.

Doumandji A., Doumandji S., Doumandji M.B. (2003). Technologie de transformation des blés et problème dus aux insectes en stock , Ed :Office des publication universitaire, P.129.

Doussinault G., Kaan F., Lecomte C. et Monneveux P. (1992). Les céréales à paille : présentation générale. In : Gallais A. et Bannerot H. (Eds.), Amélioration des espèces végétales cultivées. Ed. INRA, Paris, pp. 13-21.

Dubreil L., Compoint J.P., Marion D. (1997). Interaction of puroindolines with wheat flour polar lipids determines their foaming properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45, 108-116.

Emillie. (2007). Connaissance des aliments Base alimentaire et nutritionnelles de la diététique. ED : Tec et Doc, Lavoisier, paris.

Faostat.(2007). Statistical database of the food and agriculture organization of the United Nations.<http://www.fao.org>. (Consulté le 11/01/2010).

Feillet P. (2000). Le Grain de blé: composition et utilisation, Editions Quae, P.124-128.

Feillet P. (2000). Le grain de blé, composition et utilisation. *INRA*, Paris, 308p.

Godon, (1982). Biotransformation des produits céréaliers, Tec et Doc-Lavoisier, paris.

Godon B. (1982). Valeur meunière et boulangère des blés tendres et de leurs farines conservation et stockage des grains et produit dérivé céréales, oléagineuse protéagineux aliments pour animaux, p. 1009 –1028.

Godon B. (1991). Composition biochimique des céréales, pp: 77-94. In: les industries de première transformation des céréales. Godon B. et Will M.C. Lavoisier Tec et Doc. Apria. Paris, 221p.

Grandvoinet P., Pratz B. (1994). Les ingrédients des pâtes, Farines mixtes, P. 100-131.

Gandvoinet et Pratz .(1994). Farines et mixtes .in : la panification française. Edit. Lavoisier-Apria, Tec et Doc, Paris, 534 p.

Henry Y. et De Buyser J. (2001). L'origine des blés. In : Belin.Pour la science (Ed.). De la graine à la plante. Ed. Belin, Paris, pp. 69-72.

Igrejas G., Gaborit T., Oury F.X., Chiron H., Marion D., Branlard G. (2001). Genetic and environmental effects on puroindoline-a and puroindoline-b content and their relationship to technological properties in French bread wheats.*Journal of Cereal Science* 34, 37-47.

Laemmli, U.K. (1970). Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4." *Nature*.**227** (259): 99-680.

Lahbabi A., Abdel Ilah JIB M., Yahya moussa M.(2004). Guide pratique de la fortification de la farine.

Lecoq R. (1965). Manuel d'analyses alimentaires et d'expertises usuelles. tome 1. Edit DOIN. DEREN et CIE, Paris, 938 p.

Lery F. (1982).L'agriculture au Maghreb ou pour une agronomie méditerranéenne. Ed. Maisonneuve et Larose, Paris, 338 p.

Osborne T.B. (1924). The vegetables proteins 2nd edition. Longmans, Green & Co edition London, England, pp 154.

- Ounane G., Cuq B., Abecassis J., Yesli A. & Ounane S.M. (2006).** Effects of physiological characteristics and lipid distribution in algerian durum wheat semolinas on the technological quality of couscous. *Cereal Chemistry*, **83**: 377-384.
- Paul C. (2007).** Céréales et alimentation : une approche globale Agriculture Environnement Alimentation et Céréales-INRA 07, pp 1-4.
- Selselet-Attou G. (1991).** Technologie des céréales et produits dérivés, document à l'usage des étudiants, Option T.A.A., 150 p.
- Serviue, (1984).** Valeur alimentaire et al, Manuel d'alimentaire humaines. Les aliments tome 2. Edition : technique et documentation, la voisin, paris, P. 516.
- Slama A., Ben Salem M., Ben Naceur M. et Zid E. D. 2005.** Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. *Sécheresse*(16) 3 :225-9.
- **Surget A., Baron C. (2005).** Histologie du grain de blé. Industrie des céréales.
- Talamalil, (2000).** La libération du marché des céréales en Algérie office algérien interprofessionnel des céréales OAIC Acte du premier symposium internationale sur la Filière blé , Alger , Algérie , P.11- 18.
- Ugrinovits M.S., Arrigoni E., Dossenbach A., Haberli G., Hanich H., J. Schwerzenbach J., Richemont L., Rychener M., Thormann H., Stalder U.(2004).** Céréales, Produits de L'industrie Meunière, Prémélanges pour four, Mélanges de Farines Instantanées. Manuel suisse des denrées alimentaires. Chapitre, 14 : 19.
- Vensel, W.H., Tanaka, C.K., Cain, N., Wong, J.H., Buchanan, B.B., Hurkman, W.J.,(2005).** Developmental changes in the metabolic protein profiles of wheat endosperm. *Proteomics* 5, 1594-1611.
- Zadoks J., Chang T., Konzak C. (1974).** A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed research*, 14(6):415–421