



DEPARTEMENT DES SCIENCES ALIMENTAIRES

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

**BAGHDAD Chaima**

**MOHAMMED SBA Feriel Nihad**

Pour l'obtention du diplôme de

**MASTER EN SCIENCES ALIMENTAIRES**

**Spécialité : Agroalimentaire et Contrôle de Qualité**

Thème

Valorisation du germe de blé dans la  
formulation d'une farine améliorée de qualité  
biscuitière

Soutenu publiquement le 17/09/2023

DEVANT LE JURY

Président	Dr TAHLAITI Hafida	MCA	U. Mostaganem
Encadreur	Dr DAHOU Abdelkader El Amine	MCA	U. Mostaganem
Examineur	Dr ZABOURI Younes	MCA	U. Mostaganem

*Thème réalisé au niveau de la Société EURL SOSEMIE Blida  
Année universitaire : 2022 / 2023*



## *Remerciements*

On dit souvent que : « Le trajet est aussi important que la destination »

Ces Cinq années d'études nous ont permis de bien comprendre la signification de cette phrase toute simple. Ce parcours en effet, n'est pas sans défi et sans se poser de nombreuses questions pour lesquelles les réponses nécessitent de longues heures de travail.

Nous plus sincères remerciements vont à notre encadreur, monsieur DAHOU Abdelkader El Amine pour avoir accepté de diriger ce travail de recherche.

Nous le remercions vivement pour le temps qu'il a consacré à notre mémoire. Merci pour vos explications, pour vos conseils et pour votre patience. Merci pour votre gentillesse et votre modestie.

Nous remercions «Dr TAHLAITI Hafida » d'avoir accepté de présider Le Jury de notre mémoire.

Nous remercions également « Dr ZABOURI Younes » d'avoir accepté de juger notre travail.

Nos remerciements les plus sincères et notre gratitude à la Direction, l'encadrement et au personnel de la Société EURL SOSEMIE Blida.

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui nous ont aidé, de près ou de loin à mener à bien ce travail.



## *Dédicaces*

Je dédie ce travail : A mes parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières Tout au long de mes études, pour toute Leur assistance et leur présence dans ma vie.

A mes frères et mes sœurs Pour leur encouragement en permanence et leur soutien moral.

À mes amies, les plus précieuses et les plus fidèles MOHAMMED SBA Ferial Nihad et MEDJENAH Nadjate. A tous mes amis et ma famille.

*Et Merci à tous.*

BAGHDAD Chaima



## *Dédicaces*

Je dédie ce travail

A mes parents pour leur soutien indéfectible et leur amour inconditionnel tout au long de mon parcours. Leur confiance en moi a été une source de motivation pour atteindre mes objectifs et réussir cette étape importante de ma vie.

A mes frères et ma très chère sœur, pour tant de confiance, d'amour, de patience et d'abnégation.

A toute famille paternelle et maternelle

A mon binôme Chaima et mon amie. Nous avons passé de bon moment ensemble pour réaliser ce travail de recherche, je vous souhaite une vie pleine de joie et de santé.

Pour tous mes camarades avec qui j'ai passé des moments inoubliables, je leur souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.

MOHAMMED SBA Ferial

## Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

### INTRODUCTION

Introduction..... I

### PARTIE I: Synthèse bibliographique

#### CHAPITRE I : La farine

I. Généralités sur les céréales..... 3

II. Structure du grain de blé..... 3

a. L'albumen..... 3

b. Les enveloppes..... 3

c. Le germe ..... 3

III. Transformation de blé tendre..... 4

IV. La farine..... 6

IV.1. Définition..... 6

IV.2. Composition biochimique de la farine ..... 6

a. Amidon..... 6

b. Matières minérales ..... 6

c. Les protéines..... 7

d. Les lipides..... 7

e. Les vitamines ..... 7

IV.3. Différents types de farine..... 7

IV.4. Les critères de qualité d'une farine..... 8

❖ Pureté de la farine ..... 8

❖ Teneur en eau..... 8

❖ Protéines et gluten des farines ..... 8

❖ Qualité plastique des pâtes ..... 9

<b>V. La farine biscuitière .....</b>	<b>9</b>
V.1. Les tests technologiques des farines biscuitières.....	10
V.2. Critères d'évaluation de la qualité du biscuit .....	10
V.2.1. Texture .....	10
V.2.2. Couleur.....	11
V.2.3. Goût, flaveur et arôme .....	11

## **CHAPITRE II : Germe de blé tendre**

<b>I- Généralités.....</b>	<b>13</b>
<b>II- Structure de germe de blé.....</b>	<b>13</b>
II.1. Le scutellum .....	14
II.2. L'embryon .....	14
<b>III- Composition biochimique du germe et sa valeur nutritionnelle.....</b>	<b>14</b>
III.1. Humidité.....	15
III.2. Composition minérale et vitamines .....	16
III.3. Fraction protéique .....	17
III.4. Fraction glucidique .....	19
III.5. Les enzymes .....	20
III.6. Fraction lipidique.....	21
<b>IV- Extraction du germe en mouture de blé tendre: .....</b>	<b>22</b>
<b>V- Importance de la stabilisation du germe de blé.....</b>	<b>23</b>

## **CHAPITRE III : Valorisation du germe de blé**

<b>I- Valorisation du germe de blé.....</b>	<b>26</b>
<b>II- Différentes formes d'utilisation du germe de blé.....</b>	<b>27</b>
II.1. Germe de blé fermenté.....	27
II.2. Utilisation des protéines de germe de blé .....	27
II.3. Utilisation de l'huile de germe de blé.....	28
II.4. Utilisation de germe de blé dans le domaine alimentaire .....	28
o L'enrichissement d'aliments par le germe de blé .....	28

## **PARTIE II : Partie pratique**

---

## CHAPITRE IV :

### Matériel et méthodes

<b>I. Matériel végétal.....</b>	<b>33</b>
<b>II. Présentation du site d'étude .....</b>	<b>33</b>
<b>III. Préparation des échantillons .....</b>	<b>34</b>
1. Farine de blé tendre.....	34
2. Farine de germe de blé tendre .....	34
3. Mélanges et taux d'incorporation .....	35
<b>IV. Méthodes analytiques .....</b>	<b>35</b>
1. Analyses biochimiques.....	35
1.1.Détermination de la teneur en eau .....	35
1.2.Teneur en cendres .....	36
1.3.La teneur en protéines totales .....	37
1.4.La teneur en lipides totaux .....	39
2. Analyses technologiques .....	40
2-2.Essai à Alvéographe CHOPIN .....	40
3. Analyses microbiologiques .....	43
3.1 Préparation de l'échantillon pour essai .....	43
3.2 Recherche et dénombrement des levures des moisissures.....	43
3.3 Recherche et dénombrement du clostridium.....	44

## CHAPITRE V : Résultats et discussion

<b>I. Etude de la matière première .....</b>	<b>47</b>
➤ Caractéristiques biochimiques .....	47
1. Teneur en eau.....	48
2. Le taux de cendres .....	48
3. Teneur en protéines.....	49
4. Teneur en lipides.....	50
➤ Les caractéristiques technologiques.....	51
1. Alvéographe de Chopin.....	51

<b>II. Etude des mélanges .....</b>	<b>51</b>
➤ Influence du taux d'incorporations de la farine de germe sur les caractéristiques biochimiques des mélanges .....	51
1. L'humidité des mélanges .....	52
2. Le taux de cendres des mélanges.....	53
3. La teneur en lipides totaux des mélanges .....	53
4. La teneur en protéines des mélanges .....	54
➤ Influence du taux d'incorporations de la farine de germe de blé sur Les caractéristiques technologiques des mélanges .....	55
1. Les caractéristiques des mélanges mesurés à l'alvéographe de CHOPIN .....	55
<b>III. Les analyses microbiologiques.....</b>	<b>60</b>

## **CONCLUSION**

Conclusion .....	62
------------------	----

## **Références bibliographiques**

Références bibliographiques .....	65
-----------------------------------	----



## Liste des tableaux

<b>Tableau 01:</b> Principaux types de farine .....	7
<b>Tableau 02:</b> Caractéristiques alvéographiques moyennes des farines biscuitières .....	10
<b>Tableau 03:</b> Caractéristiques alvéographiques des farines biscuitières .....	10
<b>Tableau 04:</b> Composition globale du germe de blé en % M.S .....	15
<b>Tableau 05:</b> Composition du germe de blé en matières minérales et en vitamines et intérêt nutritionnel.....	16
<b>Tableau 06:</b> Composition du germe de blé en éléments minéraux (en mg /100g de matière sèche) .....	17
<b>Tableau 07 :</b> Composition du germe de blé en acides aminés indispensables et pourcentages de déficit par rapport à ceux de l'œuf entier (en g/100g).....	18
<b>Tableau 08:</b> Composition des fractions céréalières du blé en lysine en g par 100g de protéines (N×5.7) et pourcentage du déficit .....	19
<b>Tableau 09:</b> Composition du germe en oses et oligosides en g/100g M.S .....	20
<b>Tableau 10:</b> Répartition des enzymes dans le germe de blé .....	21
<b>Tableau 11:</b> Caractéristiques lipidiques du germe meunier.....	21
<b>Tableau 12:</b> Les taux d'incorporations des farines .....	35
<b>Tableau 13:</b> Composition biochimique de la farine et germe de blé.....	47
<b>Tableau 14:</b> Résultat de l'essai sur alvéographe de la farine de blé tendre .....	51
<b>Tableau 15:</b> Les composantes biochimiques des mélanges.....	52
<b>Tableau 16:</b> Caractéristiques alvéographiques des différents mélanges de farine.....	55

## Liste des figures

<b>Figure 01:</b> Schéma d'un grain de blé en coupe longitudinale .....	4
<b>Figure 02:</b> Schéma général de la mouture de blé tendre.....	5
<b>Figure 3:</b> Procédé d'extraction du germe de blé tendre au cours de la mouture .....	23
<b>Figure 4:</b> Différentes voies de valorisation du germe de blé... ..	26
<b>Figure 5 :</b> Les matières végétales utilisées .....	33
<b>Figure 06:</b> Méthode de broyage du germe de blé tendre .....	34
<b>Figure 07:</b> Mélangeur-homogénéisateur de type CHOPIN .....	35
<b>Figure 08:</b> Méthode de référence de la teneur en eau.....	36
<b>Figure 09:</b> Méthode de référence de la teneur en cendres .....	37
<b>Figure 10:</b> L'appareil de SOHXLET .....	39
<b>Figure 11:</b> Opérations alvéographiques.....	42
<b>Figure 12:</b> L'alvéogramme de Chopin .....	42
<b>Figure 13:</b> Préparation des solutions mères .....	43
<b>Figure 14:</b> Les analyses biochimiques des matières premières.....	47
<b>Figure 15:</b> Influence du taux d'incorporation de la farine de germe de blé sur la teneur en humidité des différents mélanges .....	52
<b>Figure 16:</b> Influence du taux d'incorporation de la farine de germe de blé sur la teneur en cendres des différents mélanges.....	53
<b>Figure 17:</b> Influence du taux d'incorporation de la farine de germe de blé sur la teneur en lipides des différents mélanges .....	54
<b>Figure 18:</b> Influence du taux d'incorporation de la farine de germe de blé sur la teneur en protéine des différents mélanges .....	55

**Figure 19:** Influence du taux d'incorporation de la farine de germe de blé sur les caractéristiques alvéographiques des différents mélanges ..... 58

**Figure 20:** Influence du taux d'incorporation de la farine de germe de blé sur le rapport de configuration (P/L) des différents mélanges .....59

## Liste des abréviations

- **EURL** : Entreprise Unipersonnelle à Responsabilité Limitée.
- **F.A.O. STAT**: Food Agriculture Organization Statistic.
- **F.2** : mélange de farine (98% farine de blé tendre + 2% farine de germe de blé tendre).
- **F.4**: mélange de farine (96% farine de blé tendre + 4% farine de germe de blé tendre).
- **F.6** : mélange de farine (94% farine de blé tendre + 6% farine de germe de blé tendre).
- **F.7**: mélange de farine (93% farine de blé tendre + 7% farine de germe de blé tendre).
- **F.8**: mélange de farine (92% farine de blé tendre + 8% farine de germe de blé tendre).
- **F.10**: mélange de farine (80% farine de blé tendre + 10% farine de germe de blé tendre).
- **G** : Gonflement.
- **ha** : hectare.
- **ISO** : Organisation Internationale de normalisation.
- **L** : L'extensibilité.
- **M.S** : matière sèche.
- **O.A.I.C** : Office Algérien Interprofessionnel des Céréales.
- **P** : Tenacité.
- **P/L** : Elasticité.
- **W** : force boulangère.

---

# INTRODUCTION

---

### Introduction

La nourriture est l'un des premiers besoins humains à satisfaire. Aujourd'hui, les préoccupations ne sont plus quantitatives mais de plus en plus qualitatives. En fait, les consommateurs recherchent des aliments composés d'ingrédients plus sains et biologiques. Cependant, la saveur et l'apparence du produit restent des facteurs décisifs lors du choix (**Afssa, 2001**).

La production et de la transformation des céréales constitue un secteur clé de la production agricole et agroalimentaire algérienne. Des travaux de recherche menés par des économistes et nutritionnistes algériens ont montré que le blé occupe la première place parmi les cultures céréalières, de sorte qu'il constitue directement ou indirectement la protéine de base et calorique pour la consommation humaine (**F.A.O. 2023**).

Pour maintenir cette image favorable, il est très important, notamment pour l'industrie céréalière, de démontrer les bonnes qualités nutritionnelles de tels produits. Il est à noter que les protéines végétales et autres composants des produits peuvent être altérés lors des transformations techniques, entraînant une perte de leurs qualités nutritionnelles. Outre les problèmes soulevés par la détection de l'acrylamide dans certains produits de la transformation céréalière dont de l'industrie biscuitière, une préoccupation plus générale est le risque de formation de nouvelles molécules nocives, qui peuvent être d'origine grasse, sucrée ou protéique (caramélisation des sucres, oxydation automatique, Lipides, réaction de Maillard) (**Boursson Y, 2009**).

Pour parer à ce type de problème, la maîtrise de ces différentes réactions et l'amélioration de la qualité nutritionnelle du biscuit s'imposent. Si pour le premier élément le problème est plus complexe, pour le second l'incorporation du germe à différents taux serait une solution au problème. En effet, ce sous-produit présente une composition biochimique et nutritionnelle très intéressante en raison de sa composition biochimique (notamment une composition protéique équilibrée en acides aminés, une teneur élevée en acides gras essentiels, en vitamines (notamment du groupe B et la vitamine E), en éléments minéraux et en fibres alimentaires. Tous ces composants peuvent largement compenser la diminution de la valeur nutritionnelle des biscuits en apportant plus de nutriments (dont les acides aminés et les acides gras essentiels) et d'éléments bio-protecteurs naturels (dont les antioxydants) (**Bilge Li & Ibanoglu, 2007**).

Le germe de blé est un bon exemple de sous-produit de l'industrie agroalimentaire, qui peut ajouter de la valeur et devenir une matière première importante pour la préparation de différents produits (enrichissement des aliments, extraction de l'huile de germe et utilisation dans le secteur pharmaceutique). Ces dernières années, la plupart des pays développés ont fait de grands progrès sur cette question, et certaines industries ont réussi à utiliser, régénérer, restaurer ce produit autrefois mélangé avec du son, ce qui a entraîné des pertes sèches tant pour les producteurs et pour les consommateurs (Afssa, 2001).

Malheureusement, en raison de l'absence de politiques visant à recycler les sous-produits de la meunerie, le germe de blé s'est avéré associé au son et au remoulage et a longuement servi de nourriture pour la filière de la production animale (F.A.O.STAT, 2008).

Il est donc nécessaire que l'Algérie prenne des mesures pour promouvoir la production locale du germe de blé afin de le valoriser et d'augmenter la valeur nutritionnelle des produits alimentaires enrichis.

Bien que des essais aient été menés à l'échelle nationale pour promouvoir le germe de blé ayant obtenus des résultats convaincants, la priorité immédiate est de développer les méthodes de valorisation les plus rentables et bénéfiques sur les plans économique et nutritionnel. C'est dans cette optique que nous nous intéressons à ce sous-produit, que nous avons incorporé à la farine panifiable à différentes proportions pour obtenir une farine à tendance biscuitière.

Ce travail a été établi en trois parties :

- ✓ Une étude de la composition biochimique et de la qualité technologique et microbiologique de la farine de blé tendre "Panifiable" et du germe de blé tendre.
- ✓ Une préparation des mélanges de farines de blé tendre avec celles du germe de blé à différents pourcentages.
- ✓ Une étude biochimique, technologique et microbiologique des différents mélanges farine/germe.

---

# PARTIE I

## Synthèse bibliographique

---



---

# **CHAPITRE I**

## **La farine**

---

## I. Généralités sur les céréales

Les céréales sont un groupe de plantes cultivées, botaniquement parlant, appartenant à la famille des Poacées, dont les graines sont importantes pour l'alimentation humaine et animale en raison de leur abondance et de leur composition. Les graines alimentaires appartiennent à une dizaine d'espèces de plantes. Les plus utilisés sont le blé, le maïs et l'orge (**Gacem et al, 2011**).

Le blé est l'une des plus anciennes plantes cultivées, originaire du Moyen-Orient où il pousse naturellement et a été utilisé il y a 10 000 ans. Les humains ont pu faire évoluer cette plante dans sa forme actuelle (**Godon, 1995**).

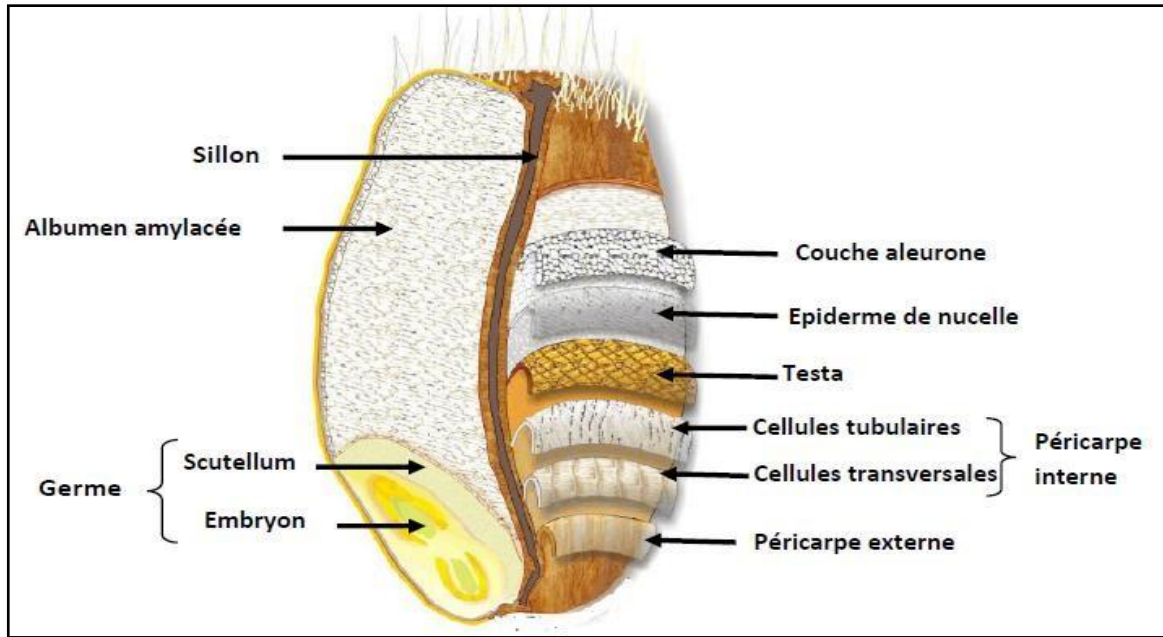
Le blé est une plante monocotylédone appartenant au genre *Triticum* de la famille des *gramineae*, et c'est une céréale dont la graine est un fruit sec et non déhiscent appelé caryopse. Les deux variétés les plus cultivées sont le blé tendre (*Triticum aestivum*) et le blé dur (*Triticum durum*). Ces deux variétés constituent l'essentiel de l'alimentation humaine dans de nombreux pays (**Gacem et al, 2011**).

Le blé est consommé après transformation et est utilisé d'une part pour la production de la semoule de blé dur ; principalement utilisé pour faire des pâtes et d'autre part pour la farine à partir de blé tendre ; utilisé dans les boulangeries et les pâtisseries (**Feillet, 2000**).

## II. Structure du grain de blé

Un grain de blé est composé de trois parties (**Figure 01**):

- a. **L'albumen** : constitué de l'albumen amylicé (au sein duquel subsistent des cellules compiles de granules d'amidon dispersés au milieu d'une matrice protéique et dont les parois cellulodiques sont peu visibles) et de couche a aleurone (80-85% du grain).
- b. **Les enveloppes** de la graine formées de six tissus différents, épiderme de nucelle, tégument séminal ou testa (enveloppe de la graine), cellules tubulaires, cellules croisées, mésocarpe et épicarpe (16-17%).
- c. **Le germe** (3%), composé d'un embryon (lui-même) de la coléoptile, gemmule de la radicule, de coléorhize et de la coiffe) et de scutellum. (**Feillet, 2000**).



**Figure 01:** Schéma d'un grain de blé en coupe longitudinale (Micard et al;2009).

### III. Transformation de blé tendre

La technologie de mouture (**Figure 02**) consiste à séparer l'albumen amylicé des grains exempts de parties périphériques (enveloppe et couche d'aleurone) et de germe, avec le rendement le plus élevé possible et à faible coût, tout en maîtrisant les caractéristiques d'utilisation du produit (**Feillet, 2000**).

1. Le nettoyage des blés, dont le but est d'éliminer les produits et grains contaminants.
2. Le conditionnement qui permet d'augmenter l'élasticité des enveloppes et d'accroître la fiabilité entre les tissus du grain.
3. La mouture proprement dite qui assure la séparation de l'albumen des enveloppes et sa réduction en fines particules (**Feillet, 2000**). C'est une opération dont le rôle est d'extraire du grain de blé tendre le maximum de l'amande qu'il renferme, sans qu'elle soit contaminée par le germe et le son (**Godon, 1991; Boursson, 2009**).

Les principales phases de mouture en meunerie de blé tendre sont :

- Broyage
- Blutage
- Sassage
- Convertissage et claquage

Chaque opération diffère de l'autre par des produits qui y sont récupérés pour aboutir en fin de compte la farine qu'on peut classer en différents types en fonction de leur composition. (Boursson, 2009).

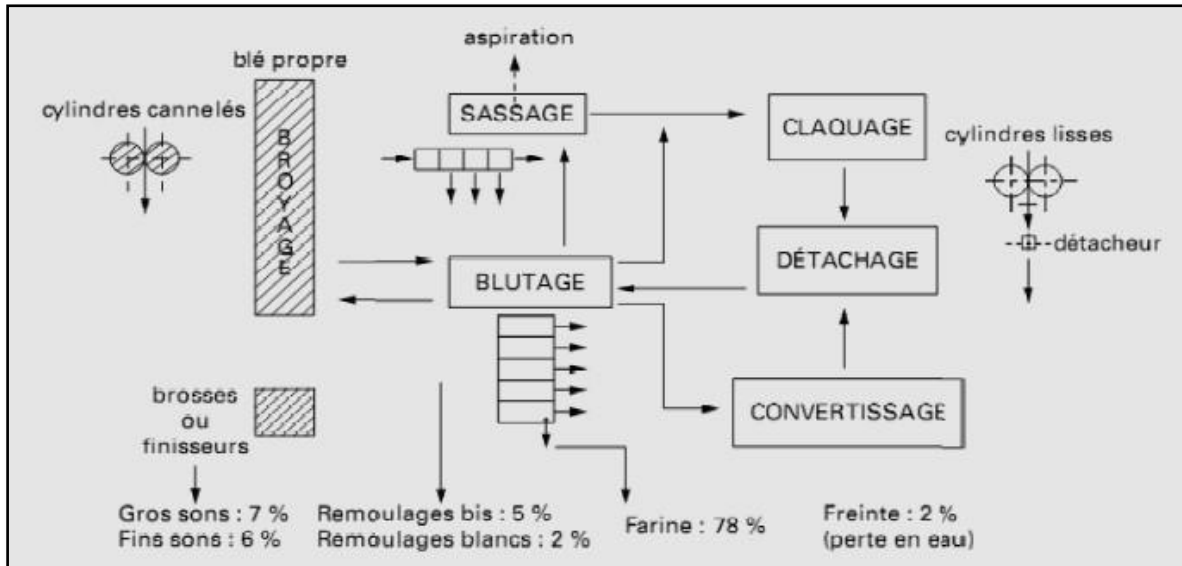


Figure 02: Schéma général de la mouture de blé tendre (Boursson, 2009).

Le processus de transformation de blé tendre fournit les produits suivants :

- ❖ **La farine** : qui est le principal produit de la mouture, constituée des particules très fines de l'amande de blé, résultant de la réduction de celle-ci en phase de broyage, claquage, et de convertissage.
- ❖ **Les sons** : constitués par le péricarpe du grain de blé, comprenant également des fractions des couches sous corticales attachés au péricarpe. Ils proviennent de la phase de broyage.
- ❖ **Les remoulages** : constitués d'un mélange d'enveloppes plus ou moins finement broyées et d'amande farineuse. Ces remoulages peuvent être classés en deux produits :
  - **Les remoulages bis** : qui sont les gros, de couleur rouge provenant de claquage.
  - **Les remoulages blancs** : qui sont les plus fines, les plus riches en farine, provenant de convertissage (Godon, 1991).
- ❖ **Germe** : partie du grain servant à sa reproduction. Situé à la base du grain, du côté opposé à la brousse (Boursson, 2009).

## IV. La farine

### IV.1. Définition

La définition de la farine vient depuis la date d'un congrès international de la répression des fraudes, tenu en 1908 et 1909.

« La dénomination de farine, sans autre qualificatif, désigne exclusivement le produit de la mouture de l'amande du grain de blé nettoyé et industriellement pur. » Alors que « le produit de la mouture des autres grains, céréales, légumineuses, nettoyées et industriellement pures, sera désigné par le mot farine suivi du qualificatif indiquant l'espèce de graines, de céréales, de légumineuses, entrant dans la composition, soit à l'état de mélange » (**Calvel, 1964; Godon et Wilim, 1991**).

Les farines panifiables qu'elles soient destinées au commerce ou à la consommation familiale, ne peuvent être appelées que sous l'une des trois dénominations suivantes : farine de froment (ou blé) ; farine de méteil ; farine de seigle.

Farine de froment ou de blé : farine qui provient de la mouture exclusive de blé (espèce *Triticum aestivum*, sous espèce *vulgare*) sain, loyal et marchand (**Lenaour et al, 1998**).

### IV.2. Composition biochimique de la farine

#### a. Amidon

Représente 65 à 70 % du poids total de la farine, c'est une forme de réserve des glucides chez les plantes. Il contient dans sa structure deux polymères : l'amylose et l'amylopectine. Ces molécules absorbent l'eau, et sous l'effet de la chaleur, elles forment un gel essentiel à la transformation de la farine.

#### b. Matières minérales

Représentant 0.45% à 0.60%, les teneurs en matières minérales sont peu importantes. La pureté de la farine se juge d'après sa teneur en résidu minéral. Les Matières minérales de la farine apparaissent 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 il y a de cendres, plus on obtiendra une farine est pure.

### c. Les protéines

Elles se retrouvent dans l'endosperme (73 %), le son (19 %) et le germe (8 %). Elles représentent en général 11 à 13.5 %.

Elles sont classées selon leurs solubilités en :

- ❖ Protéines hydrosolubles, principalement les albumines et les globulines (15 à 20 % des protéines totales).
- ❖ Protéines insolubles (80 à 85 %) dans l'eau dont les gliadines (45 à 50 %) et les gluténines (55 à 60 %) qui forment le gluten.

### d. Les lipides

Les lipides de la farine de blé tendre sont constitués de 23 classes de lipides saponifiables séparés en 3 groupes (lipides neutres, glycolipides et phospholipides) dont les proportions varient selon leur localisation à l'intérieur ou à l'extérieur de l'amidon.

### e. Les vitamines

Le son et le germe de blé abritent une quantité considérable de vitamines, faisant de ce grain une source précieuse de nutrition. Parmi ces vitamines figurent les vitamines B, que l'on peut trouver dans le grain à une concentration d'environ 4,6 mg/kg, ainsi que la riboflavine, qui est présente à 1,3 mg/kg. Il convient de noter que certaines de ces vitamines sont perdues au cours du processus de broyage. En revanche, le blé ne contient pas de vitamines C ou D, mais il possède de grandes quantités de vitamine E, qui a des propriétés antioxydants.

## IV.3. Différents types de farine

Les farines sont classées par « type » en fonction du taux de cendre, c'est-à-dire selon le poids de matière minérale contenue dans 100 grammes de matière sèche.

Plus celui-ci est élevé, plus la farine contient des matières minérales, les principaux types de farines obtenues sont indiqués dans le **tableau 01**.

**Tableau 01:** Principaux types de farine obtenus selon **Vierling (2003)**.

Type de farine	Taux Cendres %	Utilisation
45	<0.50	Pâtisserie
55	0.50-0.60	Pain courant, biscotte, panification fine, pâtisserie.
65	0.62-0.75	Biscuiterie
80	0.75-0.90s	Pains spéciaux
110	1.00-1.20	Pains bis
150	>1.40	Pains complets.

#### IV.4. Les critères de qualité d'une farine

##### ❖ Pureté de la farine

La pureté des farines est appréciée indirectement par le taux de cendre, qui dépend non seulement de leur d'extraction, mais également de la minéralisation des grains mis en mouture (**Godon et Wilim, 1991**).

##### ❖ Teneur en eau

Le taux d'humidité de la farine est une condition importante pour sa bonne conservation. La teneur en eau de la farine ne doit en aucun cas dépasser 16 %. Il est important de noter que la farine est hygroscopique ; pendant le stockage, le taux d'humidité des sacs et sachets de farine et leur poids peuvent changer, ce qui est normal, mais la matière sèche reste la même, et d'un point de vue technique et nutritionnel Voir, produits ont la même valeur (**Godon et Wilim, 1991**).

##### ❖ Protéines et gluten des farines

Le blé se distingue des céréales par le fait que ses protéines sont capables de former facilement et spontanément un réseau de gluten en pétrissant la farine avec de l'eau. Bien qu'il s'agisse de la pratique de test la plus ancienne, le dosage du gluten n'est plus utilisé comme contrôle courant : sur le plan quantitatif, le dosage des protéines est préféré, et sur le plan qualitatif, le test de rhéologie de la pâte.

Néanmoins, le rôle joué par la teneur en protéines de la farine sur sa qualité technique est essentiellement fonction des propriétés du produit fini (**Godon et Wilim, 1991**).

### ❖ Qualité plastique des pâtes

Quelle que soit la diversité de qualité des farines recherchées, le premier soin des utilisateurs est de commencer à en faire une pâte. Les caractéristiques des pâtes varient non seulement en fonction de la qualité des farines mais aussi en fonction :

- ✓ De la quantité d'eau ajoutée.
- ✓ De la présence de matières premières complémentaires
- ✓ De l'intensité du pétrissage
- ✓ Des conditions de repos (**Godon et Wilim, 1991**).

Les appareils permettant d'apprécier la qualité des pâtes peuvent être classés en deux grandes catégories :

- Ceux qui permettent d'apprécier le pouvoir d'adsorption d'eau de la farine et la consistance de la pâte : le Farinographe.
- Ceux qui étudient la déformation des pâtes : Alvéographe (**Godon et Wilim, 1991**).

### V. La farine biscuitière :

Généralement, les farines utilisées pour la fabrication des biscuits sont obtenues après la mouture des graines de blé tendre, avec une faible teneur en amidon endommagé (**Gallagher, 2008**).

La farine de blé unique parmi toutes les céréales. Quand elle est mélangée avec de l'eau, ces composants protéiques forment un réseau élastique capable de piéger les gaz et de développer une structure ferme et metteuse pendant la cuisson (**Abdel-AAL M.E, 2009**). Les teneurs en protéines des farines utilisées dans la fabrication des biscuits sont de 7% à 10% (**Hazelton et al, 2004**) et ne force boulangère « W » inférieur à 150. Si la teneur en protéine est inférieure à 7.5%, des problèmes de machinabilité de la pâte apparaissent (**Fustier, 2006**).

La valeur technologique d'une farine se juge d'après son aptitude à donner une pâte machinale, c'est à dire une pâte qui ne doit pas coller, mais doit résister à un certain degré de brisure et pouvoir s'étendre en couches minces sans se briser, sans craqueler à la surface, ni se rétrécir, ni se crêper et aussi donner un biscuit de qualité (**Fustier, 2006**).



### V.1. Les tests technologiques des farines biscuitières :

L'alvéographe, et le farinographe ont été utilisés pour évaluer l'aptitude biscuitière de farine. La farine biscuitière est une farine à faible force boulangère (**Tableau 2 et 3**), elle doit être extensible et peu élastique car si la farine est trop forte, l'élasticité du gluten provoque un rétrécissement de la pâte après laminage et au four.

**Tableau 02:** Caractéristiques alvéographiques moyenne des farines biscuitière.

Farine biscuitière	Paramètres alvéographiques				
	G	W	P	L	P/L
	18-23,3	60-150	30-60	90-125	0.25-0.80

Source : Dubois, 1988 ; Colas, 1991 ; ECM, 1996 ; Fustier, 2006 ; Bourson, 2009.

**Tableau 03:** Caractéristiques alvéographiques des farines biscuitière.

Farine biscuitière	Paramètres alvéographiques			
	G	W	P	P/L
	22,5	120-150	50	0.40-0.50

Source : Norme ISO 5530/4

### V.2. Critères d'évaluation de la qualité du biscuit :

Les attributs de la qualité les plus importants dans les aliments sont les caractéristiques sensorielles : la texture; la flaveur, l'arôme, taille et la couleur.

La qualité du biscuit, se traduit par une maîtrise rigoureuse des caractéristiques physiques (dimensions, couleur, humidité), apparence de la surface et de la texture (densité, dureté, résistance aux bris) (**Fustier, 2006**). Cette qualité est gouvernée par la nature et la quantité des ingrédients utilisés (**Maache-Rezzoug et al, 1998**).

Dans le cas des biscuits, la couleur et la texture sont des paramètres importants dont on doit contrôler.

#### V.2.1. Texture :

Elle est déterminée principalement par la teneur en humidité, en gras et les types et les qualités des carbohydrates structurales (cellulose, amidons, pectines...etc.) et les protéines présentes. Elle influe considérablement la perception du consommateur (**Fellows, 2000**).

L'expansion, un évènement pertinent dans la formation de la texture est déterminé par les propriétés rhéologiques de la pâte, qui dépend du comportement et interactions de ces composants et la solubilité du gaz dans la phase continue. Des expansions grande produisent une faible densité ce qui résulte en de biscuits de grandes porosité (**Lara et al, 2011**).

Les dimensions physiques du biscuit sont gouvernées par le développement de la structure poreuse dans le four, et le poids et la teneur en eau du biscuit sont principalement contrôlés par l'évaporation d'eau pendant la cuisson (**Cronin et Preis, 2000**).

La résistance de la croûte du biscuit à la déformation est un attribut textural dont on connaît sou le nom de la dureté et fermeté et c'est un facteur important dans les produits de panification comme elle est fortement corrélé avec la perception de la fraîcheur du biscuit. Pour cela, la texture est un critère de qualité important, ou la formation d'une miette tendre et flexible est désirée (**Lara et al, 2011**).

Les propriétés de texture des aliments:

- Une évaluation initiale de la dureté; la friabilité.
- Une perception de la mastication et l'adhésion, l'humidité, si le produit est gras. avec une évaluation de la taille et la géométrie des particules de l'aliment.
- Une perception de la vitesse de fracturabilité de l'aliment pendant la mastication, la libération de l'eau ...etc. (**Fellows, 2000**)

### V.2.2. Couleur

La couleur est un facteur déterminant dans la définition de la qualité de n'importe quel aliment et elle est un trait que le consommateur remarque immédiatement comme elle influence l'impression sensorielle subjective (**Lara et al, 2011**).

### V.2.3. Goût, flaveur et arôme

Les attributs du goût sont le salé, le sucré l'amère et l'acidité. Les composants volatiles d'arôme sont produits sous l'effet e la chaleur, l'oxydation, l'activité non enzymatique sur les protéines, la matière grasse et les carbohydrates (ex : Réaction de Maillard) (**Fellows, 2000**).

---

# **CHAPITRE II**

## **Germe de blé tendre**

---

## I- Généralités

Le germe de blé est un sous-produit de la minoterie et la partie la plus importante de la survie des semences car il peut se développer en futures plantes (**Zhu et Zhou ; 2005**). Le germe de blé, correspond de 2 à 3% du poids total de l'amande de blé, est presque systématiquement éliminé lors de la mouture car il a une influence négative sur la conservation et la qualité de la farine (**Rizzello et al., 2010**).

Les germes des céréales réunissent un nombre de substances biologiquement actives, indispensables à l'édification et la croissance de la plante, dans la texture naturelle. Du fait de leur teneur en huile et leurs fractions de substances actives oléo solubles, le germe de blé constitue une matière première précieuse (**Chaban et Terrache, 2000**).

Le germe dans son ensemble, est un produit riche en matière protéique (35 à 40 % M.S), en matière grasse (15 %) et en matière minérale (5 à 6 % M.S). Il est également riche en vitamines du groupe B et en vitamine E (**Nuret, 1989 ; Bourson, 2009**).

Aujourd'hui, les nutritionnistes, ont pris conscience de sa valeur et encouragent l'utilisation de germe de blé comme complément nutritionnel. Saupoudré quotidiennement sur les salades, yaourts, potages ...etc.

Il apporte tous les éléments qui sont souvent déficient dans notre alimentation moderne. Le seul inconvénient de l'utilisation extensive de germe de blé a été sa faible stabilité au stockage, en raison de la présence de grande quantité de graisses et des enzymes hydrolytiques (lipase, lipoxygénase), qui rendent le produit très sensible au rancissement. C'est pourquoi, et selon les demandes des boulangeries, les minoteries cherchent à extraire le maximum de l'endosperme de la graine avec la plus basse contamination par les germes. Par conséquent, le dépôt annuel mondial de germe de blé est estimé à environ 25000.000 tonnes (**FAO, 2008**). La consommation humaine du germe de blé est très limitée, puisque la majeure partie de celui-ci est utilisée pour l'alimentation animale et à d'autres fins (**Rizzello et al., 2010**).

## II-Structure de germe de blé

Selon **Ayroy et Doughty (1970)**, le germe de blé comprend deux parties essentielles :

### II.1. Le scutellum

Il entoure l'embryon et le sépare de l'amande, d'une part il est riche en thiamine (60% de thiamine total de grain), d'autre part ; le scutellum est riche en phosphore.

### II.2. L'embryon :

L'embryon contient environ 30% des protéines solubles mais pas d'amidon. On y trouve de saccharose et de raffinose, qui donne à l'embryon son gout douceâtre. La thiamine et d'autres vitamines du groupe B représentées de quantités considérables. Il est riche en matières grasses ou en huile ; ce qui explique sa richesse en vitamine E.

D'après **Barnes (1983)**, l'embryon est formé.

- D'une radicule qui donnera la future racine.
- D'une tigelle qui donnera la future tige.
- Et d'une gemmule qui est, un petit bourgeon dont la croissance pendant la germination fournira les feuilles.

## III- Composition biochimique du germe et sa valeur nutritionnelle

Le germe de blé est un produit à valeur biologique élevés, très riche en protéines, en matière grasse, ainsi qu'en vitamines, minéraux et en enzymes, par rapport aux autres parties du grain de blé.

Sa composition biochimique varie en fonction de la technique d'extraction (**Adrian, 2004**). Au laboratoire il est possible de recueillir le germe en tant que fraction anatomique du grain, de même que son annexe de Scutellum. Cette façon d'opérer aboutit à l'obtention du germe pur ; son analyse sert en quelque sorte de donnée de référence.

Au cours de la mouture du blé tendre par voie sèche, parmi les produits issus des premiers broyeurs, une fraction correspondant au germe peut être séparée de l'ensemble de la mouture. Il s'agit du germe meunier, qui présente des différences sensibles avec le produit expérimental en raison de la présence inévitable de fragments étrangers provenant des autres fractions du grain ; d'albumen, de couches sous-corticales et de péricarpe.

Dans le germe meunier, les spécificités biochimiques sont donc atténuées en raison de la présence d'éléments étrangers, ce qui se traduit par des différences d'ordre qualitatif et quantitatif. Le germe pur est, avant tout, une matière protidique et secondairement glucidique.

Le **tableau 04** résume la composition globale de germe de blé (**Bure et Guinet, 1977 ; Godon et Wilim, 1991**).

**Tableau 04:** Composition globale du germe de blé en % M.S (**Adrian, 2004**).

	Germe de blé	
	Germe pur	Germe meunier
Eau	14	11.5
Protéines	39	26.5
Lipides	16.5	9.3
Glucides digestibles	22.5 (a)	23.5
Fibre insoluble	-	18.6
Fibre soluble	-	6.1
Cellulose brute	3.2	-
Minéraux	4.8	4.2
<b>Valeur énergétique</b>		
En Kcal	395	284
En K Joules	1625	1170

(a) Exprimé an sucres.

(-) non déterminé.

### III.1. Humidité :

La teneur en eau est un facteur déterminant lors de la conservation. D'après **Barnes (1983) ; Al kahtani (1989) et Favier (2003)** le germe contient environ  $9 \pm 1,70$ g d'eau par 100g, alors que **Adrian et Frangne (1995) et Nessah (1998)** ont trouvé des teneurs plus élevées soit ; 12% et 13% respectivement. (**Sudha et al, 2007 ; Srivastava et al, 2007**) rapportent 11.4% en teneur alors que **Adrian(2004)** ne trouve que 11.5%.

Les différences enregistrées sont essentiellement dues, à la condition de récupération, ainsi que le conditionnement du blé (préparation à la mouture).

### III.2. Composition minérale et en vitamines :

Le germe de blé est fortement minéralisé, toutefois dans ce domaine il souffre d'un handicap du fait d'une forte accumulation d'acide phytique, lequel constitue une réserve de phosphore.

La teneur en cendre du germe de blé se situe dans un intervalle de 4 à 6% (**Ibanoglu, 2002; Adrian, 2004; Boursson, 2009**).

Ce qui est affirmé par les teneurs trouvées par **Barnes (1983) ; Al kahtani (1989) ; et Nessah (1998)** avec respectivement : 4% ,5.09 % et 5.3 %, alors que pour **Srivastava et al (2007)** la teneur est de 3,3 à 4 %. La composition en éléments minéraux du germe d'après ces auteurs est représentée dans le **Tableau 05**.

**Tableau 05:** Composition du germe de blé en matières minérales et en vitamines et intérêt nutritionnel (**Adrian, 2004**).

	Germe meunier	Germe pur	% des besoins couverts par la consommation de 100g de germe meunier (a)
	Mg /100g		
Calcium	70	35-70	8
Magnésium	250	140-360	60
Fer	1.65	0.95	18
Phosphore total dont : Phytique	1100 47%	1230 40%	78 (b)
Vitamine E totale dont : $\alpha$ tocophérol $\beta$ tocophérol	25-50 55% 30%	70 60% 20%	205
Vitamine B1	2.0	0.4-2.6	155
B2	0.7	-	44
B3	4.5	3 à 5.5	32
B6	3.3	-	185
B9	0.5	0.2	150

(a) : D'après **Afssa (2001)**, données pour l'homme adulte ;

(b): Basé sur la fraction disponible, non phytique

Malgré l'absence des vitamines A et D, les tocophérols sont très abondants, la forme étant la forme majoritaire étant la forme  $\alpha$ , qui est totalement suffisant pour couvrir le besoin nutritionnel.

Le niveau de l'ensemble des vitamines B à l'exception de la vitamine B12 rivalise avec celui des meilleures sources alimentaires, telles que la levure sèche et le foie.

D'une manière générale, elles se répartissent uniformément entre le germe et le scutellum. Celui-ci se distingue cependant par une richesse extraordinaire en thiamine : 5 à 10g par jour couvriraient le besoin de l'homme adulte.

Deux autres points méritent d'être soulignés : la richesse du germe en pyridoxine (vitamine B6) et en acide folique (vitamine B9). Le corps médical fait classiquement appel à ces facteurs dans deux situations précises : la vitamine B6 est une arme efficace contre la spasmophilie, et une supplémentation en vitamine B9 est pratiquée couramment lors des grossesses. Il est aisé d'en déduire la place que le germe pourrait occuper en alimentation humaine (**Adrian, 2004**).

**Tableau 06:** Composition du germe de blé en éléments minéraux (en mg /100g de matière sèche)

Auteurs	Elément minéraux (mg-100g)						
	Ca	P	K	Na	Zn	Mg	Fe
AL KAHTANI (1989)	5.6	806	805	Traces	12.2	154	4.5
ADRIAN (1995)	70	1200	850	5	-	260	10
FREDOT (2005)	55	971	871	9	-	250	7.6

### III.3. Fraction protéique :

Le germe de blé est considéré comme la partie la plus riche en protéines comparé aux autres constituants du grain. Et sa richesse correspond à des proportions harmonieuses de tous les acides aminés essentiels (**Hettarachy et al, 1996**).

Il renferme en effet approximativement 25% à 40% de protéines (**Ibnoglu, 2002 ; Zhu et Zhou, 2005 ; Arshad, 2007 ; Sudha et al, 2007 et Boursson, 2009**).

**Barnes (1983) ; Lupano et al, 1986** ont rapporté que le germe renferme une teneur en protéines de 26% cette valeur est comparable à celle trouvée par **Adrian (1995) : 27%**. **Hettiarachy et al (1996) ; Nassah (1998) ; Karwowska et Kostrzew (1998)** quant à eux



ont trouvé des valeurs supérieures : 40% 35% 30% respectivement. Alors que **Bajaj et al, (1991)** ne rapporte que 20-48%.

Deux grande familles ; les protéines globulaires (albumine et globuline) et le gluten (gliadines et gluténines) (**Adrian, 2004**).

Selon ce même auteur ces protéines sont composées pour une large part l'albumine (30%) et de globulines (19%), ayant un très bon équilibre en acides aminés indispensables. Les gluténines ne sont qu'à un taux insignifiant, alors que les gliadines constituent 15% de l'ensemble. Il reste près du tiers des composés protidiques dont la nature est difficile à déterminer et dont la structure se rapproche de celles des gliadines et des gluténines.

L'ensemble aboutit à un équilibre satisfaisant en acides aminés puisque le plus grand déficit en acides aminés soufrés- se situe à 40% (**Tableau 07**) et que les déficits secondaires sont de l'ordre de 30%.

**Tableau 07** : Composition du germe de blé en acides aminés indispensables et pourcentages de déficit par rapport à ceux de l'œuf entier (en g/100g) (**Adrian, 2004**).

	Protéines	Déficit %
Arginine	6.95	-
Cystine	1.55	-
Histidine	2.9	-
Isoleucine	4.65	29
Leucine	7.2	14
Lysine	6.2	12
Méthionine	1.7	50
Phénylalanine	3.9	32
Thréonine	4.75	8
Tryptophane	1.1	27
Valine	5.1	28
Somme acides soufrés	3.25	42

(-) non déterminé

A partir de ce tableau, on observe la richesse quantitative et qualitative du germe de blé en acides aminés, ce qui rend le germe de blé un concentré protéique plus équilibré en acides aminés.

Le germe de blé se classe donc parmi les produits qui apportent des protéines de bonne qualité, et se rapproche de celle des viandes. La richesse en Lysine mérite d'être aussi soulignée : contrairement aux protéines des autres fractions céréalières.

Celles du germe ne sont pas déficientes en Lysine aussi, le germe de blé est-il un facteur de correction azotée pour les dérivés céréalières entrant en alimentation humaine (farine blanche, semoules, gluten) : son introduction améliore inmanquablement la qualité azotée du produit.

**Tableau 08:** Composition des fractions céréalières du blé en lysine en g par 100g de protéines (N×5.7) et pourcentage de déficit (**Adrian 2004**).

		<b>Lysine</b>	<b>Déficit %</b>
Référence	Œuf	7.05	0
Blé	Grain entire	2.8	60
	Farine blanche	2.1	70
	Gluten	1.55	78
	Son	4.15	41
	<b>Germe</b>	<b>6.05</b>	<b>14</b>

#### III.4. Fraction glucidique :

Outre les polysides pariétaux la fraction glucidique du germe se compose presque exclusivement de di-et tri holosides, accompagnés d'oses simples.

En analysant le germe pur, germe meunier et scutellum, il est rapporté que le saccharose et le raffinose en sont les composants majeurs (**Tableau 09**). Ce sont même les seuls éléments décelables dans les produits expérimentaux. D'une manière générale, on considère que le saccharose représente près de 10 % du poids du germe ; cette proportion lui confère un goût agréable lors de la consommation. En revanche, la présence du raffinose offre peu d'intérêt, d'autant qu'il est susceptible de provoquer des flatulences lorsqu'il est métabolisé par des clostridie au cours du transit intestinal (**Adrian, 2004**).

La teneur en glucide totaux dans le germe varie dans l'intervalle de 16 % à 34 % d'après certains auteurs.

Le taux des glucides pour les variétés cultivées en Arabie Saoudite indiqué par **Al kahtani (1989)** est de 16,66% cependant, **Karwowska et Kostrzew (1988)**; **Adrian (1995)** et **Nessah (1998)** ont trouvé des valeurs plus élevées : 30%, 33,9% et 24,11% respectivement.

Ces différences en teneur sont liées à la contamination par l'endosperme et le son (**Sudha et al., 2007**). Le germe est aussi riche en polysaccharides (cellulose 3,3 %) et en pentosanes 8,2%.

**Tableau 09** : Composition du germe en oses et oligosides en g/100g M.S (**Adrian, 2004 ; Geoffroy, 1950 ; Dangoumou, 1960**).

	Germe Meunier	Germe Pur
Oses et oligosides totaux	116.8	21.9
Saccharose	6.3	12
Raffinose	9.7	9.9
Fructose	0.8	-

### III.5. Les enzymes :

Les enzymes sont des protéines spécialisées dans la catalyse des réactions biologiques. Leur action est extrêmement spécifique d'une part, à l'égard du type de réaction à effectuer (hydrolyse, réduction, oxydation) et d'autre part de la structure et de la géométrie des substances concernées (**Arnaud, 1985**).

Parmi les enzymes disponibles au niveau du germe on a surtout les lipoxygénases, lipases et les protéases (**Taylor, 1980; Sjövall et al, 2000; Sudha et al, 2007; Srivastava et al, 2007; Rizzello et al, 2010**). La répartition des enzymes dans le germe de blé est représentée dans le **tableau 10**.

**Tableau 10:** Répartition des enzymes dans le germe de blé (Nuret, 1991).

	Germe
<i>β- amyIase</i>	(Scutellum) + +
<i>α- amyIase</i>	+ +
<i>Lipase</i>	+ + +
<i>Protéase</i>	+ + +
<i>Phytase</i>	(Scutellum) +
<i>Lipo-oxygénase</i>	+ + +
<i>Oxydase</i>	+ + +
<i>Estérase</i>	+ +

+ + + : Présence importante.

+ : Présence.

+ + : Présence notable.

**III.6. Fraction lipidique :**

La teneur en lipides est élevée dans le germe (15 %), un peu plus faible (7-8%) dans les couches externes de la graine et elle est nettement plus faible dans tous les autres tissus dont l'endosperme (Godon, 1991).

La phase lipidique est particulièrement complexe (Tableau 11) : à côté des lipides apolaires (triacylglycérols), elle renferme 15 % de matières émulsifiantes sous forme de phospholipides et environ 5 % de matière insaponifiable, valeurs très supérieures à la composition des graines oléagineuses usuelles.

**Tableau 11:** Caractéristiques lipidiques du germe meunier (Adrian, 2004).

	g/100 g	% de la phase lipidique
Lipides bruts	10.75	100
Lipides apolaires	8.25	81
Phospholipides	1.55	14.5
Insaponifiable Dont :	0.5	4.5
✓ stérols + alcools	0.3	
✓ tocophérols	0.07	
✓ hydrocarbures	0.03	

Selon **Barnes (1983)** la variation des teneurs lipidique de germe peut être due à plusieurs facteurs :

- Variété de blé.
- Degré de contamination du germe par le son.

#### **IV-Extraction du germe en mouture de blé tendre:**

Le germe de blé, de par sa teneur en huile et sa consistance plastique est aplati lors de son passage entre les cylindres lisses. De nombreux moulins disposent d'équipements spécialisés permettant de séparer le germe du son et des remoulages (**Boudreau et Menard, 1992**) Sans système approprié, on ne peut séparer qu'une petite proportion des germes dont la grosse partie s'en va dans le son et les remoulages, après avoir été refusé avec les gros produits de broyage (**Nuret, 1989**)

- L'extraction de germe de blé tendre se fait de la manière suivante :

Après nettoyage et conditionnement des grains de blé tendre. Celles-ci sont broyées en passant à travers les cylindres cannelés des broyeurs, ou ils seront fragmentés en particules plus ou moins grosses.

Les deux coproduits son et germe sont éliminés par plansichter de subir un aplatissement par les cylindres lisses. Puis dirigés vers le claqueur R3 ou atteint la limite maximale d'aplatissement et constitué donc le refus de tamis d'ouverture des mailles de 1250 micromètres, ce refus est constitué par un mélange de germe et du fin son.

Le germe se présente sous forme de plaquettes écrasées minces de formes plus ou moins arrondies, avec une odeur caractéristique, une saveur sucrée et une couleur jaunâtre.

Le germe commercial n'est jamais pur, il contient toujours une proportion variable de fractions de son et d'endosperme (**Bolte et Finneyl, 1977**).



Il existe différents procédés de stabilisation de germe de blé, les procédés les plus utilisés sont les suivants :

- Stabilisation par chaleur (séchage).
- Le pressage par froid.
- L'extraction des lipides.
- Traitement par Infrarouge.
- Séchage sur lit fluidisé.
- La déshydratation par utilisation de tambours rotatifs.

---

# **CHAPITRE III**

## **Valorisation du germe de blé**

---



### I- Valorisation du germe de blé :

A l'heure actuelle, le germe de blé est principalement utilisé comme aliment pour animaux. Cet ingrédient alimentaire pourra beaucoup apporter à l'alimentation humaine ce qui nécessite sa récupération et sa valorisation (Rizzello et al, 2011). La figure 04 illustre les différentes voies de valorisation du germe de blé.

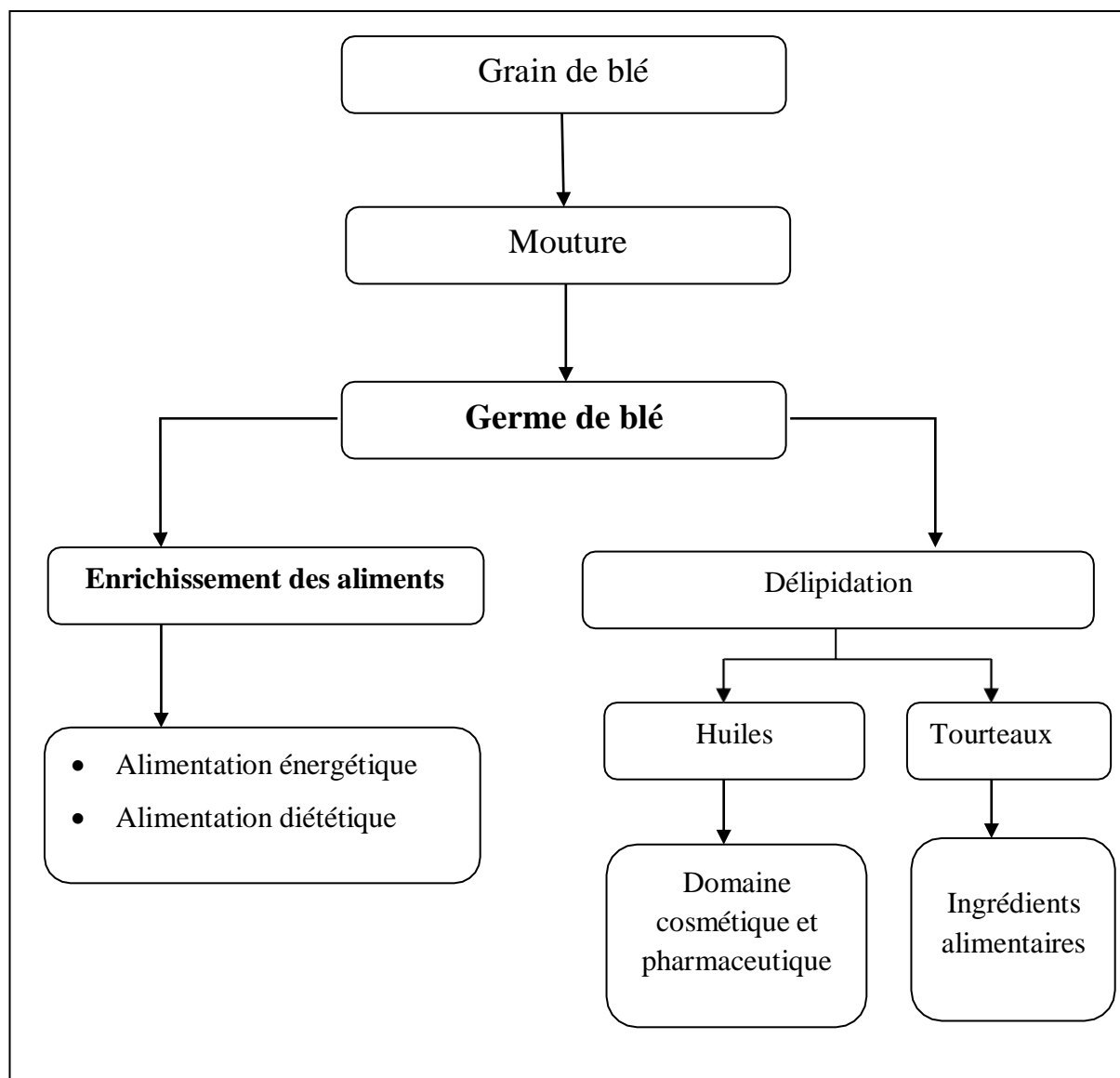


Figure 4: Différentes voies de valorisation du germe de blé (Anonyme, 2011).

## **II- Différentes formes d'utilisation du germe de blé :**

### **II.1. Germe de blé fermenté :**

Dans de nombreux pays dont l'Italie, les USA, la Russie, la Finlande ou l'Australie, il est utilisé depuis plus de 10 ans comme adjuvant aux thérapies conventionnelles contre le cancer (radiothérapie, chimiothérapie). Plus récemment ce germe de blé a commencé à se faire connaître plus précisément en France, avec l'essai de Sandra Cascio qui a démontré, comment le germe de blé fermenté, est de plus en plus utilisé en dans les formulations thérapeutiques des cancers.

Pour jouer tous ces rôles bénéfiques, le germe de blé fermenté utilise quatre grands mécanismes d'action qui changent la biochimie et le fonctionnement interne des cellules tumorales. Il coupe les sources de nourriture des cellules tumorales, il régule le système immunitaire, il inhibe la Ribonucléotide Réductase (RR) et empêche ainsi la multiplication des cellules tumorales, et pour finir, il empêche la réparation des cellules tumorales eninhibant la Poly-ADP-Ribose-Polymérase (PARP) (**Charaoui et Haddouche, 2019**).

### **II.2. Utilisation des protéines de germe de blé :**

L'utilisation des protéines de germe de blé ne peut se justifier que grâce à l'emploi d'une technologie appropriée. Le matériel employé doit présenter au moins trois caractéristiques principales (**Staron, 1985**):

- Qu'il soit produit en quantité importante.
- Qu'il possède une haute teneur en protéines.
- Que l'équilibre de ses protéines en acides aminés soit convenable et leur valeur biologique soit élevée.

Les propriétés fonctionnelles des protéines du germe en l'occurrence une solubilité élevée, de bonnes propriétés émulsifiantes, des capacités moussantes et hydrophobicités, un pouvoir moussant, une légère texture et une saveur propre favorisent l'industrialisation de la récupération des protéines du germe de blé pour les utiliser comme des ingrédients pour plusieurs produits alimentaires y compris les viandes transformées, les céréales et les produits de boulangerie et dans les boissons (**Fatma et al., 2010**).

### II.3. Utilisation de l'huile du germe de blé :

L'huile de germe de blé est très appréciée pour sa haute teneur en acides gras insaturés constitués principalement de l'acide linoléique (18:2) et linoléique (18:3), ce sont des acides qui ont une grande importance dans le métabolisme humain et qui ne sont pas synthétisés par l'organisme (**Yuldasheva et al., 2010**).

L'acide linoléique permet de diminuer le cholestérol et est aussi un précurseur des phospholipides des membranes cellulaires (**Piras et al, 2004**).

**Niu et al, 2013** ont démontré l'utilisation de l'huile de germe de blé dans la conception de phyto- nano émulsions pour des produits cosmétiques dermiques ou des compléments alimentaires.

### II.4. Utilisation du germe de blé dans le domaine alimentaire :

#### ○ L'enrichissement d'aliments par le germe de blé :

Pour une santé mondiale, les nutritionnistes recherchent des formulations à base de produits bio qui apportent une source diversifiée de nutriments indispensables. Le germe de blé est l'un de suppléments nutritionnels le plus diversifié, apporte des composés protéiques potentiels de haute valeur biologique. En outre, le germe de blé est connu comme la plus riche source en tocophérol et aussi une source de vitamines du groupe B. Son importance est surtout due à son apport en qualité et en valeur nutritionnelle au produit final formulé (**Bajajet coll, 1991; Sidhu et al, 1999; Pinarli et al, 2004; Arshad et al, 2007; Bilgic li & Ibanoglu, 2007; Majzoobi et al, 2012**). Il offre trois fois plus de protéines de haute valeur biologique, du gras, des sucres et des minéraux.

Le germe de blé offre une excellente source en protéines et vitamines pour l'enrichissement des produits alimentaires

Le germe de blé est commercialisé soit en farine ou paillettes (Saveur douceâtre peu agréable), soit sous forme de produits enrichis

Exemples d'aliments enrichis par le germe de blé :

- Petit déjeuners au germe de blé.
- Pates au germe de blé, potage.

- Pain au germe de blé : Les pains enrichis en farine de germe de blé se caractérisent par un très bon goût, une bonne couleur et une odeur caractéristique, et avec un apport énergétique profitable (**Kouache et Mameche, 2017**).
- Biscuits au germe de blé : le germe de blé dans les biscuits a amélioré leur valeur nutritionnelle sans aucun effet sur leur physique et leur qualité sensorielle caractéristique (**Arshad et al, 2007**).
- yaourt au germe de blé: l'ajout de germe de blé au yaourt (Tarhana) est un mélange fermenté blé-yaourt, largement consommé en Turquie (**Kumral, 2015**) permet d'augmenter la quantité de composés enrichis tels que ferrique, potassium, zinc, phosphore, magnésium, acides gras insaturés et fibres. De plus, l'ajout du germe de blé n'a pas eu d'effet significatif sur le profil d'acidité et la croissance de la culture bactérienne starter (**Gahruie, 2019**).
- **Abbas (2015)** ont préparé deux sous-produits laitiers, soit du lait de beurre de bufflonne et du lactosérum doux au germe de blé (avec 2% de germe de blé), présentaient une coloration jaunâtre, une viscosité apparente et une activité antioxydante plus élevée.
- Café au germe de blé: Plusieurs substances odorantes de germe de blé torréfié sont présentes dans l'arôme du café torréfié tels que 2-méthylbutanal, 3-méthylbutanal, 2-méthylfuran et 2,3. butanedione en forte concentration (**El-Saharty et al, 1998; Fadel et al, 2008**). L'enrichissement avec du café supplémenté en germe de blé a réduit les émissions d'aldéhydes et de dioxyde de carbone, alors qu'il a augmenté les composés phénoliques (**Fadel et al, 2008**).

Le germe de blé un ingrédient largement utilisé dans plusieurs types d'aliments.

- Les repas froids: le germe de blé est une source économique de haute qualité et de bonne valeur protéique. Il peut être servi comme un précieux composant dans quelques aliments ou dans les repas froids. En effet, différents genre de biscuits, déjeuners céréaliers, les desserts. etc.
- Les pâtes alimentaires: les macaronis complété avec 15% de germe de blé avaient une teneur plus élevée en protéines, en matières grasses et en glucides et présentaient des propriétés organoleptiques souhaitables et une qualité de cuisson acceptable par rapport au témoin (**Pinarli et al, 2004**).
- Les aliments infantiles : le germe de blé a une haute valeur biologique, une bonne digestibilité, une couleur et une saveur agréable, l'ensemble de ces attributs rend le

germe de blé un ingrédient acceptable pour les aliments infantiles (**Garuda internationale, 1998**).

- Les produits diététiques spéciaux : la qualité biologique et diététique du germe de blé biologique (**Pinarli et al, 2004**), le rendent comme un idéal supplément dans les formulations alimentaires. Sa basse teneur en sodium le rend favorable pour les régimes à faible teneur en sodium.
- Les aliments cuits : le germe de blé, avec ces lipides caractéristiques, est un additif nutritionnel parfait pour les pains, les brioches, les gâteaux etc. (**Majzoobi et al, 2012**).

---

# PARTIE II

## Partie pratique

---

---

# **CHAPITRE IV**

## **Matériel et Méthodes**

---

## I. Matériel végétal :

Notre matériel végétal est une farine de blé tendre panifiable fabriqué par la société SOSEMIE et du germe de blé tendre d'une variété d'origine Canadienne, Importée par l'O.A.I.C de BLIDA (**Figure 05**).

Les échantillons nous ont été fournis par la société EURL SOSEMIE wilaya de BLIDA « SOCIETE DE SEMOULERIE MINOTERIE L'ETOILE » en date du 02/05/2023. Le germe de blé a été récupéré au cours de la phase de séparation par plansichter, précisément au niveau du claqueur N °03 après avoir subi un aplatissement, il passe travers le plansichter, un outil qui sépare le germe de blé. Cette séparation se fait par tamisage à ouverture de mailles de 3x1250 microns.

Le stockage des échantillons a été fait dans des sachets stériles à une température ambiante.



**Figure 5** : Matières végétales utilisées.

## II. Présentation du site d'étude :

La société SOSEMIE est une EURL créée en 2000 qui s'étend sur 10000m<sup>2</sup>. Pour sa première transformation, cette dernière produit 400t de farine et 350 t de semoule par jour. Sa deuxième transformation produit 36000 kg de couscous, 32000 kg de spaghetti et 30000 kg demacaroni. Cette société possède d'autres équipements liés à la zone de stockage, 10 silos de 1200 t, 35 camions et 18 véhicules remorques, t d'autres équipements qui fournissent les installations de transformation pour une production de haute qualité qui répond aux attentes etaux exigences du



marché.

En 2012 cette société a subi un sinistre, un incendie qui a dévasté 4 ha de la superficie totale de cette usine, estimée à 35 ha, et a causé la destruction d'un hangar contenant un stock important de pâtes alimentaires, outre des matières premières.

### III. Préparation des échantillons :

#### 1. Farine de blé tendre :

La farine de blé tendre est une farine panifiable commerciale de l'unité d'EURL SOSEMIE d'BLIDA avec taux un d'extraction de 78%.

Les échantillons de farine ont été conservés à une température ambiante au niveau du laboratoire de l'unité.

#### 2. Farine de germe de blé tendre :

Le germe après récupération a subi les opérations suivantes:

Après la récupération du germe de blé du moulin, sa durée de vie est limitée à cause de sa richesse en lipides, de sa teneur en humidité (10,62%) et de sa richesse en enzymes.

Le germe de blé pour être stabilisé a subi un traitement thermique pour ramener son humidité à 7,41 % en moyenne et pour inhiber les enzymes de dégradation.

Nous avons déposé le germe de blé tendre sur une surface sèche et propre à une température ambiante pendant 24h. Ceci pour éviter de détruire les nutriments essentiels qu'il contient.

#### Broyage du germe de blé tendre :

Après la stabilisation de germe, on a broyé le germe au niveau du laboratoire de l'unité SOSEMIE d'BLIDA dans un broyeur Chopin (**Figure 06**) Les farines obtenues ont été conservées à température ambiante.



**Figure 06:** Broyage du germe de blé tendre.

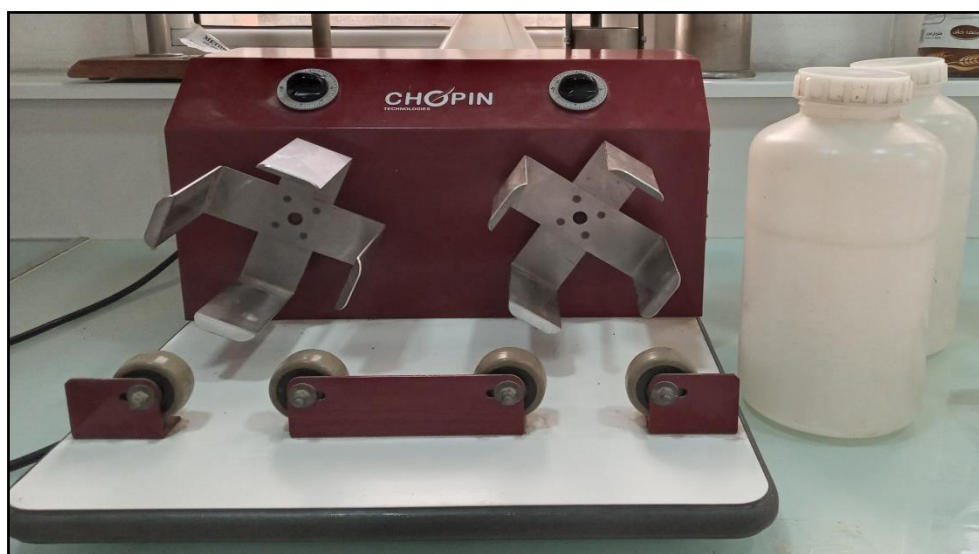
### 3. Mélanges et taux d'incorporation :

Les taux d'incorporation des farines ont été choisis comme suit :

**Tableau 12:** Taux d'incorporations des farines.

L'échantillon	La farine de blé tendre (%)	La farine de germe (%)
Témoin	100	0
F.2	98	2
F.4	96	4
F.6	94	6
F.7	93	7
F.8	92	8
F.10	90	10

Les mélanges de farine ont été effectués dans un mélangeur-homogénéisateur (**Figure 07**) pour farine type : CHOPIN, Pendant 20min de chaque farine.



**Figure 07:** Mélangeur-homogénéisateur type CHOPIN.

## IV. Méthodes analytiques :

### 1. Analyses biochimiques :

#### 1.1. Détermination du teneur en eau :

##### Principe

La méthode de référence pratique consiste en un étuvage à pression atmosphérique, à une température de 130-133°C, dans des conditions opératoires définies, la perte de masse observée est équivalente à la quantité d'eau présente dans le produit. Elle est effectuée selon la méthode normalisée en Algérie NA/1133/1990.

**Mode opératoire (Figure 08)**

- Peser la capsule métallique vide.
- Peser 5,00g d'échantillon dans la capsule métallique.
- Induire la capsule ouverte contenant la prise d'essai et le couvercle dans l'étuve pendant 2 h une température de 130°C.
- En opérant rapidement, retirer la capsule de l'étuve, la couvrir et la placer dans le dessiccateur.
- Laisser refroidir la capsule, puis peser la capsule.



**Figure 08:** Matériel utilisé pour la détermination de la teneur en eau.

**Expression des résultats**

La teneur en eau en % est donnée par la formule suivante :

$$Teneur\ en\ eau\ \% = \frac{(M_0 + P_i) - M_1}{P_i} \times 100$$

$P_i$  : masse de la prise d'essai (g)

$M_0$  : masse de capsule vide (g)

$M_1$  : masse de la prise d'essai après étuvage(g) (matière sèche + capsule)

**1.2. Teneur en cendres :**

La teneur en cendres est déterminée selon la norme NA/732/1991 qui est en concordance technique avec la norme Française NF.11.28.1985.

**Principe**

L'incinération du produit dans une atmosphère oxydante a une température de 900°C jusqu'à combustion complète de la matière organique. la teneur en cendres est déterminée par la pesée du résidu (**Norme Algérienne. 733.191. E ; ISO 2171**).

**Mode opératoire (Figure 09)**

- Peser les nacelles vides.
- Peser 5,00g d'échantillon dans les nacelles avec ajout de 1 à 2 ml d'éthanol.
- On enflamme l'échantillon par briquet, et place les nacelles à l'entrée du four sur la porte jusqu'à ce que la flamme s'éteigne puis on les place dans le four à 550°C pendant 4 h.



**Figure 09:** Matériel utilisé pour la détermination de la teneur en cendres.

**Expression des résultats**

Le taux de cendres est déterminé par la pesée du résidu, elle est exprimée en pourcentage par rapport à la matière sèche.

$$\text{Taux de cendre \%} = M_1 \times \frac{100}{M_0} \times \frac{100}{100-H}$$

Ou :

$M_0$  : la masse de la prise d'essai (g).

$M_1$  : la masse du résidu (g).

H : la teneur en eau de l'échantillon (%).

**1.3. La teneur en protéines totales :****Principe**

Les protéines des échantillons sont dosées par la méthode de Lowry (1951). Les protéines réagissent avec le réactif de Folin-Ciocalteu pour donner des complexes colorés.

L'intensité de la coloration dépend de la quantité d'acides aminés aromatiques présents et varie selon les protéines. Les densités optiques sont mesurées à 600nm avec pour témoin une solution contenant tous les réactifs exceptés les protéines.

### Mode opératoire

- Peser une quantité d'1g de l'échantillon.
- Broyer avec 25ml de l'eau physiologique (1g NaCl dans 1L de l'eau distille).
- Filtrer, ensuite dans un bécher prendre 1ml de chaque échantillons, et compléter le volume jusqu'à 100ml avec de l'eau distillée.
- Prendre 3 tubes et mettre 1 ml de la solution de l'échantillon dans chacun. Les échantillons sont conservés dans des tubes à essai à l'obscurité au réfrigérateur pendant 24h.
- Préparation de réactif de Lowry (des 2 solutions A, B) :
  - Solution A est constituée d'1g de la soude (NaOH) mélangée à 5g de Carbonate de sodium ( $\text{NaCO}_3$ ) dans 250ml de l'eau distillée.
  - Solution B est un mélange de 0,125g de sulfate de cuivre ( $\text{Cu SO}_4$ ) et de 0,25g de tartrate double Sodium Potassium dans 25ml de l'eau distillée.
- Le réactif de Lowry est composé de 50ml de la solution A et de 5ml de la solution B.
- Ajouter 5ml du réactif de Lowry aux tubes et laisser reposer 10 min, puis mettre 0,5ml de Folin Ciocalteu dilué à moitié dans chaque tube.
- Agiter et laisser reposer 30 min à l'obscurité au réfrigérateur.
- La lecture se fait au spectrophotomètre avec une longueur d'onde de 600nm.
- La densité optique obtenue est ensuite convertie en pourcentage de protéines grâce à la droite d'étalonnage préparée.
- Déterminer la concentration de l'échantillon à partir de la droite d'étalonnage et de la densité optique mesurée par la formule :

$$Y = a \times X$$

Avec

Y : densité optique.

X : Concentration de l'échantillon.

a : Constante.

- Calculer la teneur en protéines exprimée en pourcentage par la formule :

$$C = (W \times 25 \times 100) \div \text{poids de l'échantillon}$$

Avec :

C : Concentration en protéines. X : Concentration de l'échantillon en abscisse.

#### 1.4. La teneur en lipides totaux :

##### Principe

La teneur en lipides totaux est déterminée selon la norme AFNOR NFV03-712 (1984).

L'analyse consiste à :

- L'extraction de la matière grasse par de l'hexane réalisée dans un appareil d'extraction de type SOHXLET pendant 4 – 6 heure.
- L'élimination de l'hexane par séchage de l'extrait lipidique dans une étuve.

##### Mode opération

- Sécher les ballons de 500ml à l'étuve à 150°C, puis les refroidir.
- Peser les ballons puis introduire 10g d'échantillon dans des cartouches.
- Placer les cartouches de l'appareil SOHXLET (**Figure 10**).
- Verser 300ml d'éther de pétrole dans chaque ballon.
- Placer les ballons sur la chauffe ballon pendant 5 heures.
- Après, éliminer le solvant du ballon.
- Sécher le résidu du ballon dans une étuve à 80-100°C.
- Refroidir les ballons.
- Peser les ballons avec l'huile



**Figure 10:** Appareil de SOHXLET.

### Expression des résultats

La teneur en lipides totaux en % est calculée par la formule suivante :

$$\text{Taux de lipides(\%)} = \frac{P_f - P_i}{M} \times 100$$

$P_f$  : poids du ballon contenant les lipides (g).

$P_i$  : poids initial (ballon vide) (g).

$M$  : prise d'essai

## 2. Analyse technologique

### 2-1. Essai sur l'Alvéographe CHOPIN:

#### Principe

Le principe de la mesure repose sur comportement d'un échantillon de pâte, formé à partir d'un mélange de farine et d'eau salée lors de sa déformation sous l'effet d'un déplacement d'air à débit constant.

Dans un premier temps, le disque de pâte résiste à la pression et ne se déforme pas, puis il gonfle sous forme de bulle plus ou moins volumineuse selon son extensibilité jusqu'à éclatement de la bulle formée.

L'évolution de la pression dans la bulle est mesurée et reportée sous forme de courbe, appelée alvéogramme (**Moulinier et Brette, 1995**)

#### Mode opératoire (Figure 11)

Détermination de la teneur en eau de la farine par la méthode rapide selon la norme ISO 712. Il représenté la quantité de la solution de Chlorure de sodium à utiliser pour préparation la pâte.

#### ○ Pétrissage

- ✓ Mettre dans le pétrin 250g de la farine, et fixer le couvercle.
- ✓ Mettre en route le moteur et chronomètre, verser par le trou du couvercle la quantité de chlore de sodium. Puis laisser la pâte se formée durant 2 min.
- ✓ Au bout de ces 02 minutes, arrêter le moteur deux fois, enlever le couvercle, réincorporé avec une spatule les particules de la farine et de pâte qui adhèrent au couvercle ou sur les angles de manière à respecter l'hydratation de la pâte. Remettre le moteur en marche et laisser le pétrissage se poursuivre durant 06 min.

- ✓ A la fin de huitième minute, arrêter le pétrissage et procéder à l'extraction.
- **Préparation des éprouvettes**
  - ✓ Inverser dans le sens de rotation du fraiseur, dégager la fonte d'extraction, utiliser l'huile de vaseline pour faciliter l'opération, éliminer les premiers centimètres de la pâte.
  - ✓ Confectionner 5 petites éprouvettes circulaires et les mettre dans la chambre de repos (température 2°C pendant 20 min).
  - ✓ Après le temps de repos, on précède au gonflement de chaque éprouvette de pâte jusqu'à éclatement de la bulle et parallèlement le diagramme de déformation se dessine sur un enregistreur.
  - ✓ La courbe alvéographique correspondant à la variation de résistance de la pâte pendant son gonflement à débit d'air constant

### Expression des résultats

L'évolution de la pression dans la bulle est mesurée et reportée sous forme de courbe appelée alvéogramme de Chopin (**Figure 12**)

Les paramètres issus de cette courbe sont les suivant :

- ✓ **W** : le travail de déformation (exprimé en  $10^{-4}$  j.g-1 de pâte). C'est le résultat le plus utilisé, il correspond à la surface délimitée par la courbe et l'axe de l'abscisse. Il chiffre la force boulangère de la farine.
- ✓ **P** : Ordonnée de pression maximale (exprimée en mm). C'est un indicateur de la résistance de la pâte à la déformation. Elle traduit la ténacité de la pâte. Du fait que les essais soient effectués à hydratation constante, plus grande sera l'ordonnée maximale, plus il faudra ajouter d'eau pour obtenir une pâte de consistance déterminée.
- ✓ **L** : Abscisse à la rupture (exprimée en mm). Ce paramètre est proportionnel au volume de la bulle atteint juste avant sa rupture. L est généralement associé à l'extensibilité de la pâte.
- ✓ **G** : le gonflement cet indice exprime l'extensibilité (L) de la pâte. c'est un critère important de la qualité des blés et des farines.
- ✓ **P/L** : Rapport de configuration de la courbe. Ce rapport exprime l'équilibre des propriétés de ténacité et d'extensibilité (Godon et Wilim, 1991).





Figure 11: Opérations alvéographiques

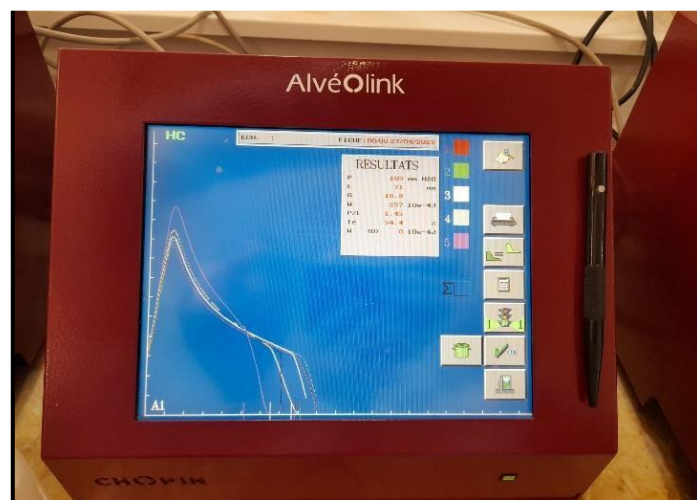


Figure 12: Alvéogramme de Chopin.

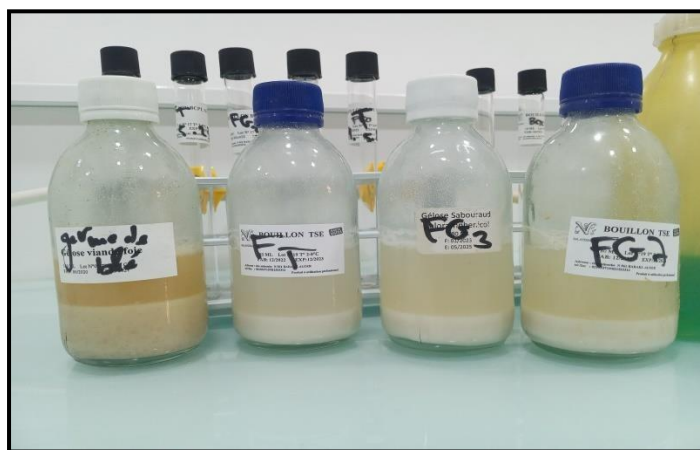
### 3. Analyses microbiologiques :

Le contrôle microbiologique a pour but de garantir la bonne qualité hygiénique. Il détermine le risque pour la santé du consommateur (**Brule et al, 2006**).

Les analyses reposent sur la recherche et le dénombrement des germes les plus significatifs de l'état hygiénique d'un produit alimentaire céréalier.

#### 3.1 Préparation de l'échantillon pour essai :

Prendre 25g de l'échantillon dans un bocal stérile préalablement taré contenant au préalable 225 ml de diluant l'eau physiologique et laisser pendant 15 à 30 min pour homogénéiser. Cette suspension constitue la dilution mère qui correspond la dilution 10<sup>-1</sup>.



**Figure 13:** Préparation des solutions mères.

#### 3.2 Recherche et dénombrement des levures des moisissures :

La norme NA 1210 (**ISO 7954**) microbiologie – porte les directives générales pour le dénombrement des levures et moisissures – technique par comptage des colonies à 25 °C.

##### Mode opératoire

- Porter aseptiquement 4 gouttes dans une boîte de pétri contenant le milieu de culture, du Sabouraud au Chloromphénicol.
- Etaler les gouttes à l'aide d'un râteau stérile.
- Incuber à 25°C pendant 5 jours.
- Faire de la même façon une boîte témoin du milieu incubé tel quel.

## Lecture

La première lecture doit se faire sur la boîte témoin, car si elle présente des moisissures, l'analyse est à refaire.

### 3.3 Recherche et dénombrement de la bactérie pathogène recherchée de type *Clostridium sulfito-réducteurs*

La norme NA 15157 (**ISO 7937 : 1997**) microbiologie des aliments –méthode horizontal pour le dénombrement des *Clostridium sulfito-réducteurs* – et la technique par comptage des colonies.

#### Préparation du milieu

Dans un flacon de gélose viande foie refroidie à 45 °C, ajouter une ampoule d'alun de fer et une ampoule de sulfite de sodium, Mélanger soigneusement et aseptiquement. Le milieu est ainsi prêt à l'emploi, mais il faut le maintenir dans une étuve à 45 °C jusqu'au moment de l'utilisation.

#### Ensemencement

- ✓ Les tubes des échantillons en suspension à analyser seront soumis : d'abord à un chauffage à 80°C pendant 8 à 10 min ; puis à un refroidissement immédiat et brutal sous l'eau de robinet.
- ✓ Porter aseptiquement 1ml de chaque échantillon, dans deux tubes à vis stérile. Puis ajouter environ 15ml de gélose foie prête à l'emploi, dans chaque tube, et faire de la même façon au tube témoin.
- ✓ Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes.
- ✓ Les tubes seront ainsi incubés à 46°C pendant 16 à 24 au plus tard 48 heures.

#### Lecture

Les colonies noires de spores qui se sont développées en anaérobiose sont des colonies des bactéries de *Clostridium sulfito-réducteurs* à corrosion ayant la capacité de précipiter les sulfures avec les ions de fer.

La première lecture doit se faire immédiatement à 16 heures, car :

- ✓ D'une part, les colonies de clostridium sulfito-réducteur sont envahissantes et dépassant ce temps l'interprétation est impossible et l'analyse à refaire.

- ✓ D'autre part, pour la lecture, il faut absolument repérer toute les colonies ayant poussées en masse et ayant un diamètre supérieur à 0.5 mm.
- ✓ Dans le cas où il n'y a pas de colonies caractéristiques, ré-incuber les tubes et effectuer une deuxième lecture au bout de 24h voir 48h.

---

# **CHAPITRE V**

## **Résultats et Discussion**

---

## I. Etude de la matière première

Les matières premières utilisées sont la farine de blé tendre panifiable et farine de germe de blé tendre.

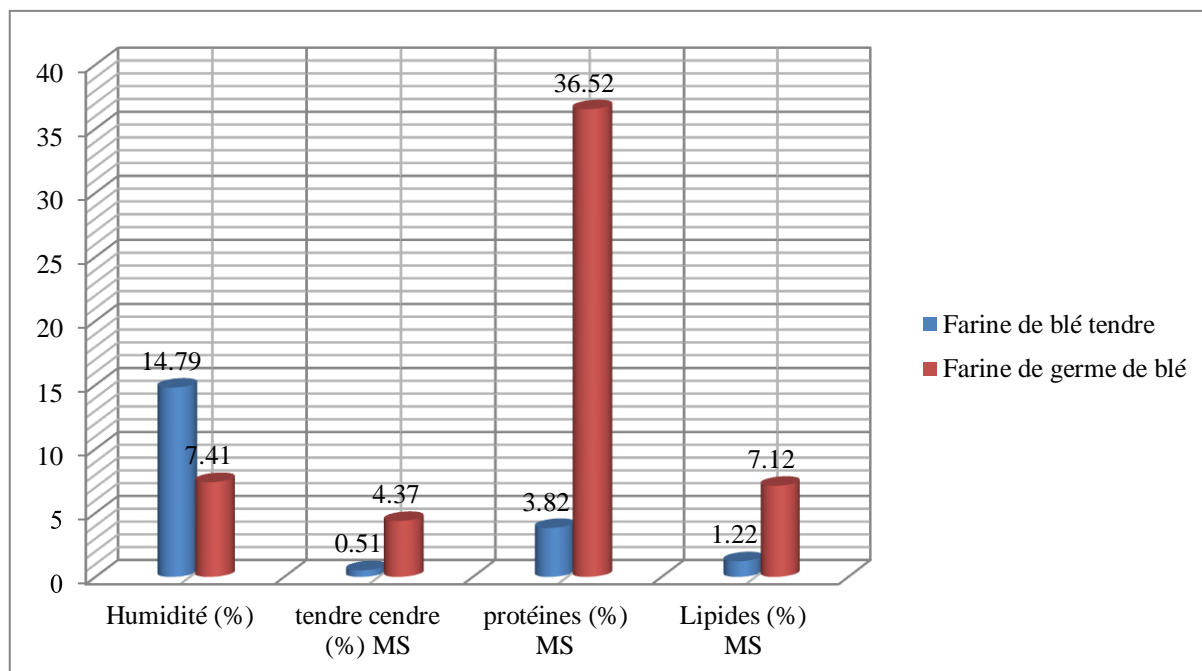
### ➤ Caractéristiques biochimiques :

Toutes les analyses sont effectuées sur des farines de germe de blé stabilisées, la farine panifiable. Le **tableau 13**, **figure 14**, représentent les résultats des analyses biochimiques de la farine de germe de blé et de la farine panifiable.

**Tableau 13:** Composition biochimique de la farine et germe de blé.

Composantes biochimiques	Type de farine	
	Farine de blé tendre (*)	Farine de germe de blé (*)
Humidité (%)	14,79	7,41
Cendres (% M.S)	0,51	4,37
Protéines (% M.S)	3,82	36,52
Lipides (% M.S)	1,22	7,12

(\*) : Moyenne de trois essais.



**Figure 14:** Analyses biochimiques des matières premières.

### 1. Teneur en eau :

La détermination de la teneur en eau de la farine est essentielle car elle peut :

- Protéger la farine des altérations lors d'un éventuel stockage.
- Dans notre cas de fabrication de biscuits, pour déterminer la quantité d'eau ajoutée lors de la transformation de la matière.
- Rapporter les résultats d'analyse sur une seule échelle pour permettre des comparaisons si nécessaire.

En biscuiterie, la teneur en eau varie selon le type de produit. Pour les plaquettes, utiliser des suspensions jusqu'à 100 % d'hydratation. Avec certaines pâtes à biscuits fragiles, cette humidité peut entraîner des interruptions de production si elle n'est pas corrigée lors du pétrissage (**Godon & Willim, 1991**).

Les résultats obtenus sont regroupés dans **le tableau 13**.

L'état hygroscopique de la farine varie principalement avec l'humidité de l'air et la quantité d'eau ajoutée au blé avant mouture (**Gautier, 1961**).

Une forte teneur en eau entraîne une prolifération microbienne et une activité enzymatique, ce qui réduit la valeur nutritionnelle et la qualité sensorielle du produit (lipolyse, protéolyse et synthèse d'aflatoxines).

La farine panifiable a présenté une teneur en eau de l'ordre de 14,79%. Si on se réfère à **Chene (2001)** l'humidité normale d'une farine panifiable de blé tendre se situe dans la fourchette de 13 à 15% pour que la farine se conserve convenablement.

La farine de germe de blé n'a atteint que 7,41 %, résultat d'un processus de stabilisation thermique visant à éviter partiellement ou complètement l'activité microbienne ou enzymatique (**Arshad et al, 2007**).

### 2. Le taux de cendres :

Les cendres sont le reste d'une incinération complète de la matière organique soit après que la farine a été complètement brûlée. Leur détermination est un moyen d'évaluer la pureté de la farine.

Nous considérons que la faible teneur en cendres de la farine est une caractéristique de pureté (**Gordon, 1991**). Dans certains cas, la teneur en cendres est un indicateur de rendement en farine de blé.

Le taux de cendres des farines panifiable varie entre 0,45 et 0,60 %. Les résultats répertoriés sur le **tableau 13** montrent que la farine de blé tendre étudiée présente un taux en cendres de 0,51 % M.S. Elle se situe dans la fourchette rapportée par **Biarnais (1987)** et par **Roudaut et Lefrancq (2005)**.

Germe de blé (4,37 % M.S) est beaucoup plus grande que celle rapportée par **Bajaj et al. (1991)** : 1,59 %. Elle est en revanche proche de la valeur donnée par **Srivastava et al. (2007)** : 3,3 %. Certains auteurs rapportent même des valeurs comprises entre 4 % et 5 % : **Barnes (1983)** ; **Pinarli et al., 2004** ; **Zhu et Zhou, 2005** ; **Sudha et al., 2007a** ; **Srivastava et al, 2007**. Selon **Godon (1991)**, Cette variation de la teneur en cendres peut s'expliquer par plusieurs facteurs tels que :

- Facteurs génétiques (richesse minérale, répartition minérale, fermeté et granulométrie du grain).
- Facteurs écologiques : sol, climat, modes de culture, amendements, états physiologiques et pathologiques.
- Facteurs techniques (nettoyage, conditionnement, taux d'extraction, diagramme de mouture, traitement particuliers).

Les méthodes de récupération du germe de blé peuvent également être un facteur de modification de la teneur en cendres.

### 3. Teneur en protéines :

La fraction protéique du blé est qualitativement et quantitativement un déterminant de la qualité des farines boulangères et biscuitières ainsi que de la valeur nutritionnelle du produit fini (pain, biscuit).

Ces protéines, notamment les protéines de gluten, doivent posséder certaines propriétés rhéologiques (extensibilité, ténacité, élasticité et viscosité) nécessaires à la boulangère.

D'une part se trouve la partie gliadine, qui devient malléable mais inélastique une fois hydratée, et d'autre part la partie glutenine, qui est dure et élastique mais a une faible



extensibilité. La teneur en protéines est un trait généralement transmissible (**Oudin, 1998 ; Levyl et al, 2009**).

D'après les résultats présentés dans le **tableau 13**, nous remarquons que la teneur en protéines de la farine de blé tendre utilisée était de 3,82%, tandis que celle de la farine de germe de blé atteignait 36,52%.

**Biarnais (1987)** a montré que les farines à moins de 9 % de protéines produisaient des pâtes difficiles à travailler et moins résistantes au développement. Au-dessus de 12%, la pâte se rétracte beaucoup et devient incontrôlable en longueur. Plusieurs auteurs (**Gaines, 1990 ; Souza et al, 1994 ; ECM, 1996 ; Charun et Morel, 2001 ; Fustier, 2006**) ont montré que la teneur en protéines de la farine panifiable est comprise entre 9 % et 12 %.

Par rapport à ces résultats, on peut dire que la teneur en protéines de la farine de blé tendre étudiée est très faible. La teneur en protéines de la farine de germe de blé correspondait à celle rapportée par **Sidhu, 1999 ; Ibanoglu, 2002 ; Arshad, 2007 ; Sudha et al, 2007a ; Burson, 2009**. En revanche, elle est supérieure à la teneur de 20,48% donnée par **Bajaj et al (1991)** et 30% donnée par **Hettiarachy et al (1996)**. Et inférieur au ratio trouvé par **Nessah (1998)** ; rendement de 40 %.

#### **4. Teneur en lipides :**

La matière grasse du blé et des dérivés reste un facteur important dans l'altération des farines. Un stockage non contrôlé peut générer un ensemble de transformations physico-chimiques qui peuvent toucher à la valeur nutritionnelle et organoleptique des produits dérivés (**Gautier, 1961**).

Les teneurs en lipides de la farine de germe de blé et celle de la farine panifiable de blé tendre sont regroupés dans le **Tableau 13**.

La farine de blé tendre utilisée dans notre cas a une teneur en lipides assez moyenne d'environ 1,22% M.S. Cette valeur est supérieure à 0,92 % rapportée par **Arshad et al (2007)**.

Selon **Kiger et Kiger (1967)**, **Feillet (2000)**, la teneur en lipides de la farine commerciale ne doit pas dépasser 2 %. Pour la farine de blé : **Chung et al., 1978 ; Genot, 1984 ; Shewry et al, 1997** ont rapporté des résultats de 1 % à 2,01 %.

Selon ces auteurs, la teneur totale en lipides dépend du cultivar, du taux d'extraction de la farine et de la méthode d'analyse utilisée.

La farine de germe de blé est riche en matières grasses (7,12% M.S). Ces résultats sont proches de ceux cités par certains auteurs, qui donnent des valeurs allant de 6,5% à 12% : **Nessah (1998) ; Adrian, 2004) ; Zhu et Zhou, 2005 ; Srivastava et al, 2007 ; Sudha et al, 2007**. Parmi les facteurs ayant pu contribuer à la variation de la teneur en lipides, la méthode d'extraction des germes peut être un facteur supplémentaire qui pourrait expliquer ces variations.

➤ **Les caractéristiques technologiques :**

**1. Alvéographe de Chopin :**

Le test à l'alvéographe de Chopin reste très apprécié par les professionnels de la seconde transformation, du fait qu'il rend compte par le biais des différents paramètres mesurés, de l'aptitude d'une farine à être travaillée en fonction de sa force pour une finalité précise. Dont confirmé par plusieurs auteurs (**Dubois, 1988; Colas, 1991 ; ECM, 1996 ; Feillet, 2000 ; Bourson, 2009**). Le résultat de l'essai à l'alvéographe est dans le **tableau 14**.

Selon la norme ISO 5530/04 sur le blé tendre :

L'échantillon de matière première (farine de blé tendre) du classement hiérarchique peut être classé comme de blé panifiable courant avec  $W = 249(10^{-4}J)$ .

L'échantillon de farine de blé tendre présente les caractéristiques suivantes : un rapport de configuration P/L équilibré et de gonflement G (20,6 cm<sup>3</sup>) et d'extensibilité (86 mm) Ces caractéristiques sont très suffisantes.

**Tableau 14:** Résultats de l'essai alvéographe de la farine de blé tendre.

	W (10 <sup>-4</sup> J)	G (cm <sup>3</sup> )	P (mm H <sub>2</sub> O)	L (mm)	P/L
Farine de blé tendre	249	20,6	84	86	0,98

**II. Etude des mélanges :**

➤ **Influence du taux d'incorporations de la farine de germe sur les caractéristiques biochimiques des mélanges**

Les résultats des composantes biochimiques du mélange sont regroupés dans le **tableau 15**

**Tableau 15:** Composantes biochimiques des mélanges.

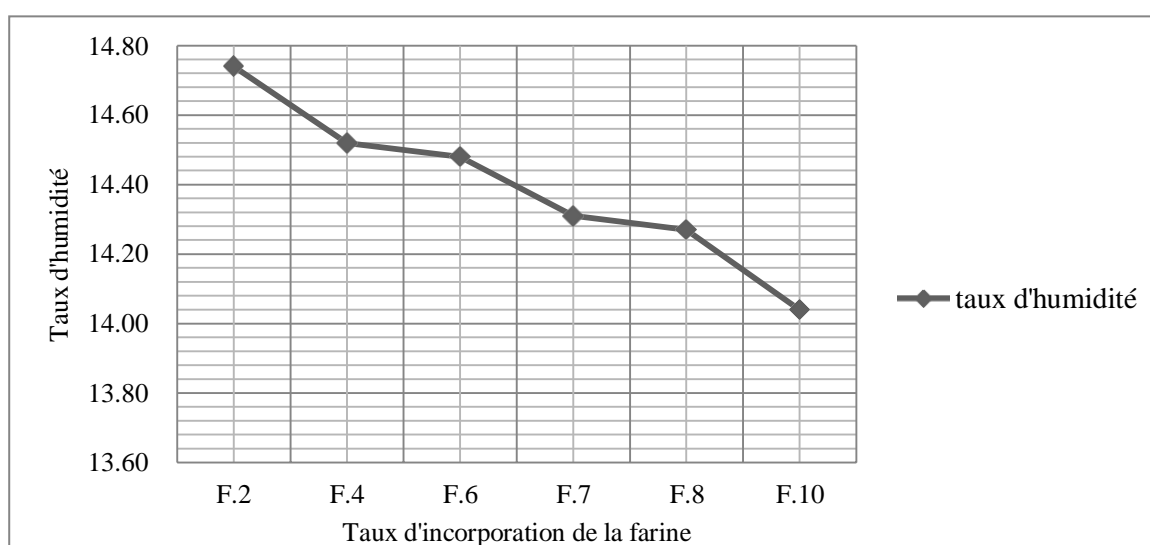
	Humidité % *	Cendre %M.S*	Protéines %M.S*	Lipides% M.S*
F.2	14,74	0,54	9,77	1,38
F.4	14,52	0,65	14,86	1,49
F.6	14,48	0,73	21,23	1,76
F.7	14,31	0,75	24,21	1,81
F.8	14,27	0,77	27,18	2,17
F.10	14,04	0,85	28,45	2,20

\*: Moyenne de trois essais.

### 1. L'humidité des mélanges :

Les résultats de l'humidité pour les différents mélanges de farine sont saisis sur le **tableau 15** et **figure 15**.

La teneur en eau des différents mélanges variait entre 14,04% et 14,74%. Il diminue avec l'augmentation du taux d'incorporation, pour atteindre la valeur minimale de 14,04 % lorsque le taux d'incorporation est de 10 %. Cela était dû à la faible teneur en humidité (7,41 %) de la farine de germe de blé incorporée. La teneur en humidité du mélange se situe dans la fourchette de farine de biscuit (12 % à 16 %) (**Kiger et Kiger, 1967.**)



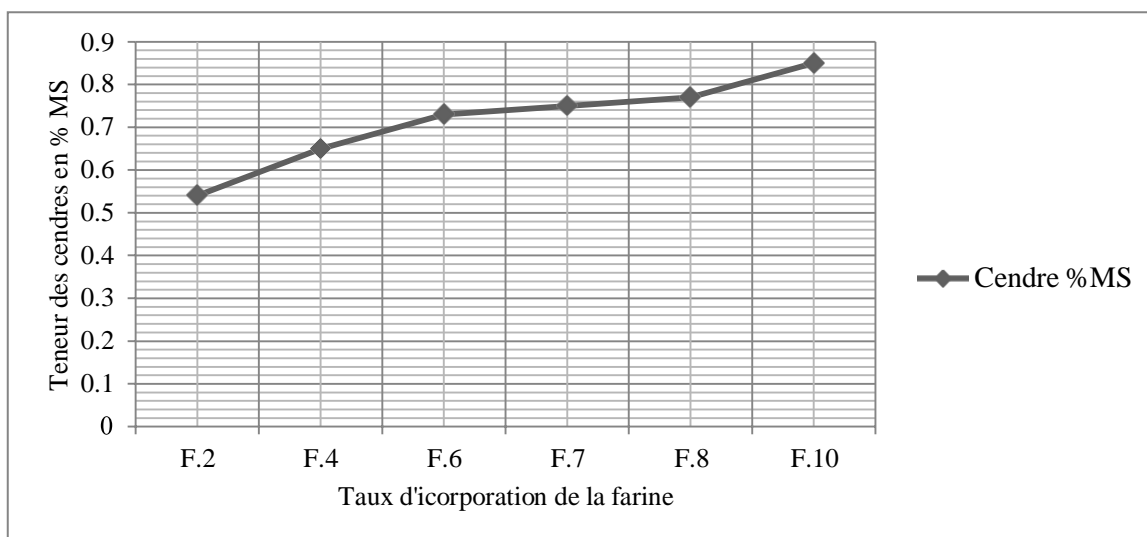
**Figure 15:** Influence du taux d'incorporation de la farine de germe de blé sur la teneur en humidité des différents mélanges.

## 2. Le taux de cendres des mélanges :

Les résultats de la teneur en cendres des différents mélanges sont regroupés dans le **tableau 15** et illustrés par la **figure 16**.

L'adjonction de la farine de germe de blé à différents taux à la farine de blé augmente les teneurs en cendres du mélange qui passent de 0,54% MS pour le mélange à 2% de farine de germe de blé à 0,85% MS pour le mélange à 10%. La richesse du germe de blé en matières minérales en est la principale cause.

Ces teneurs des mélanges restent dans les normes à celles recommandées par **Biarnais (1987)** qui fixe des intervalles entre 0,48 et 0,75 % pour les farines destinées à la biscuiterie, En revanche, les mélanges « A » et « B » sont supérieurs aux valeurs évoquées précédemment.



**Figure 16:** influence du taux d'incorporation de la farine de germe de blé sur la teneur en cendres des différents mélanges.

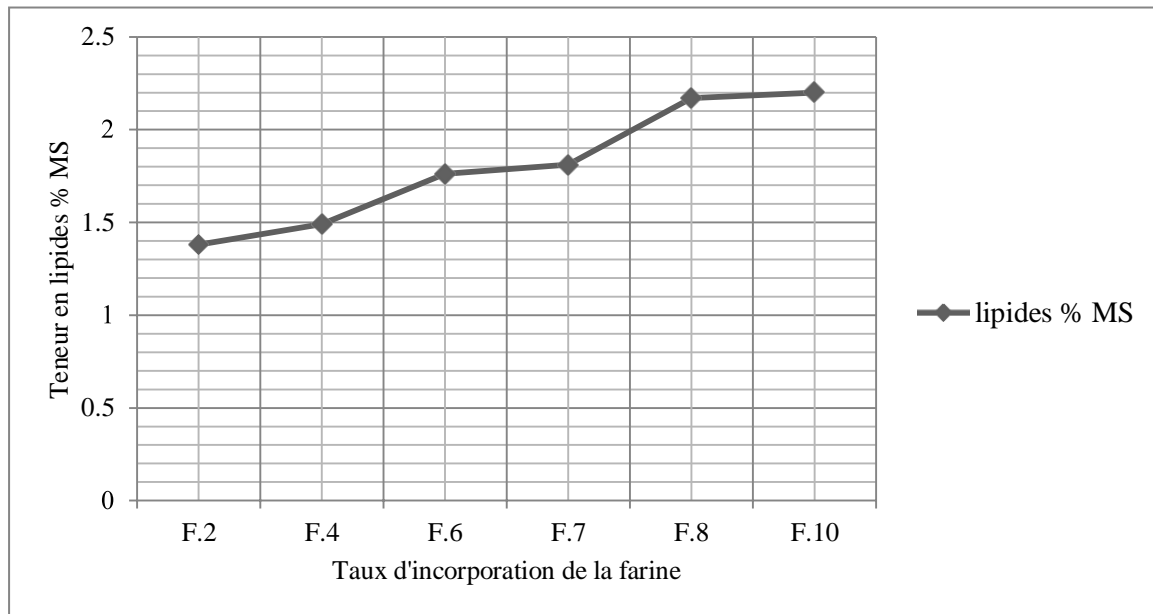
## 3. La teneur en lipides totaux des mélanges :

Les teneurs en lipides totaux des différents mélanges sont regroupés dans le **tableau 15** et illustrés par la **figure 17**.

Les résultats obtenus montrent que l'incorporation de la farine de germe de blé augmente le taux de lipides des différents mélanges qui passe de 1,38 % MS à 2,20 % MS respectivement pour ceux à 1% et 10 % d'incorporation. La richesse de la farine de germe de blé en lipides (7,12 % MS) reste la cause principale de cette évolution positive, en effet ces taux demeurent dans la fourchette fixée pour une farine biscuitière

(1 à 2%). **Kiger et Kiger, 1967 ; Chung et al, 1978 ; Genot, 1984 ; Shewry et al, 1997 ; Feillet (2000)** ; rapportent des résultats de 1 à 2,01 %. A part les deux mélanges des farines F.8 (2,17%) et F.10 (2,20%) sont plus supérieures à ce qui est mentionné.

L'augmentation de la quantité de matière grasse dans la pâte favorise le développement d'une structure dure dans le biscuit (**Manly, 1998**).



**Figure 17:** Influence du taux d'incorporation de la farine de germe de blé sur la teneur en lipides des différents mélanges.

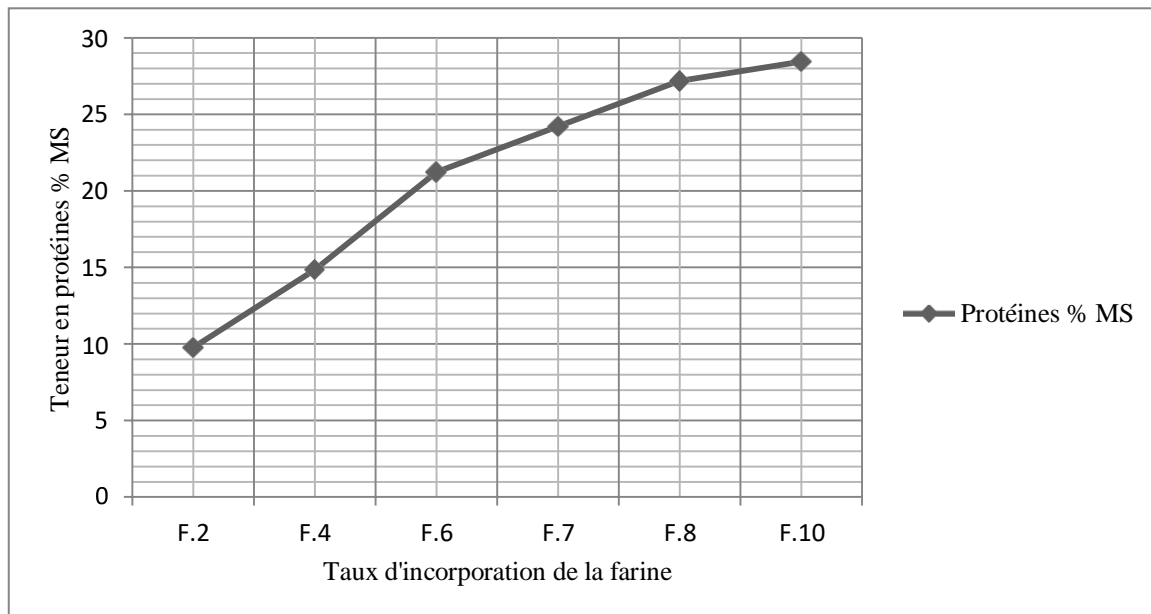
#### 4. La teneur en protéines des mélanges :

Les teneurs en protéines des différents mélanges sont répertoriés dans le **tableau 15** et illustrés par la **figure 18**.

Au vu des résultats obtenus, on constate qu'il y a une augmentation proportionnelle du taux d'absorption de la teneur en protéines des différents mélanges. Cette augmentation est due à la teneur plus élevée en protéines de la farine de germe de blé. L'ajout de farine de germe de blé a augmenté de manière significative la teneur en protéines des différents mélanges, passant de 9,77% MS à 28,45% MS. **Biarnais (1987)** a montré que les tissus ayant une teneur en protéines inférieure à 9 % présentaient des problèmes d'ouvrabilité et de comportement au dépliage. Au-dessus de 12%, le biscuit rétrécit trop et devient incontrôlable en longueur. Ces résultats corroborent avec ceux de **Wade, 1988. Souza et al., 1994. ECM., 1996 ; Charun et Morel, 2001. Fuster, 2006**. Les

mélanges utilisés dépassent la norme requise pour la farine de biscuit (ne dépassant pas 12 %). sauf le mélange F.2 (9,77%MS) est dans la norme.

Une teneur élevée en protéines entraîne une augmentation d'eau absorbée par le gluten (**Gaines et Finney, 1992**).



**Figure 18:** Influence du taux d'incorporation de la farine de germe de blé sur la teneur en protéine des différents mélanges.

➤ **Influence du taux d'incorporations de la farine de germe de blé sur Les caractéristiques technologiques des mélanges :**

**1. Les caractéristiques des mélanges mesurés à l'alvéographe de CHOPIN**

Les caractéristiques des pâtes de mélanges mesurées à l'alvéographe sont très influencées par le taux d'incorporation de la farine de germe de blé (**Tableau 16**).

**Tableau 16:** Caractéristiques alvéographiques des différents mélanges de farine.

Taux d'incorporation	Caractéristiques alvéographiques				
	W (10 <sup>-4</sup> J)	G (cm <sup>3</sup> )	P (mmH <sub>2</sub> O)	L (mm)	P/L
F.2	180	20	74	81	0,91
F.4	117	18,5	60	69	0,87
F.6	99	18,1	57	66	0,86
F.7	91	18	55	71	0,77
F.8	74	16,2	53	53	1
F.10	59	14,4	49	42	1,17

- **La force boulangère (W)**

La force boulangère d'une farine est un critère de qualité très utilisé dans les transactions commerciales et sert à classer les farines selon leur utilisation.

**Calvel (1980)** a noté que si ce paramètre a de l'importance, sa signification reste limitée si l'on ne tient pas compte des autres caractéristiques alvéographiques.

Les mélanges utilisés dans notre cas présentent des forces boulangères faibles. Elles varient considérablement d'un échantillon à un autre (de  $180 \times 10^{-4} J$  pour F.2 à  $59 \times 10^{-4} J$  pour F.10). Celles-ci diminuent au fur et à mesure que le taux d'incorporation augmente, on peut dire que le mélange F.2 a une force boulangère moyenne.

D'après **Feillet (2000)**, la variabilité de la force boulangère « W » peut s'expliquer par la teneur en Gliadines et en Gluténines et également par la disponibilité de certains acides aminés soufrés (méthionine, cystéine) qui fournissent des ponts disulfures intramoléculaires par lesquels s'associent les gliadines, et par la diminution des interactions intermoléculaires qui favorisent la force de la pâte.

**Dacosta (1986)**, montre que la teneur en protéines n'est pas un critère fiable de la force boulangère. Cette dernière est régie par la qualité du gluten (taux de Gluténines et le rapport Gluténines/Gliadines).

Une des causes de la baisse de la force de la pâte est la composition du germe de blé et la qualité des protéines qui le composent (albumines + globulines) (**Ibanoglu, 2002 ; Adrian, 2004**). Les albumines et les globulines ont peu d'effet sur la force boulangère de la farine du blé tendre (**Macritchie, 1990 ; Godon, 1991**). La dénaturation des protéines du germe de blé par le traitement thermique de stabilisation peut aussi affecter la qualité des protéines. Cette baisse du « W » est au fur et à mesure que le taux de farine de germe blé augmente (**Figure 19**) corroborent les résultats rapportés par **Srivastava et al (2007)**.

Selon **Berland et Roussel (2005)**, la force boulangère « W » reste très influencée par le rapport Gluténines /Gliadines ainsi que par la granulométrie de la farine qui est en relation avec la texture (dureté de l'albumen) et en particulier les proportions élevées en amidon endommagé et en pentosanes.

○ **tenacité (P) :**

La ténacité « P » varie en fonction du taux d'incorporation en germe de blé de la farine. Elle passe de 86 mm pour le témoin à 49 mm pour la farine à 10 % d'incorporation de germe (**Figure 19**).

Ces valeurs restent incluses pour des farines à usage biscuitier et dont les valeurs recommandées sont de 30 à 60mm. Sauf le mélange F.2.

Cette ténacité est liée à:

- la quantité et à la qualité du gluten (essentiellement au taux des Gluténines qui sont responsables de la ténacité et l'élasticité) **Branlard et al, 1992**) et dont la teneur diminue au fur et à mesure que le taux d'incorporation augmente.
- la granulométrie de la farine et à la teneur en amidon endommagé ainsi que celles de la fraction pentosanes (**Dexter et al, 1994 ; Godon et Loisel, 1997**).

Selon **Dubois (1988)**, une farine à faible ténacité se comportera mal à la fermentation (faible rétention du CO<sub>2</sub>) et aura tendance au relâchement. **Srivastava et al, 2007** ont montré que l'incorporation de farine de germe de blé influence les caractéristiques alvéographiques selon le mode de traitement thermique utilisé pour la stabilité du germe. Ils rapportent aussi une augmentation de la ténacité de la pâte « P » avec l'augmentation du taux d'incorporation, la possibilité de formation d'un réseau élastique tridimensionnelle des protéines avec l'amidon et les lipides de germe peut être la cause essentielle de cette variation.

○ **L'extensibilité (L) :**

Les résultats d'extensibilité pour les pâtes "L" variaient entre 81 et 42 dans le cas du mélange. Par ailleurs, la diminution est directement proportionnelle au taux d'incorporation (**Figure 19**).

Ces valeurs sortent de la fourchette de la farine biscuitière (90 à 120 mm). Cette extensibilité, liée au rapport gliadine/gluténine et à la teneur en pentosane de la pâte, est une caractéristique importante de la formation du biscuit, notamment sa forme (**Godon et Loisel, 1997**).

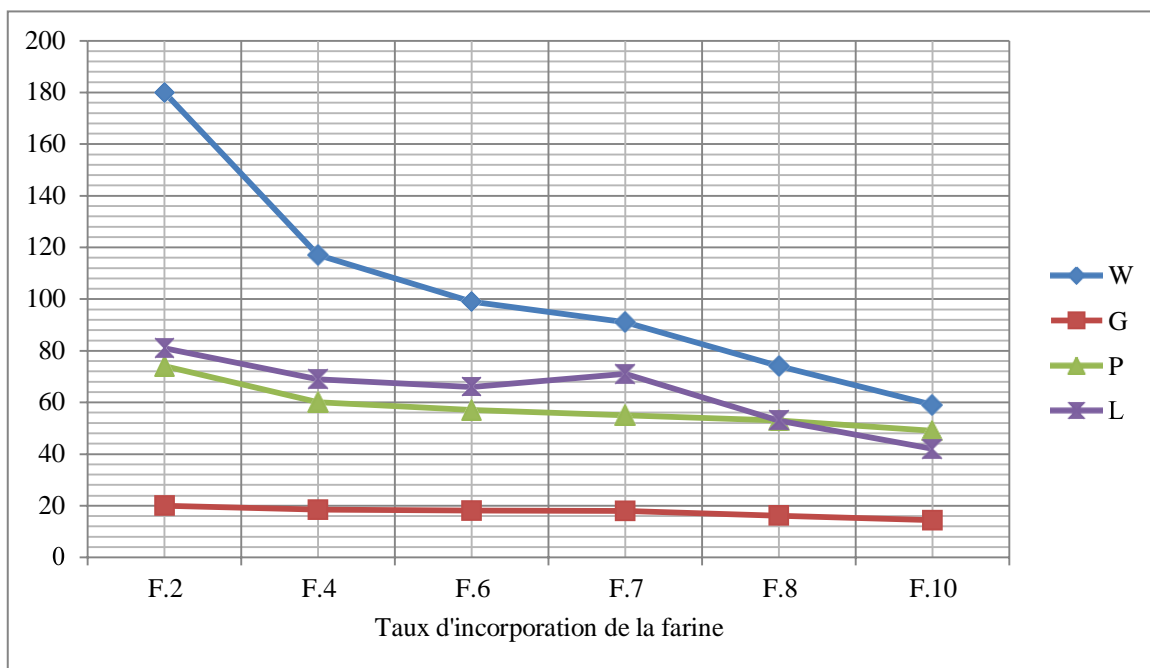


Des résultats similaires ont été trouvés par **Srivastava et al. (2007)**, qui ont expliqué la ductilité réduite due à la formation de complexes de composants de graines thermostables.

○ **l'indice de gonflement (G):**

L'indice de gonflement fournit des informations sur l'extensibilité de la pâte et la capacité du réseau de gluten à retenir le gaz carbonique formé (**Kittissou, 1995**). De la cuisson en raison de réactions non enzymatiques accélérées par la chaleur. Ces molécules se développent à la surface et se volatilisent si elles ne sont pas retenues. Le CO<sub>2</sub> ou NH<sub>2</sub> issu de la dégradation de la levure chimique est responsable de la formation de la structure de la pâte à biscuits.

L'expansion de la pâte diminue avec l'augmentation de l'incorporation, en effet elle passe de 20 cm<sup>3</sup> pour le mélange F.2 à près de 14,4 cm<sup>3</sup> pour le mélange F.10. Pour la farine de biscuiterie, ces valeurs sont acceptables jusqu'à un taux d'incorporation de 8% et 10% pour une farine biscuitière qui requiert un gonflement compris entre 18 et 23cm<sup>3</sup> (**Biarnais, 1987**). Au-delà de 8% d'incorporation du germe, les mélanges deviennent hors normes.



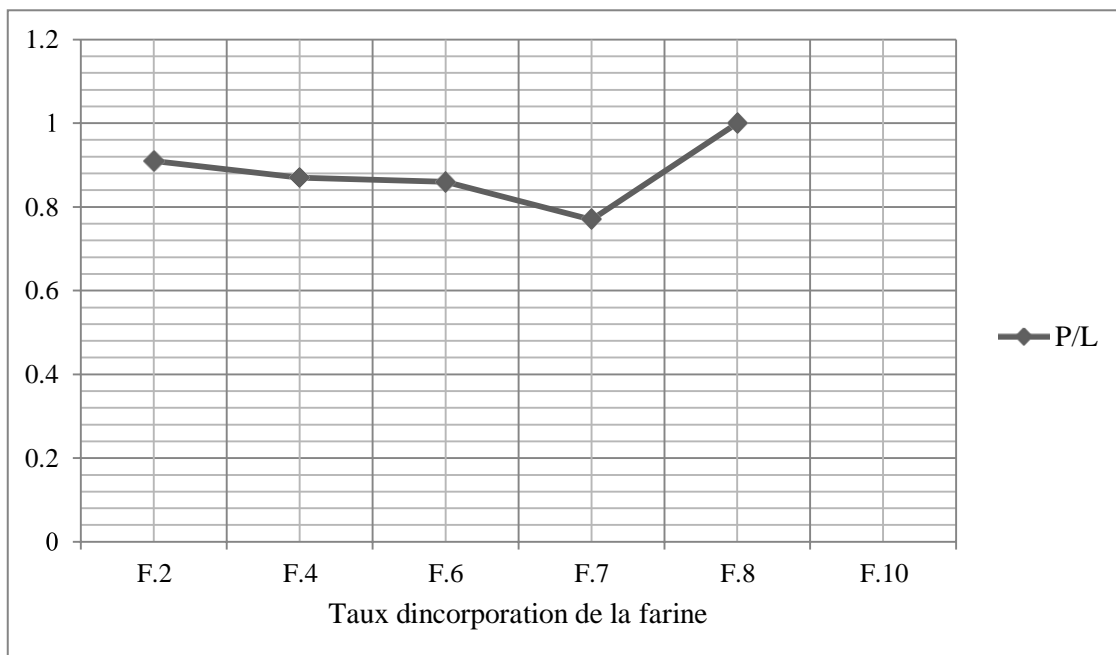
**Figure 19:** Influence de taux d'incorporation de la farine de germe de blé sur les caractéristiques alvéographiques des différents mélanges.

○ **Le rapport de configuration (P/L) :**

Le rapport de configuration « P/L » traduit l'équilibre général de l'alvéogramme c'est-à-dire l'équilibre entre la ténacité et l'extensibilité des pâtes formées (**Dubois, 1996**).

Le rapport de configuration « P/L » des mélanges se situe entre 0,77 et 1,17. Il diminue pour le mélange F.7 puis augmente dans les mélanges F.8 et F.10 (**Figure 20**) et dénote des pâtes peu extensibles, si l'on tient pour référence les valeurs du « P/L » requises pour une farine biscuitière et qui se situent entre 0,47 à 0,67 (**Biarnais, 1987 ; ECM, 1996 ; Eurogerme, 2009**), Il est à noter que le mélange de 7% d'incorporation du germe de blé reste presque adapté à la farine pour biscuit, au-delà de ce taux, par contre les autres mélanges ne sont pas dans les normes. Des problèmes de travail de la pâte peuvent surgir et provoquer une dépréciation du produit obtenu.

D'après **Dubois (1988)**, un rapport P/L supérieur à 1, correspond généralement à des pâtes trop tenaces, manquant d'extensibilité, tandis qu'un rapport P/L inférieur à 0,3 correspond à des pâtes trop extensibles, et peut poses des problèmes de machinabilité.



**Figure 20:** Influence de taux d'incorporation de la farine de germe de blé sur le rapport de configuration (P/L) des différents mélanges.

### **III. Les analyses microbiologiques :**

L'interprétation des critères microbiologiques des farines a été effectuée selon les normes mises en œuvre par la Commission du Codex Alimentaire. Les taux des microorganismes détectés dans les farines des foyers et du commerce sont inclus dans les limites définies par les normes du Codex Alimentaires, permettant d'attribuer à ces farines une qualité microbiologique satisfaisante.

Les résultats montrent que les échantillons :

L'analyse microbiologique réalisée sur la farine et le germe de blé, ont montré une absence de la flore fongique représentée par les levures, des moisissures et de la flore pathogène recherchée en industrie céréalière les clostridium.

En général, les résultats des échantillons analysés aboutissent à une bonne qualité microbiologique.

---

# CONCLUSION

---

### Conclusion

Le principal objectif de ce travail est la formulation d'une farine à tendance biscuitière, à base d'une farine composite constituée d'un mélange d'une farine de blé tendre "Panifiable" et d'une farine de germe de blé tendre.

Au terme de ce travail, nous avons abouti et tiré les conclusions suivantes :

Les analyses biochimiques effectuées sur la farine de germe de blé nous ont permis de révéler une fraction protéique avec un taux de 36,52% / M.S, des minéraux avec une teneur de 4,37% M.S et des lipides avec un pourcentage de 7,12 % / MS.

Sur la base des résultats obtenus dans cette étude, il ressort que l'incorporation de la farine de germe de blé à une farine panifiable entraîne des modifications biochimiques, technologiques et organoleptiques qui auront un impact sur la qualité technologique, biochimique et organoleptique des farines issues des mélanges et sur la qualité globale du produit fini (farine à tendance biscuitière).

La nature et l'amplitude de ces modifications sont alors fonction de la matière première mise en œuvre (farine de germe blé) et du taux de substitution de la farine.

A la lumière des résultats obtenus par rapport aux essais sur l'alvéographe Chopin, on a constaté que les farines des mélanges substituées à 7 % de farine de germe de blé sont beaucoup plus proches des normes requises pour les farines biscuitières. Ce mélange présente une force boulangère caractérisée par un  $W=91 \times 10^{-4}$  J, un  $P/L = 0,77$ , un  $G=18$  cm<sup>3</sup>.

L'utilisation des farines à base de germe de blé tendre vont permettre aussi d'améliorer la valeur nutritionnelle des biscuits en apportant des protéines (Compenser dans une certaine mesure le facteur limitant la digestibilité protéique, des lipides, des glucides, des minéraux, des fibres alimentaires et des vitamines).

Des résultats obtenus, il en ressort que substituer de la farine de blé tendre par celle du germe de blé stabilisé, dans notre cas thermiquement a touché trois objectifs :

- ✓ Une valorisation du germe de blé, par la minoterie, car s'il sera récupéré, son potentiel économique sera amélioré.
- ✓ Une amélioration de la qualité physique et nutritionnelle des farines à tendance biscuitière et donc le produit fini, les biscuits.

- ✓ Une correction des farines à tendance boulangère généralement et qui sont subventionnées par l'état pour qu'elles répondent au cahier de charges des farines destinées à la biscuiterie.

En perspective, il serait souhaitable de :

- ✓ Valoriser le germe de blé, un résidu de la première transformation et de mettre en œuvre le procédé de stabilisation le plus adapté pour une bonne conservation des stocks du germe de blé récupéré.
- ✓ Etudier les différents procédés de stabilisation du germe de blé.
- ✓ Etudier et suivre la qualité biochimique et nutritionnelle des biscuits fabriqués à base de germe de blé à des taux plus faibles ou plus élevés.
- ✓ Faire une étude économique sur le coût du produit fini.
- ✓ Fabriquer une gamme de produits à base de farine de germe de blé en particulier pour les personnes ayant une intolérance au gluten (biscuit diététique).

---

# **Références**

# **Bibliographiques**

---

## Références bibliographiques

### **A**

- **ABBAS, HUSSE, SELEET, BAYOUMI ET ABD EL-AZI, 2015.** Quality of some dairy by-products supplemented with wheat germ as functional beverages. International journal of Dairy science, 10(6), Pp266-277.
- **ABDEL-AAL M.E. 2009.** Functionality of Starches and Hydrocolloids in Gluten- Free Foods. In Gluten-Free Science and Technology, GALLAGHER E. wiley- Blackwell. UK. Pp200-224.
- **ABECASSIS J. 1998.** Les industries de première transformation des céréales. 2<sup>ème</sup> Édition Techniques et documentation lavoisier. 679p.
- **ADRIAN J. 2004.** La composition du germe de blé et sa valeur nutritionnelle. Industrie des céréales N°137. Avril/mai. pp 9-13.
- **ADRIAN J, FRAGNE R. 1995.** La science alimentaire de A # Z. Ed .Tec et Doc Lavoisier. p 477.
- **AFSSA. 2001.** Essai d'incorporation du germe du blé tendre dans une farine à tendance biscuitière. ENSA, ALGER. 84p.
- **AL-KAHTANI A. 1989.** Studies of Saudi Arabian locally produced wheat germ. Food chemistry, vol: 34, pp 121-130.
- **ANONYME. 2011.** <http://www.biolineaires.com/articles/nutrition/256-germes-deble.html>.
- **ARNAUD P. 1985.** Cours de chimie organique. Ed. Gautier Villars.
- **ARSHAD M.U, ANJUM F.M, and ZAHOOR T. 2007.** Nutritional assessment of cookies supplemented with defatted wheat germ. Food Chemistry (102). pp123-128
- **AYROY W.R ET DOUGHTY J. 1970.** Le blé dans l'alimentation humaine F.A. OROME, 1970.

### **B**

- **BAJAJ M, KAUR A, ET SIDHU J.S. 1991.** Studies on the development of nutritious cookies utilizing sunflower kernels and wheat germ. Plant Foods for Human nutrition (41). Pp 381-387.
- **BAJAJ M, et coll, A. 1991.** Studies on the development of nutritious cookies utilizing sunflower kernels and wheat germ. Plant Foods for Human Nutrition, 41, 381-387.
- **BARNES P.J. 1983.** Wheat germ oil, Lipids in cereal technology, pp389-400.



- **BERLAND S, ROUSSEL P, 2005.** Qualité technologique. Document de École Nationale Supérieure de Meunerie et des Industries Céréalières (ENSMIC), Surgères, France.
- **BOURSSON Y. 2009.** Mouture de blé tendre et technique d'obtention de la farine. Technique de l'ingénieur. Décembre F6 175-1.
- **BIARNAIS J.P. 1987.** Critère de choix des farines en biscuiterie industrielle. Ind des céréales. N° 45. Pp 35-37.
- **BILGC LI & IBANOGLU, 2007.** Effect of wheat germ and wheat bran on the fermentation activity phytic acid content and colour of tarhana a wheat flour-yoghurt mixture. Journal of Food Engineering, 78, 681-686.
- **BOLTE, L.C, et FINNEYI, K.F. 1977.** Note on small-scale laboratory equipment for separating germ for wheat. Cereal Chem. 54(2): 306-310.
- **BOUDREAU. A., et MENARD, G., 1992.** Le blé: éléments fondamentaux et transformation. Ed. Les presses de l'université de l'université de Laval. Québec.
- **BRANLARD G., PIERRE J and ROUSSET M. 1992.** Selection indices for quality Evaluation in Wheat breeding. Theoretical Applied Genetics 84, Pp57-64.
- **BRULE G, SCHUCK P; CROGUENNE, T et IEANTET R. 2006.** Science des aliments: biochimie, microbiologie, procédés des produits. Paris: Tec et Doc. Lavoisier 381p.
- **BURE J., et GUINET R. 1977.** Le pain de demain. Industrie Alimentaires et agricoles. N°10, sept-oct. Pp 999-1006.

## C

- **CALVEL R. 1980.** La boulangerie moderne. 9<sup>ème</sup> Ed. Eyrolles, Paris, p.p.11-64. *Euphytica*, vol. 119, p.p. 59-67.
- **CALVEL R. 1964.** Que sais-je ? Le pain. Presse universitaires de France, Paris, 126p.
- **CHABANE R, et TERRACHE N. 2000.** Extraction et caractérisation physico-chimique de l'huile de germe de blé. Thèse d'ingénieur, INA.
- **CHARAOUI, L. et HADDOUCHE, S. 2019.** Contribution à la valorisation de germe de blé tendre. Mémoire de l'obtention du diplôme de master, université de Blida. 69p.
- **CHARUN E.P.J, et MOREL M.H. 2001.** Quelles caractéristiques pour une farine biscuitière ? Influence de la dureté des blés et de la composition biochimique des farines sur leur aptitude biscuitière. Ind. des céréales. N°125. Nov/dec. pp 2-16.
- **CHENE A. 2001.** La farine. Journal de l'ADRIANOR, 26, 3-8.

- **CHENG, O.K, POMERANZ, Y. and FINNEY, K.F. 1978.** Wheat flour lipids in bread baking. *Cereal chemistry*, 55, 598-618.
- **COLAS A. 1991.** Définition de la qualité des farines pour les différentes utilisations. In : *Les industries de première transformation des céréales*. Éd. Tec. et doc. Lavoisier, Paris, pp. 579-589.
- **CRONIN K. & PREIS C. 2000.** A statistical analysis of biscuit physical properties as affected by baking. *Journal of Food Engineering*. 46: 217-225.

### ***D***

- **DACOSTA Y. 1986.** Le gluten de blé et ses applications. *Apria*.p.p. 18-63.
- **DANGOUMOU. 1960.** Contribution l'étude des matières grasses des farines de froments. Ed DUNOD.
- **DEXTER, J.E, PRESTON, K.R, MARTIN, D.G, GANDER, E.J. 1994.** The effects of protein content and starch damage on the physical dough properties and breadmaking quality of Canadian durum wheat. *Journal of Cereal Science*, vol. 20,p.p. 139–151.
- **DUBOIS M. 1988.** Contribution de la rhéologie empirique à la détermination de la qualité des blés et des farines dans le monde. *L'Alvéographe chopin. Ind. Des céréales*. N°53. Pp 15-26.
- **DUBOIS M. 1996.** Le contrôle qualité la panification française. In : *la panification française*, tec et doc Lavoisier. Ed Masson. Pp. 507-520.

### ***E***

- **ECM FM. 1996.** Quel blé pour tendre pour la biscuitière? *Process* N°1116. pp54-55.
- **EL-SAHARTY, EL-ZEANY, TAWAKKOL, et BERGER, M. 1998.** Advances in food sciences AFS; official journal of the Mediterranean scientific association of environmental protection (MESAEP) and the international academy of environmental safety (IAES). *Advances in food sciences*, 20. Parlay scientific publ.
- **EUROGERME. 2009.** Les principaux paramètres et le rôle des de la qualité de la farine et correcteurs de meunerie. *RESAGRO*. N°4, September. Pp 42-45.

### ***F***

- **FADEL, ABDEL, MAGEED, ET LOTFY, 2008,** Quality and flavour stability of coffee substitute prepared by extrusion of wheat germ and chicory roots. *Amino acids*, 34(2), 307-314. <https://doi.org/10.1007/s00726-006-0434-7>.

- **FAO. 2008.** L'état des ressources zoo génétiques pour l'alimentation et l'agriculture dans le monde, édité par Barbara Rischkowsky et Dafydd Pilling . Rome.
- **F.A.O.STAT. 2008.** FAO agricultural statistics. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. (<<http://faostat.fao.org>>).
- **F.A.O. 2023.** <https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/fr/>.
- **FATMA L.A, AMR A.R, ABDEL RAHMAN M.A. 2010.** Additional effect of Defatted wheat germ protein Isolate on nutritional value and functional properties of yogurts and biscuits. Australian journal of basic and applied sciences, 4(8): 3139- 3147.
- **FAVIER, A. 2003.** Le stress oxydant. Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. L'actualité clinique. 108-115.
- **FEILLET P. 2000.** Le grain de blé composition et utilisation .INRA paris. p308.
- **FELLOWS P. 2000.** Food Processing Technology Principles and Practice. 2nd Edition. Woodhead Publishing, Cambridge England. 575 p.
- **FUSTIER, P.J. 2006.** Influence des fractions de mouture de blé tendre (farine patente, De-coupure et basse) sur les propriétés rhéologiques des pâtes et caractéristiques des biscuits. Thèse de Doctorat, Option Sciences en Technologies des Aliments, Département des Sciences des aliments et de Nutrition, Faculté des sciences de l'Agriculture et de l'Alimentation, Université Laval, Québec : 54 p.

## **G**

- **GACEM., OULD EL HADJ KHELIL A. et GACEMI B. 2011.** Etude de la qualité physico-chimique et mycologique de blé tendre local et stocké au niveau de l'O.A.I.C de la localité de SAIDA. Vol.1, n° 2, Pp 67-76.
- **GAHRUIE. 2019.** (Development of functional yogurt fortified with germ and strawberry as functional ingredients). Consulter 15.05.2021.  
<https://mattioli1885journals.com/index.php/progressinnutrition/article/view/6503>
- **GAINES C.S. 1990.** Influence of chemical and physical modification of soft wheat protein on sugar-snap cookie dough consistency, cookie size, and hardness. Cereal. Chem. 67(1). Pp 73-77.
- **GAINES C.S, and FINNEY P.L. 1992.** Instrumental measurement of cookies hardness applications to product quality variables. Cereal Chem. (69). pp 120-125.

- **GALLAGHR E. 2008.** Formulation and nutritional aspects of gluten-free cereal products and infant foods. In *Gluten Free Cereal Products And Beverages*, FirstEdition, Academic press, Elsevier, pp 321-341.
- **GAUTIER F. 1961.** Technique d'analyse bromatologiques. Ed SEDES.
- **GARUDA INTERNATIONAL. 1998.** « Products overviews-wheat germ » [garuda@garudaint.com](mailto:garuda@garudaint.com).
- **GENOT C., DRAPRON R., et BADILLIAN B. 1984.** Lipides libre et liés de farines de blé tendre. *Sci. Aliments.*, 4, pp. 631-657.
- **GEOFFROY. 1950.** Composition chimique et biologique du grain de blé et de la farine. le blé, Le pain, 2 eme Ed. DUNOD.
- **GALLAGHR E. 2008.** Formulation and nutritional aspects of gluten-free cereal products and infant foods. In *Gluten Free Cereal Products And Beverages*, FirstEdition, Academic press, Elsevier, pp 321-341.
- **GODON B. 1991.** Les industries de première transformation des céréales, Ed. lavoisier, p 679.
- **GODON B, WILLM C. 1991.** Biotransformation des produits céréaliers : les constituants des céréales : nature, propriétés et teneurs. Paris, Lavoisier. p. 1-22. (Collection sciences et techniques agro-alimentaires).
- **GODON B, WILLIM C. 1991.** Les industries de première transformation des céréales, Ed. Lavoisier, 679p.
- **GODON B. 1995.** Le pain pour la science, dossier hors-série de mars (science et gastronomie), pp.16-25
- **GODON B, LOISEL W. 1997.** Guide pratique d'analyse dans les industries des céréales : tests de laboratoire. Paris, Lavoisier, p.p. 653-697. (Collection sciences et techniques agro-alimentaires).

## ***H***

- **HAZELTON J. L, DESROCHERS J. L, WALKER C.E. & WRIGLEY C. 2004.** Chemistry of manufacture. In *Cookies, Biscuits, And Crackers*. Encyclopedia of Grain Science. Editors: WRIGLEY C. CROKE H. & WALKER C.E. Edition: Elsevier, vol I. pp 307-312.
- **HETTIARACHCHY N. S., GRIFFIN V. K., and GNANASAMBANDAM R. 1996.** Preparation and functional proprieties of proteins isolate from defatted wheat germ. *Cereal Chemistry*, vol: 73.N°3, pp 259-262.

***I***

- **IBANOGLU E. 2002.** Kinetic study on color changes in wheat germ due to heat. *Journal of Food Engineering* (51). pp 209-213.

***K***

- **KARWOWSKA K, and KOSTRAZEWA E. 1998.** A new technology for production of valuable vitamin extract from wheat and rye germ. *Die Nah-rung*, vol: 32, N°5, pp491-495.
- **KARWOWSKA K, and KOSTRAZEWA E. 1988.** A new technology for production of valuable vitamin extract from wheat and rye germ. *Die Nah-rung*, vol: 32, N°5, pp 491-495.
- **KIGER. J.L et KIGER. J.G. 1967.** Techniques modernes de la biscuiterie pâtisserie boulangerie industrielles et artisanales et des produits de régime. DUNOD-Paris. Pp 44-52.
- **KITTISSOU P. 1995.** Un nouveau paramètre alvéographique : l'indice d'élasticité (IC). *Indice des céréales*. Pp 9-17.
- **KOUACHE et MAMECHE. 2017.** Enrichissement de la farine avec le germe de blé pour la panification. Mémoire fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de master, université de Blida1, Blida.118P.
- **KUMRAL. 2015.** Nutritional, chemical and microbiological changes fermentation of tarhana formulated with different flours. *Chemistry central journal*, pp916.

***L***

- **LARA E, CORTES P, BRIONES V. & PEREZ M. 2011.** Structural and physical modification of corn biscuits during baking process. *LWT- Food Science and Technology*, **44**, 622-630.
- **LENAOUR. A, LEQUENTREC. B, ROELOFS. C, LAKHDARI. W. 1998.** La filière pain. Pp 25-26.
- **LEVYL L, SCHWAERZEL R, et KLEIJER G. 2009.** Influence de la fumureazotée sur la qualité des blés biscuitiers. *Revue suisse d'agriculture aout*. vol 41(n#5), pp 277-282.
- **LUPANO C.E et ANON M.C. 1986.** Denaturation of wheat germ protein drying. *Cereal chemistry*. Vol 63 N°3. P 259-262.

## **M**

- **MAACHE- REZZOUG Z, BOUVIER J.M, ALLAF K. & PATRAS C. 1998a.** Effect of Principal Ingredients on Rheological Behaviour of Biscuit Dough and on Quality of Biscuits. *Journal of Food Engineering*. 35: 23-42.
- **MAACHE- REZZOUG Z, BOUVIER J.M, ALLAF K. & PATRAS C. 1998b.** Study of Mixing in Connection with the Rheological Properties of Biscuit Dough and Dimensional Characteristics of Biscuits. *Journal of Food Engineering*. 35: 43-56.
- **MACRITCHIE F., DUCROS D. L., WRIGLEY C. W. 1990.** Flour polypeptides related to wheat quality. *Adv. Cereal Sci. Technol.*, vol.10, p.p.79-145.
- **MAJZOBI, M. DARABZADEH, N. & FARAHNAKYh, A. 2012a.** Effects of percentage and particle size of wheat germ on some properties of batter and cake. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 14, 145–836.
- **MANLY D. 1998.** Biscuits, cookies and crackers manufacturing manuals. Edition CRC 2000, word head publishing limited, Cambridge, England.pp-15-20
- **MICARAD. V, ABECASSIS. J, HEMERY. Y, LULLIEN-PRLLERIN. V, PETITOT. M, 2009.** Produits céréaliers: influence des procédés sur leurs propriétés nutritionnelles. UMR IATE ( MTP supAgro-INRA-UMII-CIRAD).
- **MOULINIER A. et BRETT C. 1995.** Contrôle de la qualité des céréales et des produits protéagineux protéagineux. Ed. ONIC, Paris, 24P

## **N**

- **NESSAH N. 1998.** Extraction et caractérisation du germe de blé: Application en diététique. Thèse d'ingénieur. Blida.
- **NURET H. 1989.** Extraction de germe de blé. *Ind des céréales*.N°59. Mai/juin. pp7- 12.
- **NURET H. 1991.** La mouture de blé tendre. In : les industries de premières transformations des céréales.
- **NIU L.Y, Jiang, S.T, Pan, L.J, & Pang, M. 2013.** Characterization of wheat germ oil in terms of volatile compounds, lipid composition, thermal behaviour, and structure. *International journal of food properties*, 16(8), 1740-1749.

## **O**

- **LOUDIN J.F. 1998.** La fertilisation azotée pour le blé. *Cultivar*, N°442 /mai.

**P**

- **PINARLI I., IBANOGLU S., and ÖNER M.D. 2004.** Effect of storage on the selected properties of macaroni enriched with wheat germ. *Journal of Food Engineering* (64). pp 249-256.

**R**

- **RIZZELLO, C.G., NIONELLI L., CODA R., DE ANGELIS M., and GOBBETTI M. 2010.** Effect of sourdough fermentation on stabilization, and chemical and nutritional characteristics of wheat germ. *Food Chemistry* (119). pp 1079-1089.
- **RIZZELLO, C.G., CASSONE, A., CODA, R., & GOBBETTI, M. 2011.** Antifungal activity of sourdough fermented wheat germ used as an ingredient for bread making. *Food Chemistry*, 127(3), 952-959.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.01.063>.
- **ROUDAUT H. et LEFRANCQ E. 2005.** Alimentation théorique. Edit DOIN, France, 303p.

**S**

- **SHEWRY P.R., TATHAM A.S., and LAZZERI P. 1997.** Biotechnology of wheat gluten. *J. Sci. Food. Agric.* 73, pp. 397-406.
- **SIDHU J.S., AL-HOOTI S.N., and AL-SAQER J. M. 1999.** Effect of adding wheat bran and germ fractions on the chemicals composition of high-fiber toast bread. *Food Chemistry* (67). pp 365-371.
- **SJÖVALL O., VIRTALAINEN T., LAPVETELA INEN A., and KALLIO H. 2000.** Development of Rancidity in Wheat Germ Analyzed by Headspace Gas Chromatography and Sensory Analysis. *Journal. Agric. Food Chem.*, 48, pp 3522- 3527.
- **SOUZA E., KRUK M., and SUNDERMAN D.W. 1994.** Association of sugar-snap cookie quality with high molecular weight glutenin alleles in soft white spring wheats. *Cereal chemistry*, (71). Pp 601-605.
- **SUDHA M.L., SRIVASTAVA A.K., and LEELAVATHI K. 2007a.** Studies on pasting and structural characteristics of thermally treated wheat germ. *Eur Food Res Technol* (225). pp 351-357.
- **SUDHA M.L., VETRIMANI R., and LEELAVATHI K. 2007b.** Influence of fibre from different cereals on the rheological characteristics of wheat flour dough and on biscuit quality. *Food chemistry*, 100. pp 1365-1370.

- **SRIVASTAVA A. K., SUDHA M.L., BASKARAN V., and LEELAVATHI K. 2007.** Studies on heat stabilized wheat germ and its influence on rheological characteristics of dough. *Eur Food Res Technol* (224). pp 365-372.
- **STARON. 1985.** Les nouvelles sources des protéines comestibles et les produits toxiques éventuellement présents dans l'aliment, P.P.202-348 in *alimentation humaine* 2ème. Ed APARIA.

### **T**

- **TAYLOR. 1980.** The Chemical properties of wheat of wheat germ oils. *Journal SCI. Food. Agric.* Vol : 31, pp 997-1006.

### **V**

- **VIERLING E. 2003.** Aliments et boisson "filère et produit ". Doin éditeurs, centre regional de documentation pédagogique. (2<sup>ème</sup> édition).

### **W**

- **Wade P. 1988.** Biscuits, Cookies and Crackers: Vol. 1," Essex: Elsevier Applied Science Publishers Ltd., London, 1988.

### **Y**

- **YULDASHEVA, N.K., ULCHENKO et GLUSHENKOVA, A.I. 2010.** Wheat germ oil. *Journal Chemistry of Natural Compounds*, 46: 97-98.

### **Z**

- **ZHU K and ZHOU H. 2005.** Purification and characterization of a novel glycoprotein from wheat germ water-soluble extracts. *Process Biochemistry* (40). pp 1469-1474.



## Résumé

Le but de ce travail consiste à valoriser le germe de blé dans l'enrichissement d'une farine boulangère pour la production d'une farine de qualité biscuitière. Une caractérisation de l'impact de l'enrichissement sur la faisabilité technologique, les propriétés rhéologiques et organoleptiques du produit fini a été déterminée. La formulation de notre enrichissement a été élaborée pour obtenir des farines biscuitières ciblées pour l'industrie biscuitière Algérienne. Les essais industriels effectués chez notre partenaire économique ont donné les résultats escomptés sur le plan formulation de la farine spécifique et dans l'élaboration des biscuits. Nos formulations ont été appliquées industriellement avec notre partenaire économique avec une bonne adaptation technologique des farines boulangères aux essais d'enrichissement en germe de blé, et donnant un produit fini, des farines à biscuit très appréciables.

**Mots clés :** Valorisation, germe de blé, enrichissement, farine boulangère, farine biscuitière.

## Abstract

The aim of this work is to valorize wheat germ in the enrichment of a bakery flour for the production of a biscuit-quality flour. A characterization of the impact of enrichment on the technological feasibility, rheological and organoleptic properties of the finished product was determined. The formulation of our enrichment was developed to obtain cookie flours targeted for the Algerian cookie industry. Industrial trials carried out at our business partner's premises produced the expected results in terms of specific flour formulation and cookie production. Our formulations were applied industrially with our economic partner, with a good technological adaptation of the bakery flours to the wheat germ enrichment trials, resulting in a finished product, highly appreciated cookie flours.

**Key words:** Valorization, wheat germ, enrichment, bakery flour, cookie flour.

## المخلص

الهدف من هذا العمل هو استخدام جنين القمح في إثراء دقيق المخبوزات لإنتاج دقيق بجودة البسكويت. تم تحديد توصيف تأثير التخصيب على الجدوى التكنولوجية والخصائص الريولوجية والحسية للمنتج النهائي. لقد تم تطوير تركيبة التخصيب الخاصة بنا للحصول على دقيق البسكويت المستهدف لصناعة البسكويت الجزائرية. لقد أعطت الاختبارات الصناعية التي أجريت لدى شريكنا الاقتصادي النتائج المتوقعة من حيث تركيب الدقيق النوعي وفي إنتاج البسكويت. لقد تم تطبيق تركيباتنا صناعيًا مع شريكنا الاقتصادي مع التكيف التكنولوجي الجيد لدقيق المخبوزات مع اختبارات إثراء جنين القمح، وإعطاء المنتج النهائي، المعايير المطلوبة في دقيق البسكويت.

الكلمات المفتاحية: تثمين، جنين القمح، تخصيب، دقيق الخبز، دقيق البسكويت.