République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université de Mouloud Mammeri Tizi Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences Alimentaires
Spécialité : Agroalimentaire et contrôle de qualité

Thème :

Contrôle de qualité et mise au point d'un logiciel pour les mélanges de farine au niveau du complexe AGRO–DiV Baghlia.

Réalisé par :

- OUBEZZI Kenza

Proposé et dirigé par :

- Mr. SEBBANE Hillal

Membres de jury :

Présidente : M^{me} ZENNIA Saliha	M.C.A	à l'UMMTO
Promoteur : Mr. SEBBANE Hillal	M.C.B	à l'UMMTO
Examinatrice : M^{me} SENOUSSI Chahra	M.A.A	à l'UMMTO

Année universitaire : 2023-2024

Remerciements

Je remercie **Dieu** tout puissant de m'avoir accordé la volonté et la patience dans l'accomplissement de ce travail.

Mes remerciements plus profonds et toute ma reconnaissance s'adressent à **Monsieur SEBBANNE Hillal** qui a bien voulu m'encadrer et m'encourager tout le long de ce travail, ainsi que les nombres du jury **M^{me} Zennia. S** et **M^{me} Senoussi. Ch**

Je tiens particulièrement à remercier mon encadrant de stage, Melle Lynda pour l'attention et l'aide qu'elle m'a apporté au quotidien ainsi que **Monsieur BELMOUKHTAR. A**, directeur de moulin, pour m'avoir permis d'effectuer ce stage au sein de son équipe.

De même, je remercie **M^{me} Teldja** qui m'a facilité l'obtention de ce stage, mes chaleureuses salutations vont tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Dédicaces

Au nom du bon Dieu, je dédie ce travail à mes parents qui m'ont soutenu tout le long de mes études et qui m'ont aidé dans les moments difficiles, ma mère que Dieu la protège et mon père, que Dieu lui accorde un paradis spacieux,

Je remercie tout d'abord mes frères **Nabil**, **Loussif**, **Achour** et **Anis**.

Je dédie particulièrement ce travail au mari de ma grande sœur **Amar** qui m'a aidé au-delà de ses capacités.

Je remercie également mes sœurs **Noira**, **Sonia**, **Aldjia**, **Souad** et **Thiziri**

Ainsi que mon fiancé et futur mari **Nazim** qui a toujours été là pour moi.

Je dédie également ce travail à toutes mes nièces et à tous mes neveux.

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction....1

Chapitre I : Généralités sur le blé

I. Généralités sur les céréales....4

I.1. Situation céréalière en Algérie....4

I.2. Consommation, importance et importation de blé en Algérie....4

I.3. Origine et historique du blé....5

I.4. Structure du grain de blé....5

I.5. Composition biochimique du grain de blé....6

I.6.Diversité variétale des blés....8

I.6.1. Blé dur....9

I.6.2. Blé tendre....9

Chapitre II : Blé tendre

II.1. Taxonomie....11

II.2. Caractéristiques du grain de blé tendre....11

II.3. Critères d'appréciation de la qualité du blé....12

II.3.1. Agréage....12

II.3.2. Poids spécifique....12

II.3.3. Poids de mille graines....12

II.4. Mouture du blé tendre....13

II.4.1. Objectif de la mouture....13

II.4.2. Principe de la mouture....13

II.5. Préparation du blé pour la mouture....14

II.5.1. Nettoyage....14

II.5.2. Conditionnement....14

II.6. Les appareils de la mouture....15

II.7. Les étapes de la mouture....16

II.8. Les produits issus de différents passages de la mouture....17

II.9. Stockage des produits finis.....18

Chapitre III : Farine de blé tendre

III.1. Définition et composition d'une farine.....19
III.2. Composition biochimique de la farine de blé tendre.....20
III.3. Propriétés physico-chimiques.....24
III.4. Propriétés technologiques.....25
III.4.1. Notion de la valeur meunière.....25
III.4.2. Notion de la valeur boulangère.....25
III.4.3. Notion de la valeur technologique.....26
III.5. Les Différents types de farine et leurs utilisations.....27

Partie pratique

Chapitre IV : Présentation de l'entreprise d'accueil

IV.1. Définition de l'unité.....29

Matériel et Méthodes

V.1. Objectif de travail.....30
V.2. Matériel.....30
V.3. Agréage du blé.....30
V.3.1. Poids spécifique.....30
V.3.2. Impuretés des graines de blé.....31
V.3.3. Poids de mille grains.....31
V.4. Analyses physico-chimiques effectuées sur la farine de blé.....32
V.4.1. Humidité.....32
V.4.2. Taux de cendres.....33
V.5. Analyses technologiques.....33
V.5.1. Le taux de gluten.....33
V.5.2. Indice de chute.....34
V.5.3. Taux d'affleurement.....35
V.5.4. Détermination de la force boulangère.....36
V.6. Elaboration des mélanges des farines.....37
v.6.1. Principe du calcul par logiciel Excel.....37
V.6.2. Détermination des quantités de mélanges de farine.....38

Chapitre V : Résultats et discussions

VI. Résultats de l'agréage du blé 39
VI.1. Poids spécifique à l'hectolitre (PHL) 39
VI.2. Impuretés 40
VI.3. Poids de mille graines 40
VII. Résultats des analyses physico-chimiques des farines 40
VII.1. Humidité 41
VII.2. Taux de cendres 41
VIII. Résultats des analyses technologiques 42
VIII.1. Taux de gluten 42
VIII.2. Temps de chute 43
VIII.3. Granulométrie (taux d'affleurement) 43
VIII.4. Alvéographe de Chopin 44
IX. Résultats physicochimiques et technologiques de mélange de farines 45
Conclusion 47
Références bibliographiques
Annexes
Résumé

Les abréviations

IANOR : Institut algérien de normalisation.

AFNOR : Association de française de normalisation.

ISO : International organization of standarization.

FAO : Foot and Agriculture Organization.

NA : Norme algérienne.

MS : Matière sèche.

MP : Matière première.

PMG : Poids des mille graines.

PS : Point spécifique.

TH : Humidité.

pH : potentiel d'hydrogène.

G : Gonflement.

W : Force boulangère.

P : Ténacité.

P/L : Rapport plasticité/élasticité.

G : Gramme.

Hl : Hectolitre.

JO : Journal officiel.

GS : Gluten sec.

GH : Gluten humide.

TGR : Trieur à grand rond.

TRL : Trieur à grain long.

Liste des figures

Figure 1 : Structure du grain de blé 6

Figure 2 : Schéma représentatif de la phénologie du blé.....9

Figure 3 : Blé tendre et blé dur 10

Figure 4 : Le principe de la mouture du blé tendre.....13

Figure 5 : Illustration du fonctionnement d'un moulin 15

Figure 6 : Diagramme de moteur de blé tendre 18

Figure 7 : Farine de blé.....19

Figure 8 : Composition des protéines de la farine de blé.....21

Figure 9 : Composition en lipides libres et en lipides de farine.....22

Figure 10 : Figure d'AGRO div BAGHLIA.....29

Figure 11 : Courbe alvéographique avec indication des différents paramètres mesurés 36

Liste des tableaux

Tableau I : Composition chimique des différentes parties du grain de blé.....7

Tableau II : Les caractéristiques du grain de blé.....11

Tableau III : Principaux matériels utilisés en meunerie.....15

Tableau IV : Composition de la farine de type 55.....20

Tableau V : Différents milieux de solubilité des protéines de la farine.....21

Tableau VI : Composition biochimique d'une farine extrême (75 à 76 %).....23

Tableau VII : Propriété physique organique de la farine de blé tendre.....23

Tableau VIII : Caractéristiques physico-chimiques de la farine de blé tendre 24

Tableau IX : Valeur indicative de W pour différentes fabrications 27

Tableau X : Types de farine de blé 28

Tableau XI : Classification du blé tendre 31

Tableau XII : Indice du chute et indications 35

Tableau XIII : Résultats de l'agréage du blé.....39

Tableau XIV : Résultats d'analyses physico-chimiques de la farine 41

Tableau XV : Résultats des tests technologiques de la farine.....42

Tableau XVI : Résultats de l alveographe 44

Tableau XVII : Mélanges de 100g de farine entre les échantillons 1et2.....45

Tableau XVIII : Comparaison des caractéristiques de trois types de farine 45

Introduction

Introduction

À travers le monde, la céréaliculture représente une activité économique majeure, génératrice d'emploi, elle est active dans divers secteurs stratégiques comme l'agroalimentaire, l'énergie et les services. Au-delà des usages traditionnels pour l'alimentation humaine et animale, les céréales ouvrent de nouvelles perspectives, notamment dans les structures de la chimie verte et de l'énergie. L'apparition des céréales dans les écosystèmes date d'il y a environ 2,3 millions d'années, leur domestication par les humains a joué un rôle décisif dans la révolution néolithique et dans le développement de l'agriculture.

En France, la moitié de la production céréalière est destinée à l'exportation, le pays bénéficie de certains avantages naturels comme la présence de sols fertiles qui lui permettent de soutenir cette performance constante. Il est essentiel de concilier exploitation et préservation de ces ressources pour répondre aux besoins nationaux et internationaux (**Anonyme 1, 2024**).

Les céréales comprennent principalement les blés durs et tendre, l'orge, le triticale, l'avoine, le maïs, le riz, le sorgho et le sarrasin. Ce sont des monocotylédones qui génèrent des grains très abondants en amidon. Ils se distinguent les uns des autres par des compositions chimiques et par leur nombre de phyénotypes, ainsi que par leur capacité à se transformer. En effet, ces plantes procurent plus de 50 % des besoins en énergie des individus (**Mbarek et Boubeker, 2017)**.

Le blé tendre est l'une des céréales les plus connues au monde, c'est en effet la première céréale qui a été apprivoisée et consommée par l'Homme. Le blé tendre ou *froment* (Triticum aestivum) est une espèce de plantes monocotylédones de la famille des poacées (graminées), sauvages ou cultivées, qui produit des grains comestibles très utilisés dans l'alimentation humaine (**Anonyme 2, 2024**).

Pour contrôler la qualité de la farine du blé tendre et garantir ses vertus nutritionnelles, plusieurs analyses ont besoin d'être réalisées. Ces dernières permettent de déterminer l'utilisation optimale de la farine, qu'elle soit destinée à la fabrication du pain, de biscuits ou d'autres produits. Certaines caractéristiques sont obtenues par des analyses physico-chimiques directement liées à la nature de la farine alors que d'autres analyses sont essentielles pour comprendre le comportement de la farine une fois qu'elle forme une pâte, ce qui renvoie aux caractéristiques technologiques (**Anonyme 3, 2024)**.

L’objectif de ce travail est d'exploiter les paramètres physico-chimiques des échantillons de farines, en particulier la force boulangère. Ces paramètres seront intégrés dans un modèle mathématique conçu sur Excel ® afin de standardiser la force boulangère à un niveau fixe en réalisant des mélanges de farines appropriées selon les propriétés détectées par le modèle.

Pour cette recherche, ce mémoire sera divisé en deux parties, la première section présente une analyse bibliographique, elle comprend trois chapitres, la deuxième partie consiste en une analyse expérimentale des propriétés physico-chimiques et technologiques sur 4 échantillons de farine.

Chapitre I :

Généralités sur le blé

Généralités sur les céréales

I.1. Situation céréalière en Algérie

Les céréales ont un impact sur l'agriculture nationale, car elles représentent plus de 90 % des surfaces cultivées en Algérie. Dans ce pays, en raison de l'alimentation traditionnelle, les céréales d'hiver (dont la période de cultivation va d'Octobre-début Novembre jusqu'à la récolte en Juillet) sont essentielles à l'alimentation quotidienne humaine et à celle du cheptel. La croissance de la consommation est rapide, notamment en raison de l'augmentation de la population au cours de ces 20 dernières années.

Les terres céréalières sont estimées à environ 6 millions d'hectares. Tous les ans, entre 3 et 3,5 millions d'hectares sont arrosés, le reste est abandonné. Les zones situées dans les régions de Sidi Bel Abbès, Tiaret et Sétif sont pour la plupart montagneuses, mais n'en restent pas moins de vastes zones céréalières. Les hivers y sont froids, le régime pluviométrique y est irrégulier et les périodes printanières y sont chaudes et sèches **(Djekoun et *al.*, 2002)**.

Malgré les efforts déployés, les performances demeurent extrêmement faibles, leur niveau est généralement attribué à l'impact des conditions pédoclimatiques défavorables, cependant, à ces conditions, nous pouvons également ajouter une faible connaissance des techniques de culture (**Chabi et *al.*, 1992)**.

L'agriculture est marquée par des tendances socio-économiques qui ne sont pas négligeables. La céréaliculture algérienne a été durablement marquée par l'exode rural et par la priorité accordée à l'industrie pendant les années 70 **(Selmi, 2000)**.

I.2. Consommation et importation du blé en Algérie

En 2003, l'Algérie a occupé la première place mondiale en termes de consommation de blé annuelle avec plus de 200 kg par habitant. Elle est donc l'un des principaux importateurs mondiaux et dépend du marché international. Les rendements insuffisants et les besoins de consommation croissante face à une forte évolution démographique pourraient entraîner une prolongation de ces importations sur plusieurs années **(Chellali, 2007)**.

Bien que les ressources génétiques soient très abondantes, le respect des variétés actuellement connues est relativement restreint en raison de la diversité des conditions agro-

climatiques en Algérie. Cela peut être dû à plusieurs raisons dont certaines sont liées à une méthodologie d'approche du sujet erronée **(Ait kaki, 2007)**.

L'Algérie consomme environ 11 millions de tonnes de blé par an. Après une longue période de sécheresse, une amélioration du rendement est attendue, et ce, bien que nous soyons encore loin du sommet de production avec 4 millions de tonnes atteint en 2018/2019 (**Ecofin, 2020)**.

I.3. Origine et historique du blé

Le blé occupe une place prépondérante de l'humanité, en effet, la longue histoire du blé est étroitement liée à celle de l'homme et de l'agriculture. Cette dernière a commencé il y a environ 8000 ans pendant la période néolithique et cela a joué un rôle important dans le développement des premières sociétés humaines. L'agriculture est répandue de la Grèce vers l'Europe environ 6000 ans avant Jésus-Christ (**Doussinaultet et *al.*, 1992)**. Avant l'arrivée des Français, le blé tendre était inconnu en Afrique du Nord (**Lery, 1982**).

La culture du blé se concentre principalement dans les pays du bassin méditerranéen où les conditions climatiques sont arides et semi-arides, où l'agriculture est en pleine crise. La température augmente avec la baisse de précipitation tandis que la désertification et la sécheresse détruisent les sols agricoles (**Abeledo et *al.*, 2008**).

I.4. Structure des grains de blé

Le grain de blé est un grand nœud, la couleur de son écorce varie du jaune pâle au roux selon la variété de blé en question. Il est formé de deux faces, une plate et une bombée. La couleur des blés varie du roux au blanc (**Leslie, 2012**) selon le pays d'origine, le sol, le type de culture et de climat.

Le faisceau nourricier du grain traverse la face plane par un sillon médian et profond. La partie inférieure de la face bombée est renflée et contient le germe. Le grain de blé se compose de trois parties :

- **Les enveloppes :** elles représentent 14 à 15 % du poids total du grain. Elles sont composées de couches superposées (le péricarpe, le tégument séminal, la bande hyaline et l'assise protéique ou couche à aleurone) et ont pour but de préserver la graine des dangers extérieurs **(Clavel, 1984)**.

- **Le péricarpe :** il recouvre 4% du poids du grain et est composé de 3 couches : l'épicarpe, le mésocarpe et l'endocarpe.
- **Le tégument séminal** : il est riche en matière minérale et protéique.
- **L'assise protéique :** elle est formée de grosses cellules prismatiques à parois cellulosiques épaisses contenant une grande teneur en protéines, en minéraux et en matière grasse.
- **L'amande farineuse :** la majorité du grain est composée d'albumen qui représente en moyenne 77 à 95 % de la masse totale du grain. Il s'agit d'une substance blanche friable, principalement composée d'amidon, un sucre lentement absorbé par l'organisme qui s'enchâsse dans un réseau protéique appelé « gluten » **(Feuillet, 2000)**.
- **Le germe :** l'embryon de la pâte est le germe, il constitue 3% du grain. Il est très petit et d'une couleur jaunâtre, mais c'est la partie la plus nutritive (très riche en Sels minéraux, vitamines et protéines). Il garantit également la reproduction de l'espèce **(Feuillet, 2000)**. La figure suivante (1) représente la structure d'un grain de blé.

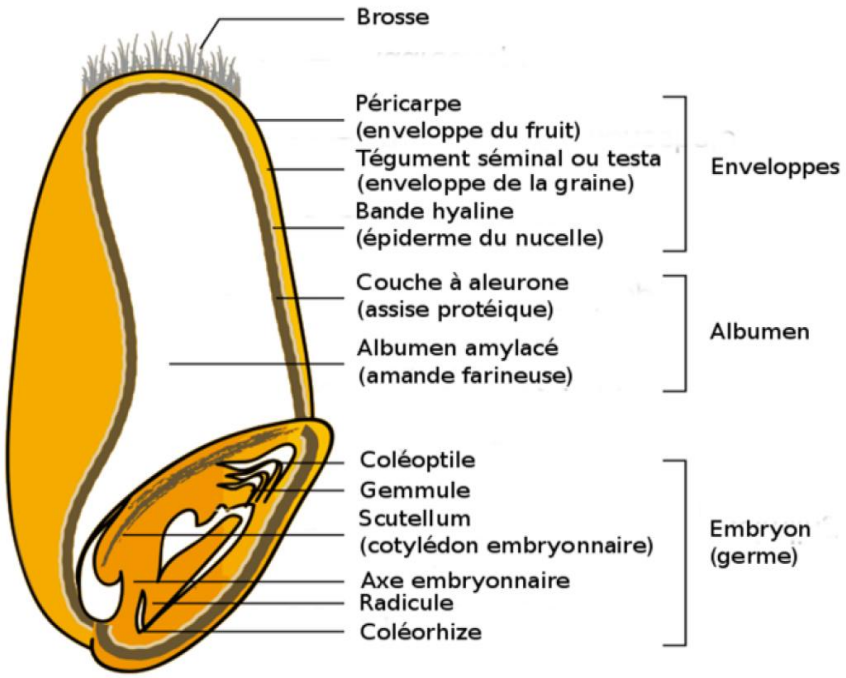

Figure 1 : Structure du grain de blé (Surget et Barron, 2005).

I.5. Composition biochimique du grain de blé

Le tableau suivant(I) présente la composition chimique des différentes parties du grain de blé, exprimée en pourcentage de la matière sèche de chaque partie.

Tableau I : Composition chimique des différentes parties du grain de blé, valeurs moyennes et écarts courant exprimé en pourcentage de la matière sèche de la partie considérée (Godon, 1991).

Partie du grain %	Amidon (petite glucides)	Protéines	Lipides	Cellulose Hémicellulose pentosanes	Minéraux
Péricarpe	16(±2)	12(±2)	1(±0,2)	67(±7)	4(±1)
Tiguement séminal	10(±1)	16(±3)	4(±1)	58(±5)	12(±3)
Assise protéique	12(±2)	32(±3)	8(±1)	38(±3)	10(±5)
Germe	20(±1,5)	38(±2)	15(±2)	22(±2)	5(±1)
Amande	85(±10)	11(±3)	2(±0,1)	1,5(±1,5)	0,5(±0,2)

Les constituants de grain de blé essentiels sont les suivants :

- **L'eau**

Le blé est légèrement hydraté de manière naturelle, sa concentration en eau fluctue en fonction de l'humidité de l'air. Son taux d'équilibre varie entre 12 et 14%. Sa composition chimique et physique stimule les réactions enzymatiques et les attaques microbienne. (**Feuillet, 2000)**.

- **Les glucides**

Le grain de blé est principalement constitué de glucides qui représentent 80 % de la matière sèche (poids du gramme). Il a pour principal rôle de fournir de l'énergie **(Godon et Willm, 1991)**.

- **Protéines**

Les protéines présentes dans les grains de blé sont nombreuses : protéines de structure, enzymes et protéines de réserve, il n'y a pas de distribution homogène de ses protéines dans le grain de blé car il se trouve principalement dans le germe et l'assise protéique. Ce sont les seuls composés responsables de l'extensibilité, de la ténacité, de l'élasticité et de la cohésion de la pâte **(Benhania, 2013)**.

- **Lipides**

Ils sont principalement localisés dans le germe (15%) et les enveloppes de grain (12%) (**Clavel, 1984**). La valeur boulangère des farines est affectée par ces substances qui ont une action qui altère la cohésion physique du gluten, ce qui entraîne également des phénomènes de vieillissement de la farine. Les triglycérides (TG) se métamorphosent en Acide gras (AG) sous l'action de la lipase (une enzyme essentielle à la digestion des graisses). Cela entraîne une baisse du potentiel hydrogène (pH), ce qui aura un effet négatif sur les caractéristiques plastiques des protéines de la farine.

Les lipides sont présents sous plus d'une vingtaine de formes dans la farine. 50,9 % d'entre eux sont non-polaires et 49,1% sont polaires, ils sont présents sous forme de triglycérides, d'acide gras, de phospholipides et de sphingolipides.

Vitamines : les graines de blé reforment les vitamines B1, B2 et B3 ainsi que la vitamine E, principalement présente dans le germe **(Godon et Willm, 1991)**.

I.6. Diversités variétales des blés

Toutes les différentes variétés de blés sont classées en deux grandes catégories. Les deux espèces de céréales les plus cultivées sont le blé dur (*Triticum durum* D) : AABB (2n=4x=28) Tétraploïde et le blé tendre (*Triticum aestivum* L) : AABBDD (2n=6x=42) Hexaploïde (figure 2). Les variétés de blé sont très nombreuses et sont adaptées au mieux par les cultivateurs et les producteurs à la nature du sol et au climat de la région pour obtenir le meilleur rendement. La figure (2) suivante représente un schéma représentatif de la phylogénie de blé.

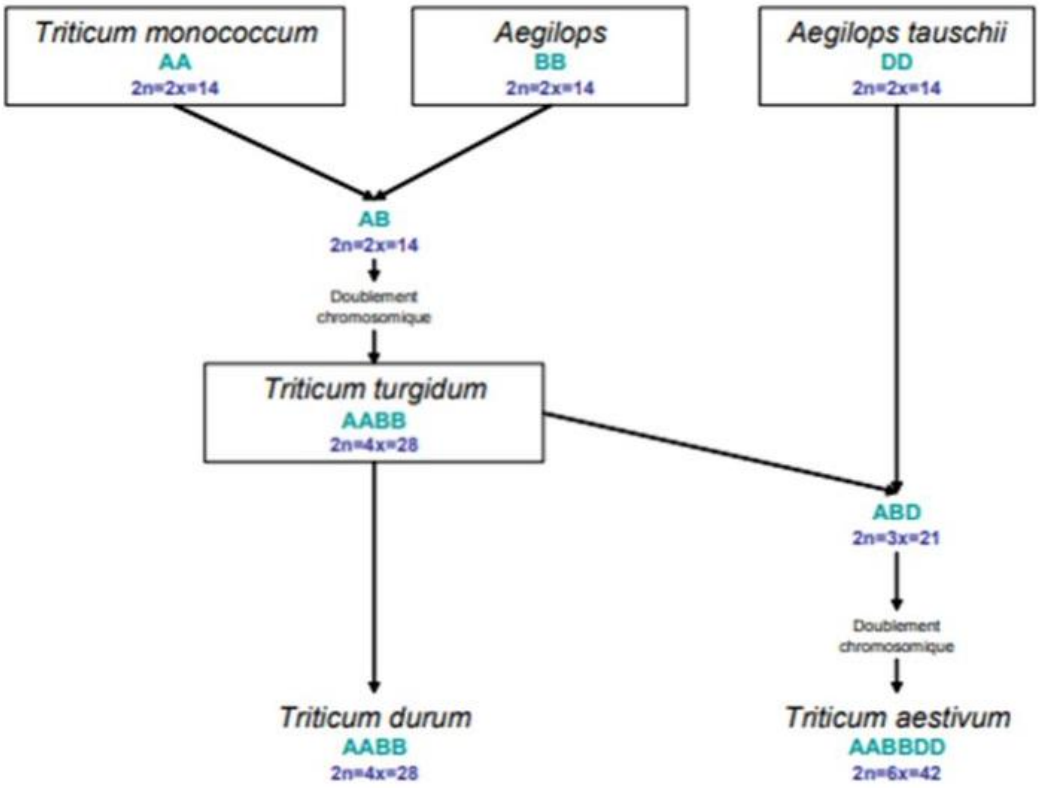

Figure 2 : Schéma représentatif de la phylogénie du blé.

Les différentes espèces de blé se répartissent en deux grandes catégories

I.6.1. Le blé dur

On cultive cette variété de blé dans les pays à climat chaud et sec, le blé dur a des grains plus longs, souvent même pointus, avec des enveloppes assez minces et blanches. Ils produisent moins de son que les grains de blé tendre, même s'ils renferment davantage de gluten **(Ait Slimane et Ait kaki, 2008)**.

I.6.2. Blé tendre

Le blé tendre est une espèce de blé du genre *Triticum*, appelé *Triticum aestivum*. De nombreuses autres espèces appartiennent au genre *Triticum*, chacune d'elles étant constituées d'un grand nombre de variétés botaniques **(Moule, 1971)**. La figure (3) suivante représente une photo de blé tendre et une autre de blé dur.

Figure 3 : Blé tendre (Souss céréales, 2024) et blé dur (Anonyme 4, 2024).

Chapitre II :

Blé tendre

II.1. Taxonomie

Le blé tendre est une plante annuelle de la famille des graminées, monocotylédones, dont la classification botanique est la suivante (**Feuillet, 2000**).

Règne : Plantea (règne végétale).

Division : Magnoliophita.

Classe : Liliopsida.

Ordre : Poales.

Famille : Poaceae (ex graminée).

S/famille : Triticée.

Tribu : Triticeae.

S/tribu : Triticinea.

Genre : *Triticum.*

Espèce : *Triticum aestivum.*

II.2. Caractéristiques du grain de blé tendre

Les caractéristiques les plus importantes pour la meunerie sont dans le tableau suivant (II).

Tableau II : Tableau représentatif des caractéristiques du grain de blé tendre (Paul, 2007).

Caractéristiques	Description
La force	1. Les blés atteignent les cours les plus élevés des céréales, ils sont les plus réputés parce qu'ils donnent des grains volumineux de bonne texture qui possèdent le plus haut pouvoir d'absorption d'eau. Le meunier peut mélanger des blés de force en grandes proportions de variétés plus faibles pour avoir une farine de force moyenne.
La saveur	Ce n'est pas un facteur négligeable de la qualité. La saveur peut être modifiée par la présence de l'eau en teneur élevée.
L'odeur	L'odeur spécifique du blé, c'est l'odeur du blé fraîchement récolté. Les cultures à odeur faible sont à peine perceptibles. Les cultures à parfum possèdent une odeur forte spécifique. La teneur élevée en eau et le mauvais conditionnement peuvent produire une odeur suspecte souvent désagréable.
Rendement en Farine	Les meuniers préfèrent les blés secs pour les raisons suivantes : Facilité de stockage qui permet un meilleur rendement en farine. Plus il est rond, plus la quantité d'amande sera supérieure à celle du son et plus la possibilité de rendement en farine sera élevée. • Dimensions des grains : Les grains de différentes dimensions et de même épaisseur des enveloppes possèdent une portion d'amande plus élevée que le son. • Adhérence de l'enveloppe á l'amande : Plus on pourra la détacher aisément au cours de la mouture, plus l'extraction de la farine sera élevée. • Pourcentage d'impuretés : Les meilleurs blés contiennent 0,5 à 2 % d'impuretés.

II.3. Critères d'appréciation de la qualité de blé

II.3.1. Agréage

C'est une technique utilisée pour évaluer la qualité physique des céréales, elle est effectuée dans les coopératives céréalières par des agréeurs agréés qui ont la possibilité d'accepter ou de refuser les lots du blé étudiés. Ils réalisent à cet effet des études de strictes exigences qui incluent notamment la mesure de l'eau, la quantité de blé à l'hectolitre (poids spécifique), le poids de mille graines et la détection des impuretés **(Aziez et *al.*, 2003)**.

II.3.2. Poids spécifique

La masse volumique est également connue sous le nom de poids spécifique (PS) ou de poids à l'hectolitre (PLH). Plus le poids d'hectolitres élevé, plus le rapport n'enveloppe sur amande et faible et plus le temps d'extraction sera élevé **(Aziez et *al.*, 2003)**.

II.3.3. Poids de mille graines

Le PMG est un indicateur qui évalue la capacité des substances de réserve à s'accumuler dans des conditions environnementales optimales. Les grains sont principalement remplis par des assimilas récemment photo-synthétisés. La présence de grains remplis à ce niveau et liée principalement à la capacité des grains à se stocker (puits) plutôt qu'aux capacités photosynthétiques. Toutefois, les conditions météorologiques peuvent avoir un impact sur le PMG **(Godon et Willm, 1898)**.

II.4. Mouture de blé tendre

La qualité de blé utilisée pour la mouture est essentielle. Comme il y a souvent des impurtés de diverses natures, il sera essentiel de procéder à un nettoyage préalable qui implique plusieurs traitements. Le blé nécessite une hydratation adéquate afin d'améliorer et faciliter la mouture **(Godon, 1991)**.

II.4.1. Objectif de la mouture

La mouture a pour but de séparer l'amande farineuse de son et de germe, puis à réduire l'amande en farine. Afin d'obtenir ce résultat, il est nécessaire que le blé soit industriellement pur (il doit être nettoyé) et préparer de manière optimale (la présence d'eau suivie d'un temps de repos adiquant, ainsi que la distinction entre le blé tendre : blé soft, médium ou hard) **(Bourson**, **2009)**.

II.4.2. Principe de la mouture

L'opération principale de la transformation du blé en farine est la mouture. Il fonctionne en utilisant deux opérations unitaires : une opération de fragmentation -dissociation des grains du blé, puis une autre opération qui permet de séparer les sons et les enveloppes **(Feuillet, 2000)**. La figure suivante (4) présente le principe de la hauteur de blé tendre.

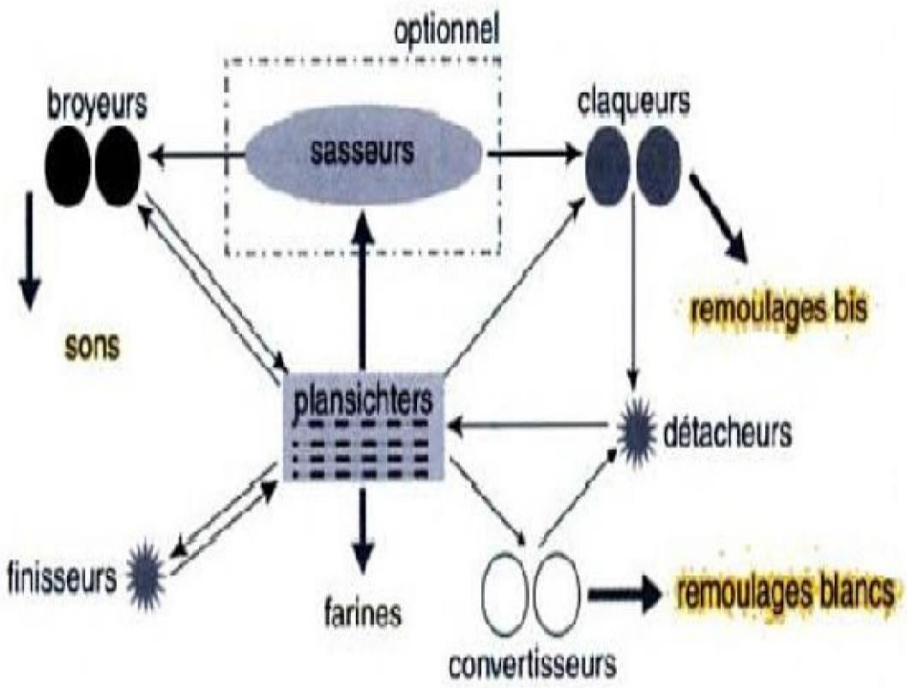

Figure 4 : Principe de la mouture de blé tendre (**Feuillet, 2000).**

II.5. Préparation du blé pour la mouture

II.5.1. Le nettoyage

Le nettoyage consiste à éliminer des impuretés des graines de blé avant les acheminées vers le premier broyage (B1). Il peut s'agir du grain étranger, du grain provenant d'autres céréales, de la paille, des pierres, des pièces métalliques ou d'insectes **(Feuillet, 2000)**. Les opérations de nettoyage de blé sont définies par **Feuillet (2000)** comme suit :

- **Séparation magnétique**

La fonction de séparation magnétique est d'éliminer les fragments métalliques, pour prévenir les ruptures des machines et éventuellement les explosions. La séparation de ces matériaux est réalisée en utilisant des séparateurs à aimants qui sont positionnés à différents endroits de la section de nettoyage.

- **Séparateur, nettoyeur aspirateur**

  Est un dispositif qui comprend de tamis légèrement incliné et équipé d'un mouvement de va et vient ainsi qu'une aspiration intense pour éliminer les bulles de poussière et d'autres impuretés légères.

- **L'épierreur**

  Est un dispositif qui permet de séparer de manière continue, pierres et les matières dont la forme et les dimensions peuvent rassembler à celles du blé, mais qu'ils ont un poids spécifique différent.

- **Trieur à grains :** Consiste à exploiter les différences de forme et de dimension.
- **Trieur à grain rond (TGR) :** il est pour but d'extraire les grains ronds et refuser les grains longs.
- **Trieur à grain long (TGL) :** son but est extraire le blé et refuser les grains longs.

II.5.2. Le conditionnement

L'objectif est de rendre les enveloppes plus souples pour éviter leur fragmentation et faciliter leur séparation. Il diminue également la dureté de l'albumen afin de faciliter sa transformation en farine sans causer de dommage aux granules d'amidon et préserver la valeur boulangère des farines **(Feuillet, 2000)**. La figure (5) suivante représente une illustration d'un fonctionnement d'un moulin.

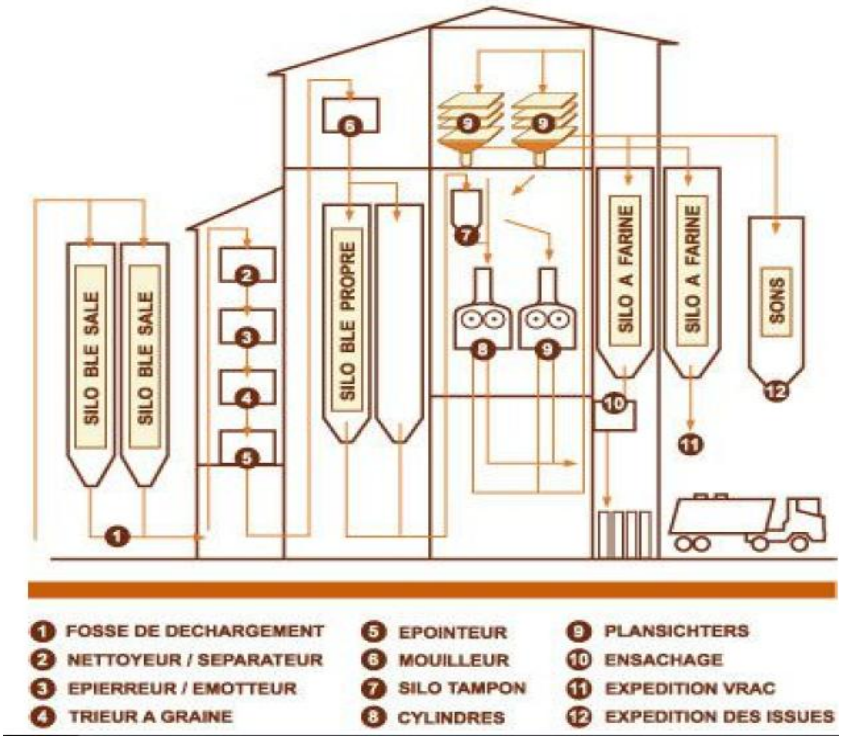

Figure 5 : Illustration de fonctionnement d'un moulin (Feuillet, 2000).

II.6. Les appareils de la mouture

Les appareils de la mouture sont présentés dans le tableau suivant (III)

Tableau III : Principaux matériels utilisés en meunerie (Feuillet, 2000).

Cylindre lisse	Rouloux métallique dont la surface est sans aspérité.
Cylindre cannelés	Rouloux métallique en surface de quel ont été gravées des cannelures celles -ci sont des sillons asymétriques régulièrement tracés en surface des cylindres dont le sens de la longueur et dont la largeur et la profondeur peuvent être respectivement comprises entre 800-2500 et 200-600µm.
Broyeur réducteur et désagrégeur	Machine constituée de deux cylindres cannelés entrainés en sens inverse et à des vitesses déférentes (rapport des vitesses :1/2,5). L'écartement entre les deux cylindres est réglable.
Claqueur et convertisseur	Machines identiques aux broyeurs, à l'exception des cylindres qui sont lisses. Ils ne sont pas utilisés en semouleries.
Planchister	Machines constituées de tamis superposés et soumise à un mouvement de rotation (environ 200tr/min) destinée à assurer une progression régulière des produits d'un tamis à l'autre.
Sasseur	Machines constituées de tamis inclinés soumise à un mouvement de va-et-vient et d'un système D'entraînement des produits par l'air permettant de les séparer sur la base de leurs propriétés aérodynamiques (forme, taille et densité).

II.7. Les étapes de la mouture

- **Broyage**

Il s'agit de l'action de diminuer la taille en utilisant une énergie mécanique son rôle est de déclencher l'amande des enveloppes **(Bourson, 2009)**.

- **Tamisage et blutage**

Après avoir passé entre une paire de cylindres cannelés (broyeur) ou lisse (convertisseur), les produits sont passés par la bluterie (ensemble du planshisters) pour être classés en fonction de leur taille **(Bourdeau et Ménard, 1992)**.

- **Sassage**

Ils s‘agit d’une procédure qui implique de trier en fonction de la densité, les particules d’amande de différentes origines et dimensions. Le sassage de blé tendre permet de supprimer les souffleurs (épicarpe : une pellicule translucide qui se détache du son). Ainsi, on parle d’épuration. Pour cela, il est nécessaire dépurer les simules destinées à C12, et éventuellement C11 **(Bourson, 2009)**.

- **Claquage**

Le processus de claquage implique la division du produit qui lui est envoyés à l'aide du cylindre lisse. Les produits reçus par la ligne de claquage sont plus volumineux et plus dispersés que ceux reçus par la ligne de convertissage. La granulométrie est comprise entre 200µm et 1000µm.Chaque claqueur alimente le claqueur suivant **(Bourson, 2009)**.

- **Convertissage**

On procède à un léger fractionnement des produits sassés claqués finement broyés en farine en utilisant des cylindres lisses au dernier convertisseur.

- **Curage de son**

Il s'agit d'une méthode visant à minimiser la présence d'amande adhérentes sur la face intérieure des enveloppés. Cette opération est réalisée en utilisant des brosses à son alimenté par le refus **(Willm, 2001)**.

- **Étape de sûreté à farine**

Un tamiseur de sécurité est utilisé à cette étape pour éliminer les corps étrangers potentiellement présents dans la farine après le stockage, tels que les particules métalliques libérées par les équipements de mouture ou des fragments provenant de l’usure des tamis à farine, permettant ainsi la récupération de certains résidus **(Willm, 2001)**.

- **La mise en sac**

Cette étape est réalisée en utilisant des tapis roulants qui permettent de transporter la farine, le blé et le son des silos de stockage vers la main d’ouvres, puis vers les machines utilisées pour graver les sachets **(Doumanji et *al.*, 2003)**.

II.8. Les produits issus de différents passages de la mouture

- **Farine :** ce sont de très fines particules résultant de la réduction de l'amande ; ce sont les principaux produits de la mouture de la taille et du 15 à 200µm.
- **Semoule :** morceau d'amande pure ou pouvant contenir un faible pourcentage d'enveloppes, avec une taille variant de 250 à 1000 µm.
- **Gruaux :** ce sont des fins partis de l'amande du grain, de taille intermédiaire entre la fine semoule et la farine qu'ils résultent du travail du cylindre lisses.
- **Semoules bises :** grosses particules de l'albumen aux quelles adhèrent des fragments de l'enveloppe.
- **Remoulage :** produit intermédiaire entre les fines enveloppes du grain et de la farine (**Bourson, 2009).**
- **Fins sons :** représenté par une fine particule d'enveloppe de 0,99 à 0,15 mm d'épaisseur et de 0,5 à mm de côté.
- **Gros sons :** représentés par une large particule d'enveloppe de 0,09 à 0,15mm.
- **Germe :** partie du grain servant à sa reproduction **(Bourson, 2009)**.

À la fin de la mouture, la farine entière des produits par la fusion des "farines de passage" issu de broyage, du claquage et de convertissage d'une part, et de son (gros et fin), La maturité de blé et caractérisé par le temps d'extraction, qui correspond au rendement en farine obtenu à partir de 100 kg de blé propre.

II.9. Stockage des produits finis

- **Stockage de la farine**

Après l'ensachage, la farine est entreposée dans un hangar de grande capacité (250 tonnes) pendant 15 à 20 jours pour permettre sa maturation optimale. Ensuite, elle est transportée vers des points de vente ou directement aux clients par camion.

- **Stockage de son**

Les sous-produits de la farine, comme le son fin et gros, sont mélangés et transportés par des canalisations avant d'être chargés dans des camions pour distribution **(Doumandji et *al.*, 2003)**. La figure (6) suivante représente le diagramme de la mouture de blé tendre.

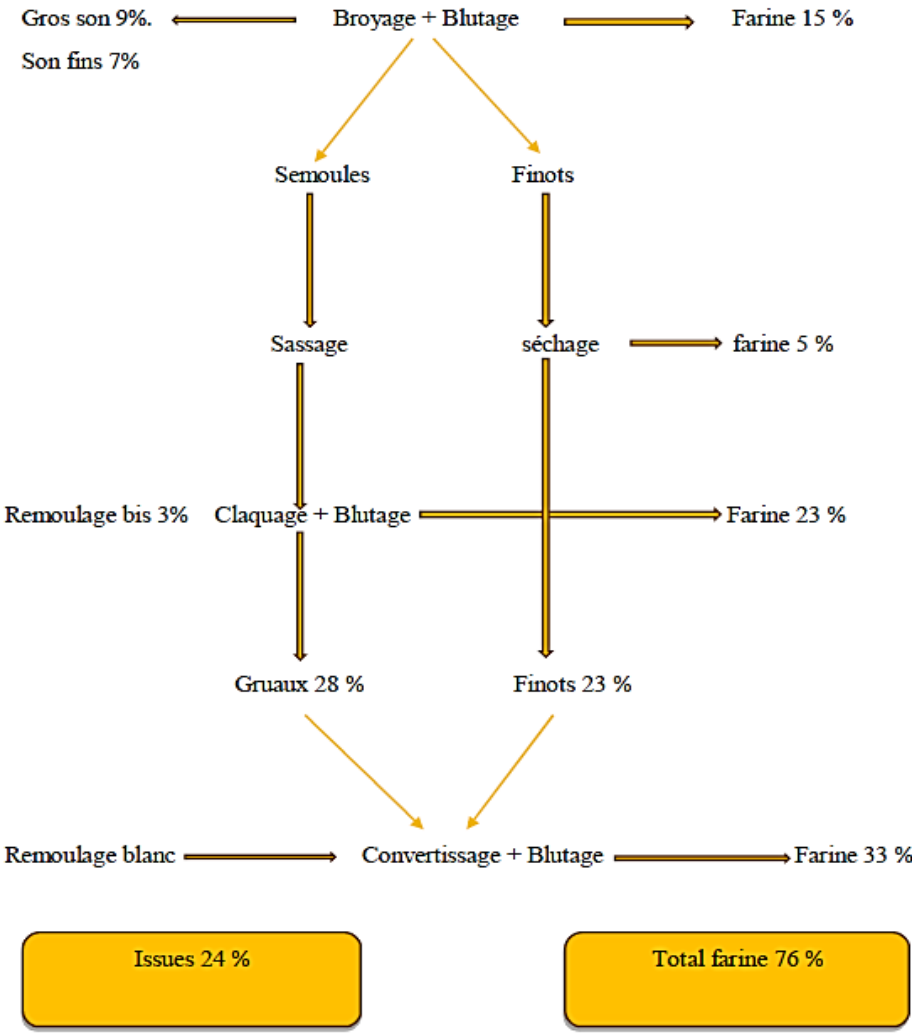

Figure 6 : Diagramme de mouture de blé tendre (Willm, 2001).

Chapitre III :

Farine de blé tendre

III.1. Définition et composition d'une farine

Les divers congrès internationaux pour la répression de fraudes ont donné la définition suivante :

La notion de farine, sans autre terme qualitatif, se réfère uniquement aux produits de la mouture de l'amande provenant du grain de blé nettoyé et produit de manière industrielle. Les produits issus d'autres graines, céréales et légumineuses, après avoir été nettoyé et traité de manière industrielle. Le terme farine sera utilisé pour désigner les graines de céréales et de légumineuses qui entrent dans la composition, que ce soit à l'état isolé ou en mélange **(Godon et Willm, 1998)**.

La farine de panification et le résultat de la fermentation du grain de céréales destiné à être panés, il est probablement nettoyé, sans autre modification que la suppression partielle au total des germes et des enveloppes **(JORAD P., 1991)**.

- La teneur a en eau doit être≤15%
- L'indice de chute compris entre 180 et 280 ;
- Le W compris entre 130 et 180 ;
- Le P/L entre 0,45 et 0,65 ;
- L'indice de ZELENEY de 22 à 30.

Dans le cas où la farine ne nous provient pas de blé tendre, elle devra être accompagnée d'une indication ou de son issue. La figure suivante (07) représente une photo de farine de blé.

Figure 7 : Farine de blé (Naturosympathie, 2024).

III.2. Composition biochimique de la farine de blé tendre

Le tableau (IV) présente les compositions de la farine T 55.

Tableau IV : La farine de type 55 est composée de plusieurs éléments (Feuillet, 2000).

Constituants	Taux en pourcentage %
Amidon (glucides)	70%
Protéines	8 à 12%
Sucres	2%
Pentosanes (fibres -celluloses)	2 à 3%
Eau	15,5%
Vitamines et enzymes	/
Matière grasses	1 à 2%

- **Glucides :** les glucides sont particulièrement présents pour fournir l'énergie et ils sont majoritaires dans la farine. Une farine panifiable comporte divers types de glucides.
- **Amidon :** représente 70% du poids total de la farine. Réserve des glucides chez les plantes. Ça structure est composée de deux polymères : l'amylose et l'amylopectine. Ces substances captent l'eau, et sous l'effet de la chaleur, elles créent un gel indispensable à la conservation de la farine.
- **L'eau :** le deuxième constituant de la farine, représente 15,5%.
- **Matière minérale :** les concentrations en matière minérale sont faibles allant de 0,45 à 0,60%. Le potassium, le phosphore, le magnésium et le soufre sont des matériaux présents dans la farine. La pureté de la farine est évaluée en fonction de sa quantité de résidus minéraux.
- **Les protéines :** les endospermes (73%), le son (19%), le germe (8%). En règle générale, elle représente entre 11et13 %.

Elles sont classées en base de leur solubilité en :

- **Protéines hydrosolubles,** les albumines et les globulines (15 à 20% des protéines totales).
- **Protéines insolubles (**80 à 85%) les gliadines (45 à 50%) et les gluténines (55 à 60%). La figure (8) illustre la composition des protéines de la farine de blé classées en fonction de leur solubilité et de leurs propriétés fonctionnelles. La figure suivante représente les différentes compositions des protéines de la farine de blé.

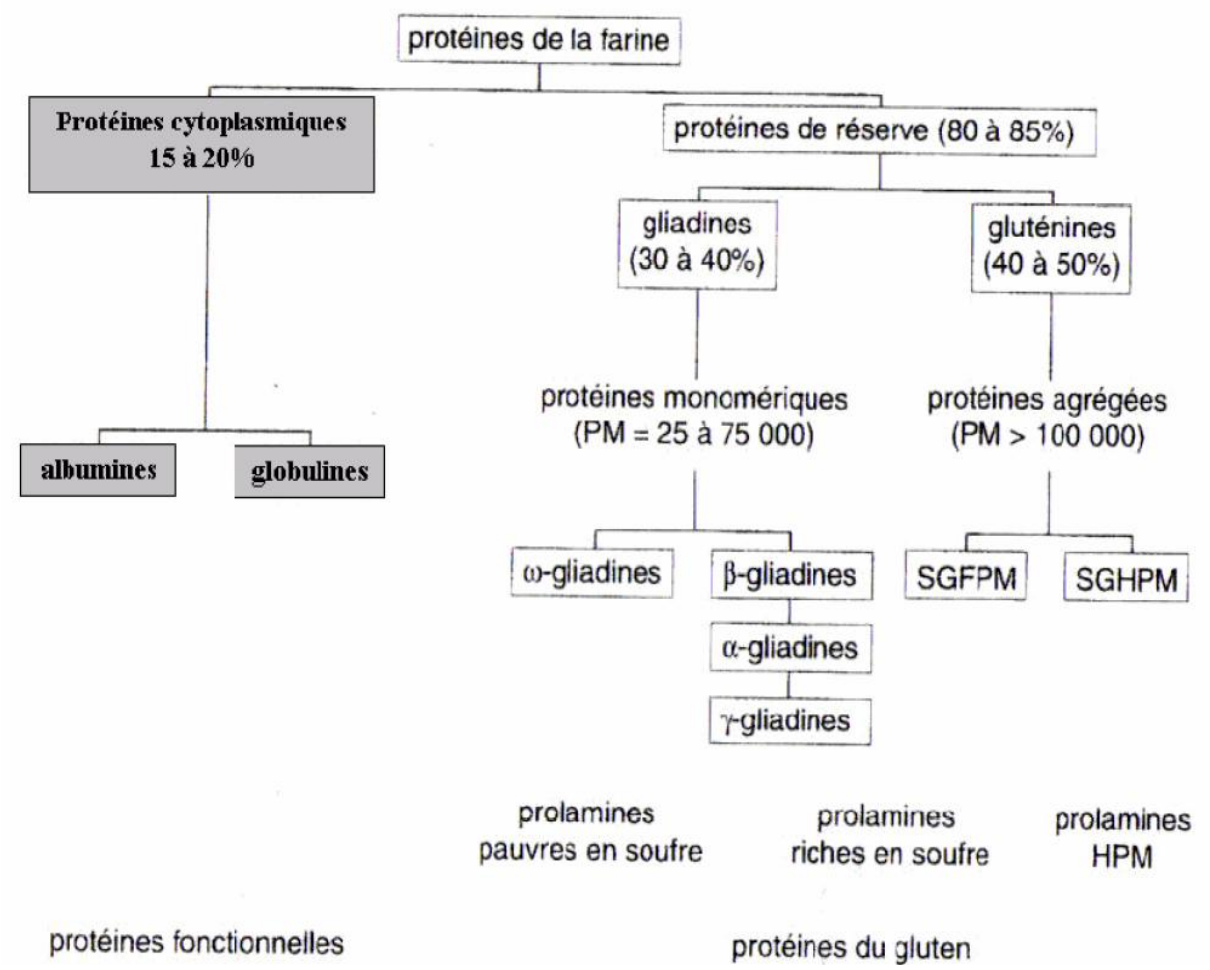

Figure 8 : Composition des protéines de la farine de blé (Feuillet, 2000).

Le premier à s'intéresser à la classification des protéines du grain du blé fut **(Osborne, 1907)**.

En 1924, il a établi 4 catégories des protéines qui se distinguent par leur capacité à se dissoudre dans divers milieux M. Le tableau suivant (V) montre la composition des protéines de la farine de blé et les classe en fonction de leur solubilité et de leur rôle fonctionnel.

Tableau V : Les différents milieux de solubilité des protéines de la farine (Osborne, 1924).

Les protéines	Les milieux de solubilité
Les albumines	Solubles dans l'eau.
Les globulines	Solubles dans les tampons salins.
Les gluténines	Solubles dans une base ou un acide.
Les gliadines	Solubles dans une solution d'alcool à 70%.

- **Les lipides :**

Ils se retrouvent dans la farine sous plus de vingtaine de formes, mais ne constituent que 0,8 à 2 % (matière sèche) de la farine. Ces lipides sont non polaires à 50,9 % et polaire à 49,1%. Ils se trouvent sous forme des acides gras, des triglycérides, des phospholipides, des stérols et des phospholipides ou tocophérols. Ils sont classés selon leurs extensibilités dans différents solvants selon la figure suivante (9).

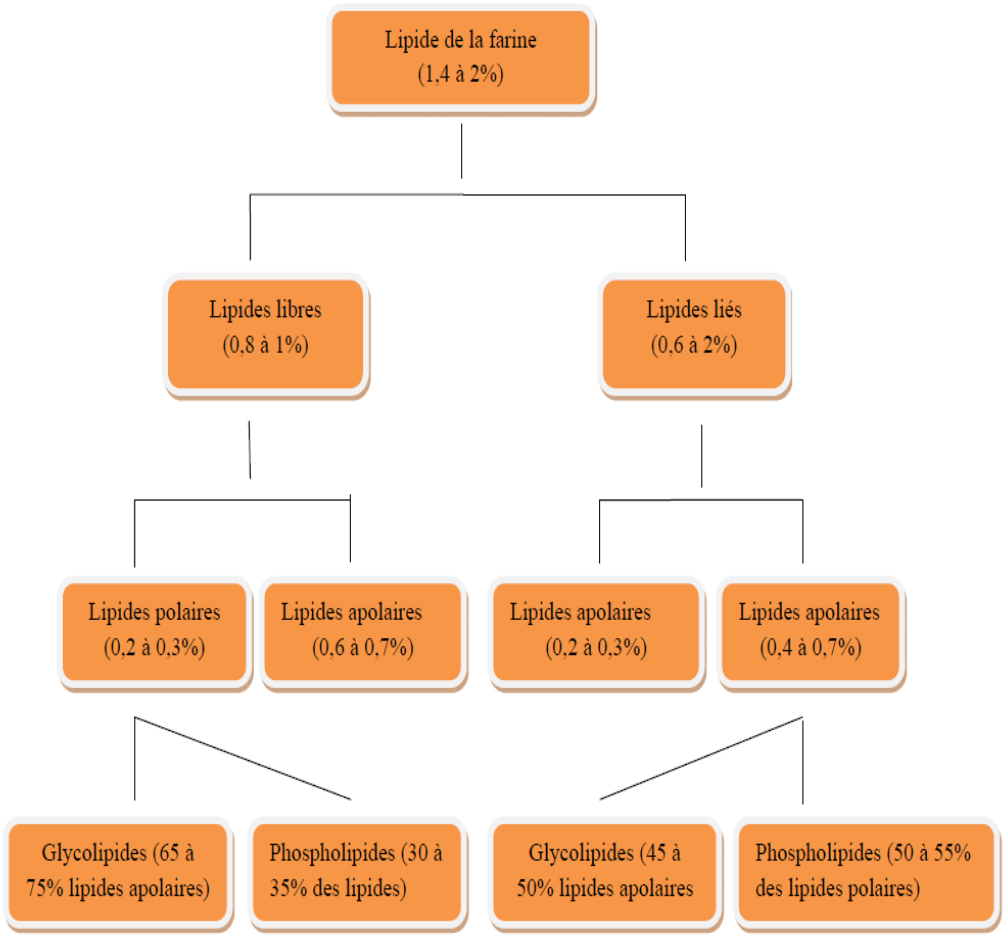

Figure 9 : Composition en lipides libres et en lipides liés de la farine (Feuillet, 2000).

- **Vitamines :** le blé contient une grande quantité de vitamines principalement dans le son et le germe. Les vitamines B sont représentées par environ de 4,6 mg/ kg et la riboflavine par 1,3% mg / kg. Une partie d'entre eux et détruit par la mouture. Le grain ne contient pas de vitamine C et D, mais il est riche en vitamine E qui peut jouer un rôle antioxydant.

Le tableau suivant (VX) présente les compositions biochimiques d'une farine extraite à 75 à 76%.

Tableau VI : Composition biochimique d'une farine extraite à 75 à 76 % (Clavel, 1980).

Composition	Proposition
Matière azotées	8 à 12 % dont (7 à 10 % de gluten)
Matière minérales	0,45 à 0, 60 %
Matière grasses	1,2 à 0,05 %
Acidité	0,01 à 0,05 %
Sucres	1 à 2 %
Amidon	60 à 72 %
Diastases	Des amylases il plus important
Vitamines	Du groupe B,P et E

- **Propriétés physiques ; physico-chimiques et technologiques de la farine**

- **Les propriétés physiques (Organoleptiques)**

La détermination des caractères organoleptiques de la farine et pour but de déterminer sa pureté ainsi que la recherche de son état de conservation **(Feuillet, 2000)**. Le tableau suivant (VII) présente les propriétés physiques (organoleptiques) de la farine de blé tendre.

Tableau VII : Tableau représentatif des propriétés physiques (organoleptique) de la farine de blé tendre (Joël Abecassis, 2009).

	Qualité	Défauts
Á la vue	Elle est d'une couleur blanche légèrement crème.	Une couleur bleutée indique un début d'altération, de nombreuses piqûres indiquent un défaut de mouture.
Au toucher	Elle est personnelle légère et agréable sur la langue, elle fait penser à de la colle fraîche.	Un goût amer, provient d'une mauvaise conservation.
Odeur et saveur	Elle peut avoir une granulation plus ou moins fine suivant les moulins : ronde (farine grossières) plate (farine fines).	Une farine trop ronde favorise une fermentation l lente. Une farine trop plate favorise une couleur rouge à la cuisson.

III.3. Propriétés physico-chimiques

- **Teneur en eau :** il est essentiel que le taux d'humidité de la farine soit inférieur ou égal à 15, 5% pour la conservation et le Stockage **(ISO 712/2009)**.

- **Teneur en cendres :** la mesure de pourcentage de matière minérale, principalement présente dans les enveloppes et les germes, qui permettent d'évaluer le taux d'extraction du meunier **(NA 733/1990)**.

- **Taux de protéines :** en raison de son intérêt technologique et nutritionnel, la protéine joue un rôle essentiel dans la valeur d'utilisation du blé. Le gluten occupe une place prépondérante dans la farine, avec une proportion beaucoup plus importante. C'est à leur propriété fonctionnelle très particulière que la farine doit son aptitude à la planification. Lorsque la quantité de protéines augmente dans les farines, cela se manifeste par une augmentation de la pression P et de gonflement G des alvéogrammes **(Feuillet, 2000)**.

- **Acidité :** les conditions de conservation défavorables entraînent d'autres phénomènes tels qu'une dégradation usine des lipides qui se manifestent par une augmentation de l'acidité de l'environnement, ce qui constitue un indicateur d'altération de la qualité technologique **(IANOR, 1998)**. Le tableau suivant (VIII) décrit les caractéristiques physicochimiques de la farine de blé tendre, en précisant les valeurs normales pour des paramètres clés.

Tableau VIII : Caractéristiques physico-chimiques de la farine de blé tendre (Feuillet, 2000).

Les caractéristiques	Leur normalité
Teneur en eau	**≤15,5**
Teneur en cendres (MS%)	**0,56-0,67 farine courante** **<0,6 farine supérieure**
Teneurs en protéines (MS%)	**<8**
Acidité en G/L de H2SO4	**0,045-0,05**
Teneur en matière grasse (MS%)	**<1,4**

III.4. Propriétés technologiques

La quantité de la farine dépend de son utilisation future et il n'existe pas sur le marché une seule, mais plusieurs qualités de la farine, cette dernière est définie par son aptitude à donner un bon produit fini. (**Godon et Willm, 1991).**

III.4.1. Notion de la valeur meunière

La valeur meunière d'un lot de blé et défini comme étant l'ensemble des caractéristiques qui présente lors de sa mouture. Ces caractéristiques sont directement liées à la teneur en farine et à la facilité de séparation de la menthe farineuse des enveloppes qui la recouvrent. Cette idée est liée à la production optimale de farine à partir d'un lot de blé pour un type de farine spécifique, et elles se différencient les unes des autres par des comportements différents lors de la mouture **(Calvel, 1980)**.

- **Taux d'extraction :** le rendement en farine pour 100 kg de grains. La blancheur et la pureté de la farine sont inversement liées au taux d'extraction, donc plus le taux d'extraction est élevé, plus la blancheur de la farine est diminuée **(Calvel, 1980)**.
- **Taux de blutage :** qui présente l'inverse, le pourcentage d'issues éliminées **(Brule, 2007)**.

III.4.2. Notion de la valeur boulangère

C'est la valeur d'utilisation de la farine pour la fabrication d'un produit de boulangerie **(Berland, 2005)**.

La valeur boulangère (**ISO)**, fait les notions suivantes :

- Le rendement en pâte désigne la quantité d'eau que la farine peut absorber pour obtenir une consistance spécifique ;
- La capacité de la pâte à être manipuler sans difficulté, depuis la planification jusqu'à la cuisson, et connu sous le nom de ma machinabilité. Cette qualité qualitative tient compte des concepts de Colon, d'élasticité et de capacité à déformer la pâte ;
- Un processus de fermentation suffisant et régulier ;
- L'évolution de la pâte et du pain : capacité à retenir les gaz et à se déformer ;
- La qualité organique de la mie de pain le point couleur, odeur et texture **(Berland, 2005)**;
- La tolérance au pétrissage (particulièrement le pétrissage intensifié) sans relâcher ni coller exclusivement, tout en étant extensible et élastique.

III.4.3. Notion de la valeur technologique

L'objectif est de déterminer la valeur de l'utilisation de la farine pour la production d'un produit (pain, biscuit) dans les conditions opératoires spécifiques, qui nécessitent des protocoles de fabrication tel que la panification ou la mise en place d'analyses indirectes pour appréciée la qualité de la farine **(Roussel, 2005)**.

- **Tests directs**

  L'essai de panification permet d'évaluer la capacité de la farine à produire un pain de qualité supérieure, il permet également d'évaluer directement la qualité de la pâte à travers les différentes étapes (tolérance au pétrissage, activités fermentative, comportement en cours de cuisson) et sur la qualité du pain obtenu (volume, aspect de la mie, couleur de la croûte) **(Feuillet, 2000)**.

  Ce test, réalisé dans des conditions optimales, reste la méthode la plus objective pour évaluer la qualité de la boulangerie **(Feuillet, 1980)**.

- **Tests indirects**

  Parmi ces tests, certains sont destinés à évaluer les caractéristiques rhéologiques des pâtes, comme la force, la ténacité, l'extensibilité (l'alvéographe), tandis que d'autres

évaluent des activités enzymatiques (le temps de la chute de herberg). Enfin, certains sont basés sur la quantité et la qualité des protéines.

- **Indice de chute de HAGBERG :** est responsable de l'augmentation de l'activité amylasique en raison de la présence de grains germés ou en voie de germination **(ISO3093, 2009)**.
- **Le test alvéographe de Chopin :** permet d'évaluer la capacité de boulangerie d'une farine. Grâce à la compréhension des valeurs alvéographique des farines, il est possible de faire des mélanges appropriés du blé afin d'obtenir la farine boulangère désirée **(ISO 27971, 2023)**. Le tableau suivant (IX) fournit des valeurs indicatives de la force boulangères w pour défèrent application de la farine.

Tableau IX : Valeur indicative de W pour différents fabrications (Schuk, 2007).

Destination	Force boulangère W (10-4j)
Pâte brisées	120- 140
Pâte feuilletés	180- 200
Pain Courant et pizza	180- 220
Biscottes et pain de mie	200- 240

- **Taux d'affleurement :** le tamisage de 100 g de farine a été effectuée en utilisant la méthode décrite par **(Feuillet, 2000)** en utilisant un tamis spécifique, dans un planchister fonctionne à une vitesse constante de 200tr/min.
- **Gluten sec :** les deux protéines principales du gluten sont les gliadines et les gluténines, avec des proportions variables. La qualité et la quantité du gluten varient considérablement en fonction de la variété du blé, du lieu de la culture et des conditions environnementales **(Feuillet, 2000)**.

III.5. Différents types de farine

Les farines sont classes selon le contenu en cendres et en matière minérale. Les farines du type 45 à 150 varie de la farine la plus blanche (avec un faible taux d'extraction en farine) à la farine la plus piquée avec une concentration élevée d'enveloppes du grain (avec un taux d'extraction de farine élevé) cette distinction est claire.

La notion de pureté ou de blancheur et principalement fondée et nous correspond pas à une notion de valeur technologique, même si le travail des pâtes et plus faciles avec des farines blanches qu'avec des farines bises et complètes **(Romainer et *al.*, 2007)**. Le tableau suivant (X) présente les défférents types de blé, classe selon leur teneur en minéraux et leur utilisation spécifique.

Tableau X : Type de la farine de blé (Godon et Willm, 1998).

Type de farine	Nom commun	Quantité de farine pour 100 kg de blé	Taux du minéraux % (taux de cendres)	Utilisation
T45	Farine supérieure	65 kg	Moins de 0,5	Pâtisserie ; viennoiserie.
T 55	Farine blanche	75kg	0,5 à 0,6	Pain Courant ; biscottes.
T 65	Farine bise	78 kg	0,62 à 0,75	Biscuiterie
T 80	Farine semi complète	80 à 85 kg	0,75 à 0,90	Pains spéciaux
T 110	Farine complète	825 à 90 kg	1à 1,20	Pains bis
T 150	Farine intégrale	90 à 98 kg	Plus de 1,4	Pain complets

Partie Pratique

IV. Présentation de l'entreprise

La figure suivante (10) représente une photo d'agro div Baghlia.

Figure 10 : Agro-DIV Baghila.

L'unité AGRO-DIV BAGHLIA est une société nationale de semoule, farine, Pâtes

Alimentaires et couscous (SNSPA) été créé en1982 sur une surface de 10 hectares sur la route de Baghila -Naciria wilaya de Boumerdes. Le taux d'extraction normative est de : moins 62 % pour la semoule et moins de 75 % pour la farine. Les analyses effectuées au sein de cette entreprise sont : L'agréage, l'humidité, le taux de cendres, le taux du gluten et la granulométrie.

Leur activité se traduit principalement par :

- La transformation des céréales (les blés tendres et blé durs) en produits alimentaires (semoule -semoulerie, farine - minoterie). Et une fraction des produits pour l'alimentation des bétails. Aujourd'hui se trouve avec une capacité de trituration est1300Q/24h pour la semoulerie et 700Q/24h pour la minuterie.
- La commercialisation des différents produits « d'AGRODIV » à Partir du centre et des points devant à travers les dépôts situés dans plusieurs villes et wilayas.

Matériel et méthodes

V.1. Problématique et objectif de l'étude

L'objectif de cette étude est de maîtriser les mélanges de farine afin de standardiser la force boulangère des farines de mélanges sur logiciel Excel ®. En effet, les fluctuations de force boulangère des farines impact considérablement la valeur technologique des farines. Cette dernière se répercute et provoque des irrégularités sur la valeur marchande des produits finis.

V.2. Matériel

- Quatre lots du blé et de la farine type boulangère, produite au sein de l'entreprise AGRO-Div BAGHLIA, ont été utilisés dans cette étude. Chaque échantillon a été étiqueté et conserver séparément à l'abri de tout contamination jusqu'à leur utilisation.

V.3. Agréage de blé

Le processus de l'agréage du blé implique la vérification et l'inspection de la qualité des graines de blé. Il englobe l'évaluation de diverses caractéristiques du blé, notamment son taux d'humidité, sa taille, sa pureté, sa couleur et sa teneur en protéines. Cette évaluation est habituellement réalisée par des experts agréés ou des organismes de régulation, dans le but de garantir que le blé satisfait aux normes. L'agréage repose sur la technique de séparation des impuretés d'un échantillon de céréales par la technique de tamisage il est classé en catégories.

V.3.1. Poids spécifique (N.A 1613/1990)

Le poids spécifique (PS) est une mesure physique de la masse volumique apparente des graines, exprimé en kilogrammes par hectolitres, cette mesure dépend de la densité des graines et leurs agencements.

- **Mode opératoire**

On mesure le récipient vide en remplit la trémie par l'échantillon qui doit être bien homogénéisé, ensuite on ouvre l'obturateur pour laisser couler les grains. Après l'arrêt de l'écoulement il faut arracher le récipient par le contenu prévu à cet effet. On enlève le tamis avec son manchon de couteau. En fin on mesure une autre fois notre récipient en déduit le PS (kg /hl).

- **Expression des résultats**

La masse est exprimé en kilogrammes par hectolitre donnant une indication sur la classification des blés, selon le tableau suivant (XI).

Tableau XI : Classification du blé tendre selon le poids specifique (Aziez et *al.*, 2003).

Poids spécifique	Blé
≤70kg/hl	Blé normal
70-73kg/hl	Blé faible
73-77kg/hl	Blé moyen
77-80kg/hl	Blé lourd

V.3.2. Poids de mille graines

Déterminer (MMG) d'un échantillon de blé dans les indicateurs sur le mode d'élaboration de rendement, cette technique repose sur la pesée d'une quantité de l'échantillon puis séparation et pesée des grains entiers.

- **Mode opératoire**

On procède à un comptage manuel, si le compteur du gras n'est pas disponible. Le cas de l'échantillon il est nécessaire de retirer l'enveloppe florale des grains des céréales sans être vêtus. Après, on sélectionne les grains entiers et les peser.

- **Expression des résultats**

La MMG est exprimé en gramme, est égal à :

$$M = M1*1000/N$$

N : nombre des grains entiers retrouvés dans 30g de blé brut ;

M1 : la masse de mille graines exprimées en gramme.

Selon les MMG, les grains de blé sont classés comme suit :

- Entre 24 et 34g (petits grains) ;
- Entre 35 et 45 g (graines moyens **(Godon et Willm, 1998)**.

V.3.3. Impuretés des graines de blé (N.A117, 1990)

La détermination des impuretés des grains de blé est la séparation, le classement et la pesé des impuretés des différentes catégories contenues dans l'échantillon, afin de définir le temps et la nature des impuretés, continue dans un lot du blé destiné à la meunerie. Parmi ces impuretés on trouve : graines cassés, mouchetés, germées, l'orge, graines d'autres céréales….

➢ **Mode opératoire**

Tamiseuse dotée de multiples tamis de différentes tailles. Une prise d'essai de 200 g en blé est mise dans le dernier compartiment d'une (5µm, 2,4µm, 1,9µm, 1, 8µm, 1,7µm, 1µm). Une fois que le compte à rebours est réglé à 5 min, les tamis sont enlevés, nettoyés, puis les grains sont triés et afin de classer les impuretés.

➢ **Expression des résultats**

Impuretés % = Pi*100/M

M : la masse de la prise d'essai ;

Pi : poids des impuretés**.**

V.4. Analyses physico-chimiques effectuées sur la farine de blé

V.4.1. Humidité (ISO712, 2009)

Séchage d'une prise d'essai à une température de130°C, pendant 1h30 afin de déterminer la quantité d'eau contenue dans la farine.

➢ **Mode opératoire**

On pèse rapidement 5 g de l'échantillon dans la nacelle préalablement séchée et tarée. En suit, introduire la nacelle ouverte dans les tubes pendant la durée nécessaire, ce temps il compte à partir au moment où la température de l'étuve est 130°C /1h30, retirer et placer les nacelles dans le dessiccateur pendant 15 minutes.

• Expression des résultats

$$TH\% = (V1+5) - V2/V0*100$$

TH% : taux d'humidité.

V1 : masse en gramme de la prise d'essai et de la capsule avant séchage ;

V2 : masse en gramme de la prise d'essai et de la capsule après séchage ;

V0 : masse en gramme de la prise d'essai.

V.4.2. Taux de cendre (N.A 733/1990)

Le dosage du taux de cendre est basé sur l'incinération de l'échantillon à une température de 900°C jusqu'à sa combustion totale. Le résidu minéral restant constituera la teneur en cendres ou taux de cendres.

- **Mode opératoire**

À 900°C pendant 5 minutes suivi d'un refroidissement, on pèse 3 g de farine et on ajoute quelques gouttes d'alcool sur les exterminés des creusées. Introduire les creuser à l'intérieur du four à moufle, après remontée de four à 900°C, si les particules de carbone sont encore présentes après l'incinération dans le four pendant 1h à 900°C, il convient de répéter l'analyse.

- **Expression des Résultats**

Taux de cendre = (V2-V1) /3*100

V1 : masse initiale des creusées.

V2 : masse des creusées après fournée.

V.5. Analyses technologiques

V.5.1. Taux de gluten (N.A 735 /1990)

Le principe du dosage du gluten est basé sur sa non solubilité dans la solution de NaCl (20g/l) après plusieurs lavages avec cette dernière.

- **Mode opératoire**

La se présente dans l'échantillon.

- **Mode opératoire**

Une prise d'essai pesée 7g blé de dans un tube viscosimetrique propre et sec, on ajoute 25 ml de l'eau distillée. Après on bouche le tube avec le bouchon et l'agiter verticalement 20à30fois pour obtenir une suspension homogène, puis on active la tête d'agitation de l'appareil, l'essai considéré comme terminé lorsque l'agitateur viscosimetrique est arrivé au fond de la suspension gélatinisée. Lire le temps affiché par la minuterie de l'appareil, s'assurer que l'agitateur est sec pour une nouvelle utilisation.

➢ **Expression des résultats**

Le tableau suivant (XII) exprime les valeurs de l'indice de chute et leur indication.

Tableau XII : Valeur de l'indice de chute et leur indication (Bard, 1997).

Indice de chute	Indication
<180 secondes	L'activité est super -diastasique, farine impropre à la panification (présence de beaucoup de grains germés.)
180-260 secondes	Indique une activité diastasique optimale.
>300 secondes	L'activité est hyper -diastasique, une correction nécessaire par addition d'amylase.

V.5.3. Détermination de taux d'affleurement (N.A/1828)

On appelle le taux d'affleurement, la quantité de refus obtenue après avoir tamisé 100 g de farine pendant 5minutes, à travers une série de tamis avec des mailles décroissantes et mesurée ensuite, les refus de chaque tamis sont pesés.

- **Mode opératoire**

Introduire dans un tamis 100g de farine, disposer dans chaque tamis 2 ou 3 boules de caoutchouc qui permet le nettoyage des garnitures et le dégommage de la surface boutante.

- **Tamisage mécanique**

Dans le cas d'utilisation de planchister l'agitation est limitée à 5min.

A la fin de tamisage (mécanique ou manuelle) ouvrir les tamis et procéder à la pesée de refus de chaque tamis.

Les particules qui se trouvent entre les mailles doivent être détachées et pesés car elles font partie de refus.

- **Expression des résultats**

La masse de refus obtenu est pesée est exprimé en pourcentage (%).

Taux d'affleurement = M0/M1*100

M 0 : masse de refus en gramme ;

M1 : masse de l'échantillon en gramme.

V.5.4. Détermination de la force boulangère (test de l'alvéographe de Chopin) (ISO 27971/2023).

Le principe de la mesure alvéographique repose sur l'étude de comportement d'un échantillon de pâte formée à partir d'un mélange de farine et d'eau salée est évalué pendant la déformation. Le pâton est soumis à un débit d'air constant, il résiste à la pression, puis il gonfle sous la forme d'une bulle selon leur extensibilité, et éclate cette évaluation est mesurée et reportée sous forme de courbe appelée (alveogramme).

- **Mode opératoire**

Une prise d'essai de 250 g de farine à délayer avec de l'eau salée préalablement préparer à 2,5 % de chlorure de sodium, après avoir déposé le pâton sur la partie alveographique, et il est nécessaire de l'écraser à une vitesse spécifique pour lui donner une épaisseur spécifique. Par la suite, un flux d'air calibré gonfle le pâton tandis que le système enregistre l'évolution de la pression à l'intérieur du bulle échantillon du pâton (au fil du temps, jusqu'à ce que le film de pâte se brise on répète cette procédure sur les 5 échantillons de pâtons **(Chopin, 2009)**. La figure suivante représente une courbe alvéographique avec une indication des différents paramètres mesurés.

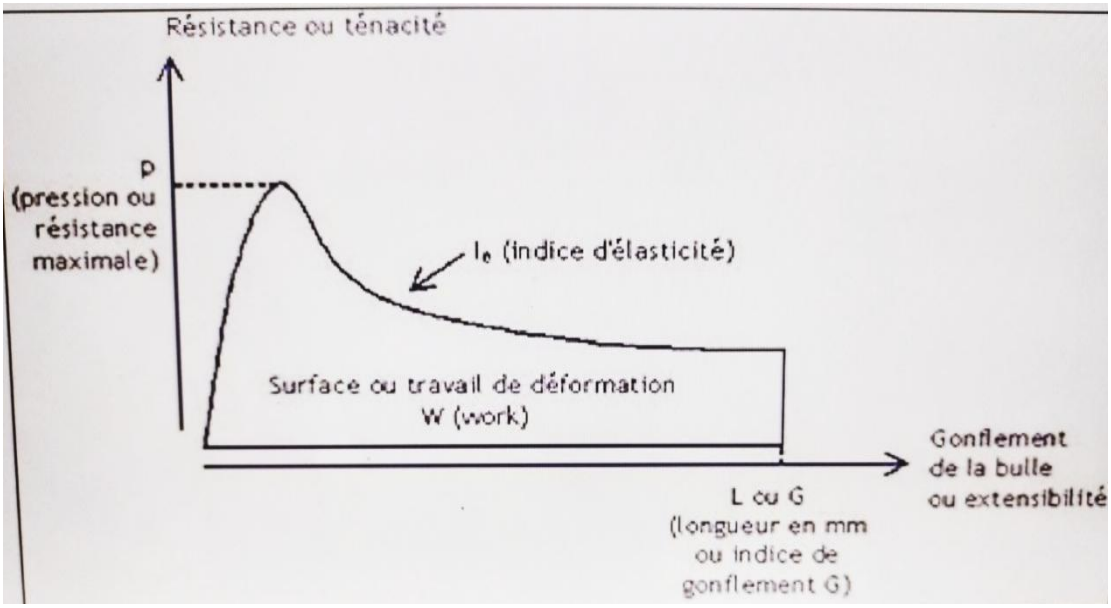

Figure 11 : Courbe alvéographique avec indication des différents paramètres mesurés (Roussel, 2009).

- **Expression des résultats**

La lecture d'un alvéogramme (figure 11) se fait à travers les paramètres suivants :

- **La P (mm) :** la pression maximale, enregistré avant que le disque commence à gonfler, il est en relation avec la ténacité de la pâte.
- **LA longueur de la courbe en gonflement L (mm) :** correspond au gonflement maximum de la bulle et en rapport avec l'extensibilité de la pâte.
- **Le gonflement de la pâte G (cm) :** il permet d'apprécier l'aptitude du réseau du gluten à retenir le gaz carbonique **(Godon et Loisel, 1997).**
- **Force boulangère W (10-4joule) :** représente la déformation de la pâte jusqu'à la rupture et exprime la force de la farine, selon BERLAND et ROUSSEL (2005), les farines sont classées en fonction du "W" comme suit :

W<150 : force boulangère insuffisante ;

150<W<180 : force boulangère moyenne ;

180<W<220 : bonne force boulangère ;

W≥220 : force boulangère élevée.

- **Le rapport de configuration P/L :** traduis l'équilibre général de l'alvéogramme, donc l'équilibre de ténacité et l'extensibilité des pâtes formées **(Dubois, 1996)**.

V.6. Elaboration des mélanges des farines

V.6.1. Principe du calcul par logiciel Excel$^{(R)}$

Il repose sur l'exploitation des forces boulangères des farines à mélanger, qui une fois intégré dans un modèle adopté, va permettre de déterminer la fiabilité du mélange et les quantités de farine à utiliser pour répondre à la valeur boulangère de référence fixée dans cette étude ($160x10^{-4}$Joule /gramme de farine). La force de logique finale de mélange ni que la somme des forces boulangères spécifiques apportées par chaque farine selon les qualités des quantités utilisées dans le mélange. Dans cette étude, le mois d'utiliser est pour un mélange de deux farines nécessaires pour avoir 100 kg de produit fini.

V.6.2. Détermination des quantités de matière première (MP)

En prenant en considération les forces de la farine à utiliser, les quantités équivalentes sont obtenues à partir de la résolution des équations suivantes (1et2)

QF1+QF2=100……1

WQF1+WQF2=WMx100……2

C'est ainsi que :

QF1=100x [WF2-WM/WF2-WF1]

QF2=100x [WM-WF1/WF2-WF1]

Dont : QF1 et WF1 : quantité et une force boulangère de la farine 1, respectivement/QF2 et WF2 : quantité force boulangère de la farine 2, respectivement/WM : force boulangère de référence du mélange.

Résultats et discussion

VI. Résultats de l'agréage de blé

L'agréage et une étape très importante dans le processus de fabrication parce que à partir de ses résultats que va être accepté ou refusé la mise en production d'un lot (**Aziez et *al.*, 2003)**. Les résultats sont mentionnés dans le tableau suivant (XIII) :

Tableau XIII : Les résultats de l'agréage de blé obtenu.

Paramètres		Moyenne avec écart type	Normes
Poids spécifiques enk/hl		83,025 ± 9,267	72 – 82 g/l
Impuretés	**Impuretés (%) diverses**	0,342 ± 0,113	1 %
	Grains maigres (%)	1,545 ± 0,918	2 %
	Grains cassés (%)	0,037 ± 0,378	2 %
	Graines échaudés (%)	0,190 ± 0,317	5 %
	Grains boutés (%)	0,021 ± 0,024	1 %
	Grains piquée (%)	0,479 ± 0,167	1 %
	L'orge (%)	0,672 ± 0,092	1 %
Poids de mille graines en (G)		41 ± 2	De 35 à 55 g

VI.1. Poids spécifique (Poids à HectoLitre ou PHL)

Le tableau VIII, représente les résultats relatifs aux moyennes de poids spécifique de blé tendre réceptionnée, le résultat obtenu est 83,025 kg/hl cette dernière est compris dans la fourchette qui est<80kg/hl ce sont des blés de masse élevée, dites très lourds et de bonnes valeurs meunières. Le (PS) ne doit pas être inférieure à 70kg/hl et les résultats obtenus sont supérieures à la valeur citée ci-dessus, ce que les rends dans la norme après Mahaut (1996), le PS est élevé quand la quantité d'amande /enveloppe est élevé, donc le rendement en farine est élevé.

Le PS est un élément de qualité qui dépend de :

- De l'humidité, plus le grain est sec plus le (PS) augmente ;
- De la bonne nutrition durant la maturation, les grains échaudés sont moins présent ;

- Et enfin de la propriété de la récolte (des déchets plus légers diminuent la densité).

On constate que le (PS) influence sur le rendement de mouture lorsqu'il est augmenté le rendement augmente et l'inverse.

VI.2. Impuretés

Il est intéressant de connaître le taux d'impuretés et leur nature, car elles présentent un véritable danger pour la minoterie et le produit final. D'après les résultats obtenus présentés dans le tableau précédent la teneur en grains cassés est élevée 4,037g, cette impurtés constitue un inconvénient au niveau de stockage au moulin. Mais d'une part ils sont éliminés au cours du processus de nettoyage. Les autres impuretés ne sont pas élevées. Donc les résultats obtenus sont conformes à la norme.

D'après **Feuillet (2000)**, la présence des impuretés dans le blé diminue la valeur marchande de lot et engendre des incidences néfastes sur la qualité des semoules et pâtes alimentaires. Dans nos cas, le blé semble assez propre la teneur en impuretés divers étant assez faible.

VI.3. Poids de mille graines

La valeur du (PMG) est 42 g, le résultat varie entre 35g et 45g donc selon **Godon et Willm (1998)**, les grains sont moyens. Le taux d'extraction de la farine est positivement lié à ces deux paramètres PS et PMG. On les perçoit comme un élément de mesure de la valeur meunière en relation avec le rapport entre l'enveloppe et l'amande. Le rapport enveloppes est plus élevé lorsque le poids à hectolitre est élevé. La production d'amande est faible et le rendement meunier est élevé.

VII. Résultats des analyses physico-chimiques des farines

Les résultats des analyses physico-chimiques sont regroupés dans le tableau suivant (XIV).

Tableau XIV : Résultats des analyses physico-chimique des farines.

Paramètres		**Moyenne et écart-type**	**Normes**	**Références**
Taux d'humidité		15.16±0,38	≤15,5%	ISO712,2009
Taux de cendres	**M.TQ (%)**	0,56±0,09	0,62-0.65%	N .A 733/1990
	M.S(%)	0,67±0,098		N .A 733/1990

VII.1. Humidité

Les résultats relatifs aux moyennes de l'humidité sont de 15,16 %, ils sont conformes à la norme Algérienne qui est d'un maximum de 15,5 %, ces valeurs assurent le bon déroulement de l'étape de conditionnement du blé tendre car le conditionnement influence directement la qualité et la conservation des farines. Cela permet d'autre part d'assurer une bonne qualité technologique de la farine ainsi que de bonnes conditions de conservation.

D'après la norme algérienne **(ISO712, 2009)**, il n'est exigé que la teneur en eau d'une farine panifiable soit inférieure ou égale à 15,5 %. Si la température est élevée, il y a risque de fermentation et de développement de moisissures qui donnent à la farine un goût désagréable **(Dubois et Leyens, 1994)**.

VII.2. Taux de cendres

Les résultats relatifs aux moyennes de taux de cendres varient entre 0,56 % et 0,67%. La quantité de cendres est utilisée par les meuniers pour évaluer le taux d'extraction et pour régler correctement leur moulin **(Feillet, 2000)**.

Le taux de cendres varie entre 0,55 % et 0.83 % selon la classification de **Godon et willm** donc les résultats obtenus sont conformes aux normes.

- Un taux de cendres est inférieur à 0,50 % désigne une farine supérieure de type T 45, c'est le cas de la farine de production.
- Un taux de cendres qui varie entre 0,62 % et 0, 72 % est de type T65.
- Un taux de cendre qui varie entre 0, 75 % et 0, 90 % est de type T80.

VIII. Résultats d'analyses technologiques

Les résultats technologiques des farines sont mentionnés dans le tableau suivant (XV).

Tableau XV : Résultats des tests technologiques des farines.

Paramètres		Moyenne et écart type	Normes	La référence
Taux d'affleurement		**98 ± 0**	≤ 95%	N .A/1828
Indice de chute		**340,75 ± 15,45**	250-300 sec	ISO 3093/2009
Gluten	**Humide**	**21,33 ± 1,48**	24-32%	N.A735/1990
	Sec	**7,11±0,49**	8-11%	N.A735/1989
Alvéographe de Chopin				
W		**160, 18,475 ± 4,723**	200-300 10-4j	ISO27971/2023
G		**25 ± 15,465**	18-22 (cm)	
P/L		**1,715 ± 0,70**	0,4-0,7	
P		**74,75 ± 7,189**	40-100(mm)	
L		**51 ± 7,44**	50-100(mm)	

VIII.1. Taux de gluten

Le gluten joue un rôle important dans les caractéristiques rhéologiques de la farine. Ce qui justifie la recommandation d'un taux de gluten sec de 8 à 10% et d'une capacité d'hydratation de 67 à 68% pour la farine utilisée en boulangerie **(Baghous, 1998)**. Les résultats relatifs aux moyens pour le gluten, les résultats obtenus sont conformes aux normes.

Les caractéristiques de gluten sont influencées par les caractéristiques sont ; le gluten humide (GH) est21, 33 g, le gluten sec (GS) est 7,11g. Les farines dont il est extrait **(Feillet, 2000)**. Le gluten des farines de mauvaise qualité est plus facile à hydrater et se manifeste par une viscosité et une élasticité plus faible que celui extrait de farines de bonne qualité destinés à la panification.

VIII.2. Temps de chute

Les résultats relatifs aux moyennes pour les analyses de temps de chute sont de340, 75sec, les résultats sont supérieurs à 300 sec donc l'activité est hypo-diastasique.

Selon **HAGBERG** l'indice de chute mesure l'activité d'amylase qui peut devenir exclusive dans le cas de présence de grains germé en voie de germination **(Godon et *al.*, 1997)**.

Selon **Bard (1997)**, l'activité alpha-amylasique doit être optimum pour la panification :

- Indice de chute inférieur à 180seconds : l'activité est hyper -diastasique, farine impropre à la panification (beaucoup de grains germé)
- Indice de chute 180-260 secondes : indique l'activité amylasique optimale.
- Indice de chute supérieur à 300 secondes : l'activité est hypo- diastasique, une correction nécessaire par addition d'amylase.

Dans notre cas, sont des farines hypo- diastasique qui nécessitent des corrections à l'échelle technologique pour régler l'activité amylasique soit par injection de farine maltée riche en amylase ou par coupage avec des farines hyper diastasique. Il est important de souligner que l'absence d'enzymes d'hydrolyse d'amidon entrave la fermentation de la pâte. Ces caractéristiques fermentatives dépendent de la teneur en sucre et du l'équilibre enzymatique des farines **(Bard, 1997)**.

VIII.3. Granulométrie (taux d'affleurement)

Les résultats relatifs aux moyennes pour les analyses granulométriques des farines sont de 98%. On consiste que sont des résultats souhaités acceptables. Le taux de refus ne dépasse pas 2%, cela dû aux faibles quantités de son, dont les dimensions ne dépassent pas les mailles du tamis.

La granulométrie d'une farine permet de caractériser la répartition en taille en nombre des particules dont elle est composée, ainsi que le comportement des farines au cours de leur transformation notamment la vitesse d'hydratation en dépend **(Feillet, 2000)**. Selon la norme **AFNOR (1982),** le taux de refus aux tamis d'une farine courante soit inférieur à 10%.

VIII.4. Alvéographe de Chopin

Les résultats relatifs aux moyennes pour les analyses de l'alvéographe de Chopin sont comme suit :

Tableau XVI : Résultats de alveogeaphe de Chopin.

Paramètres	W	P	G	P/L	Référence
Résultats	160 ,210^{-4}g/ joule	74 ,77mm	18 ,475cm	1,715mm	ISO27971/2023

D'après les recherches de **Pena et *al.* (2005)**, les farines avec rapport P/L très élevé (+1) produiront des pâtes trop solides peu tolérable au pétrissage et absorbant beaucoup d'eau, ainsi qu'un faible potentiel de gonflement.

D'après **Roussel et Chiron (2005)**, les farines peuvent être classées selon leur force boulangère en deux catégories :

Une force boulangère efficace se manifeste par un travail "W" compris entre 180 et 220.

Une force boulangère moyenne se traduit par un travail "W" qui varie entre 150<w<180.

Selon la norme (**ISO 27971/2023)** le blé étudié est panifiable courant.

- **Mélanges effectués**

Après avoir effectué toutes les analyses disponibles dans l'unité et en externe (l'indice de chute et l'alvéographe). Nous avons fait un mélange entre les échantillons de farine produit Au niveau d'AGRO-DIV BAGHLIA, que nous avons obtenu dans 4 jours déférents nous comptons sur la force boulangère. Nous avons choisi la valeur de force boulangère égal à 160.10^-4j comme une valeur de référence pour comparer les résultats après les mélanges.

On a fait nos mélanges comme suit : on a préparé un mélange pour 300 g pour l'indice de chute et l'alveographe ainsi qu'un autre de 100g pour les autres analyses.

Le tableau ci-dessous (XVI) présente les proportions utilisées pour le mélange des farines 1 et 2.

Tableau XVII : Le mélange des quantités entre la farine 1 et la farine 2.

Farine 1	Farine 2	Qualité totale (mélange)
23,53g	76,47g	100g

IX. Résultats physico-chimiques et technologiques de mélange des farines

Le tableau suivant (XVIII) présente les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur deux types de farine et leur mélange, permettant de comparer leurs caractéristiques et performances boulangère.

Tableau XVIII : Comparaison des caractéristiques de trois types de farine.

Les analyses physico-chimiques et technologiques	Caractéristiques de farine 1	Caractéristiques de farine 2	Caractéristiques de la farine de mélange	La norme	La référence
L'humidité (%) Taux de cendre (%)	15,7 MTQ = 0,51 MS = 0,60	14,37 MTQ = 0,71 MS = 0,83	12,55 MTQ = 0,55 MS = 0,65	≤15,5% 0‹62-0.65%	N.A733/1990
Temps d'affleurement (%) Indice de chute (sec) Gluten humide (g) Gluten sec(g) Alvéographe de Chopin W (10-4joule) P (mm) L (mm) P/L G (cm3)	98 345 7,21 21,63 W=146 P=85 L=40 P/L=2,92 G=14,1	98 322 7,69 23,076 W=174 P=93 L=47 P/L=1,94 G=15,3	96 350 6,4556 19,364 W=163 P=86 L=52 P/L=1,65 G=16,10	≤ 95% 250-300 sec 24-32% 8-11% 200-300 10-4j 40-100(mm) 50-100(mm) 0,4-0,7 18-22 (cm)	N.A/1828 ISO 3093/2009 N.A 735/1990 N.A 735/1989 ISO 27971/2009

Les résultats de l'alvéographe de Chopin, montrent que la force boulangère pratique ($163*10^{-4}$j/g/) de la farine obtenue par le mélange des farines (1et 2) est proche de la valeur théorique référentielle ($160*10^{-4}$ J/g) fixée par le modèle conçu sur Excel ®. Vu qu'un seul mélange de farine a été fait, ces résultats semblent être concluants, confirmant ainsi la validité des modèles de mélange de farine adoptés dans cette étude.

P : (mm) Une valeur élevée indique une pâte résistante donc une pâte en bonne force.

L : (mm)-Cette valeur indique une extensibilité plus élevée ce qui le rend très favorable pour les pains haute développement de volume.

G : (cm3) Une valeur plus élevée est généralement favorable, cela montre que la pâte a un bon potentiel de volume.

P/L : Un rapport autour de 1 indique un bon équilibre. Ici, avec, la pâte est plus résistante qu'extensible.

En fonction des résultats, les mélanges de farine présentes des meilleures caractéristiques globale pour obtenir une pâte à la fois équilibrés bonne rapport P/L extensibles et capables de se gonfler correctement ce qui fait une farine idéale pour la panification.

Les autres résultats de mélanges que ce soit les physico chimiques ou les technologiques sont dans la norme.

Lorsque nous introduisons le modèle Excel pour l'analyse du paramètre W cela n'a pas impact sur les autres analyses bien que les résultats puissent être légèrement différents des premières analyses il reste toujours conforme aux normes définies assure ainsi la cohérence et la validité des résultats globaux.

Conclusion

Conclusion

Dans le cadre de l'évaluation de la qualité des farines produites à la minoterie de Baghlia, les analyses physicochimiques et technologiques ont été réalisées afin de déterminer les caractéristiques essentielles des farines.

D'après ces analyses physico-chimiques et technologiques on a déterminé les caractéristiques physico-chimiques des farines obtenues de la minoterie de BAGHLIA. Une conservation correcte d'après les résultats de la teneur en eau de blé réceptionné.

Les résultats physico-chimiques et technologiques des farines analysées nous ont permis de constater les résultats suivants :

- Le résultat de poids spécifique obtenu a montré que le blé est très lourd.
- Le poids de mille graines a montré que le blé est constitué de grains moyens.
- Le taux de cendre est entre 0,55 et 0, 80%, il est donc conforme aux normes Algérienne cela est dû à la bonne maîtrise du diagramme de mouture.
- La quantité de gluten obtenue varie entre 8 et 12% conforme à la norme Algérienne, grâce à la qualité de blé réceptionnée.
- Les résultats concernant le taux d'affleurement, sont supérieures à 95%donc donc une bonne maîtrise de diagramme de mouture donc la farine obtenue est panifiable.
- L'indice de chute montre que nos échantillons présentent une activité hypo- diastasique ce qui nécessite l'addition de l'amylase.
- Concernant les résultats alvéographiques, les résultats obtenus ont montré que le blé étudié est un blé panifiable courant, toutefois c'est la force de ce blé est bonne il se caractérise des gonflements faibles, des ténacités P élevées.

A la lumière des résultats physico chimiques et technologiques, ainsi que les mélanges effectués on a vérifié la qualité de blé utilisé ainsi que valider le modèle de calcule pour la farine qui a permet de faire des mélanges entre les paramètres technologiques et de les standardiser a une valeur proche fixée par le modèle sans impacter leur valeurs technologiques et physicochimiques des mélanges initiaux.

Références bibliographiques

- **ABELEDO L. G. et Savin R. et Gustavo A. et Slafer (2008).** Wheat productivity in the Mediterranean Ebro Valley: Analyzing the gap between attainable and potential yild with stimulation model. Europ.J. Agronomy.28.541-550p.
- **AIT KAKi Y. (1993).** Contribution à l'étude de mécanismes morpho physiologiques. De tolérance au stress hydrique sur 5 variétés de blé dur (Triticum durum desf). Mémoire Magistère. Annaba.
- **AIT-SLIMANE-AIT KAKI S. (2008).** Contribution à l'étude de l'interaction génotype x milieu, pour la qualité technologique chez le blé dur en Algérie. Thèse Doctorat en sciences. Université. Annaba.
- **AZIEZ M., HAMMADOUCHE S. (2003).** Le guide pratique de l'agréeur céréales et légumineuses alimentaires. Direction du laboratoire national de l'OAIC, Algérie, 58p.
- **BAGHOUS F. (1998).** Relation entre les sous unités gluténines et les caractéristiques technologiques intrinsèques des blés tendres cultivés en Algérie. Thèse de Magistère. INA, El-Harache, Algérie, 126p.
- **BENHANIA Z. (2013).** Étude de la fabrication de la farine et contrôle de sa qualité Mémoire de master, université Kasdi Merbah Ouargla, Algérie.p;52.

BERLAND S. et ROUSSEL P. (2005). Qualité technologique. Document de École Nationale Supérieure de Meunerie et des Industries Céréalières (ENSMIC), Surgères, France.

- **BOUDREAU A. et MENARD G. (1992).** Le blé -Eléments fondamentaux et transformation. Les presses de l'Université Laval, Québec, 439p.
- **BOURSON, Y (2009).** Mouture de blé tendre et technique d'obtention de la farine, édition techniques de l'ingénieur.
- **BRULE. et G. JEANTEL R. SHUK. P. et CROGUAENNEC. (2007).** Science des aliments technologiques des produits alimentaires tome 2 Lavoisier Paris.
- **CALVEL R. (1980).** La panification : Pâte, fermentation, mise en forme. La boulangerie moderne Paris, ETROLLES, pp.112-142.
- **CALVEL R. (1984).** La boulangerie moderne, Ed; EGROLLE. France, p 459.

- **CHABI H. et DEROUICHE M. et KAFI M. et KHILASSI E. (1992).** Estimation de taux d'utilisation de potentiel de production des terres à blé dur dans le nord de la wilaya de Sétif. Ing. INA.EL Harrach, 217p.
- **CHELLALI B. (2007). "**Marché mondiale des céréales : l'Algérie assure la sécurité alimentaire.
- **DJEKOUN A. et YKHLEF N. et BOUZERZOUR H. et HAMADA Y. et KAHALI L. (2002).** Production du blé dur en zones semi arides : identification des paramètres d'amélioration du rendement. Ct des 3ème Journées Scientifiques sur le blé dur. Constantine
- **DOUSSINAULT G. et Kan F.et Lecomte C. et Monneveux P. (1992)**. Les céréales à paille : présentation générale. Ed Gallais A. et Bannerrot H., Amélioration des espèces végétales cultivées. Ed. ENRA, Paris, pp.13-31.
- **DOUMANJI A. DOUMANJI S. et DOUMANJI, B, M. (2003).** Technologie de transformation des blés et problèmes dus aux insectes en stock. Ed, office des **publications** universitaire.p129.
- **FEILLET (2000).** Le grain de blé, composition et utilisation alimentaire : céréales et céréaliers. Ed. AFNOR.
- **FEILLET P. (1984)**. The biochemical basis of pasta cooking quality. Its consequences for durum wheat breeders. Sciences Alimentation N°4.pp.551-556.
- **JOEL Abecassis et Jacques-Éric Bergez (2009).** Les filières céréalières, Edition Quea.
- **GODON, B. (1991).** Biotransformation des produits céréaliers.
- **GODON, B. WILLM, C. (1998).** Industrie des premières transformations du https:/www.agir-crt.cim/blog/ caractéristique céréales, Tec et Doc.
- **Norme algérienne N.A.731 (1990).** Détermination. Je de la masse de mille grains.
- **Norme algérienne N.A1178 (1990).** Recherche des impuretés.
- **Norme Algérienne N.A1613 (1990).** Détermination de la masse à hectolitre.
- **Norme algérienne N.A1132 (1990) (ISO.712).** Détermination de la teneur en eau.
- **Norme algérienne N.A733 (1990).** Détermination de taux de cendre méthode par incinération à 900°C.

- **Norme algérienne N.A735 (1990).** Détermination de gluten humide.
- **Norme algérienne N.A736 (1990).** Détermination de gluten sec.
- **Norme algérienne N.A1828.** Détermination de la granulométrie.
- **Norme Internationale ISO3093 (2009).** Détermination de l'indice de chute selon Herberg -Perten.
- **Norme Internationale ISO 27917 (2023).** Détermination des propriétés Alvéographiques.
- **OSBORNE T. (1924).** The vegetables proteins 2 nd edition. Longmans, Green and Coédition London, England, pp154.
- **PENA E. et BERNARDO A. et SOLER C. et JOUVE N. (2005).** Relationship between common wheat (Triticum aestivim) gluten protéines and dought rheological properties. Euphytica.Vol.143, p.p.169-177.
- **Leslie Jacquemin., (2012).** Productoin d'hémicellulose de pailles et de son doubler à une échelle pilote, étude de performance technique et évaluation environnementale d'un agro-procédé.
- **LERY F. (1982).** L'agriculture au Maghreb ou pour une agronomie méditerranéenne. Ed Maisonneuve et La rose, Paris, 382p.
- **PAUL C. (2007).** Céréales et alimentation : une approche globale Agriculture Environnement Alimentation et Céréales -INRA 07, pp 1-4.
- **ROMAIN J. et THOMAS C. et PIERRE S. et GERARD B. (2007).** Science des aliments : biochimie -microbiologie -procèdes produits. Lavoisier. Paris, p449.
- **ROUSSEL P. et CHIRION H. (2005).** Les pains français : évolution, qualité, production science et technologie des métiers de bouche, ISSM 1279-2606.
- **SELMI R. (2000).** Fin de mythe de l'autosuffisance alimentaire et place aux avantages comparatifs. Revue Afrique Agriculture.N°280.pp 30-32.
- **SURGET A. et BARRON C. (2005).** Histologie de grain de blé. Industrie des céréales, n.145.pp.4-7.
- **WILLM.C. (2001).** Etude d'un diagramme 200t/24h pour blé tendre. Industrie des céréales N°123 juin/ juillet 2001.

Webiographie

- https://www.arvalis.fr/infos-techniques/panification-limportance-de-la-nature-des-proteines (05.09.2024)
- https://www.agir-crt.cim/blog/caractéristiquesphysico-chimiques-farine (04.09.2024).
- https://www.arvalis-instituduvegetal.fr (04.09.2024).
- https://www.ianor.dz/home/à-propos (06.09.2024).

Annexes

Liste des appareils utilisés

Analyses	Appareillages
Le poids spécifique (poids à l'hectolitre PHL)	• Nilemalitre • Balance Electronique
Poids de mille grains	• Balance de Précision • Appareil Automatique NUMIGRAL
Taux D'humidité	• Broyeur (cas de blé) • Dessiccateur a plaque métallique contenant de l'anhydride phosphorique ou autre déshydratant efficace. • Etuve • Capsules en Métal • Pince Métallique
Taux d'affleurement	• Balance Analytique • Planshisters
Taux de cendre	• Balance analytique • Creusées • Four a Moufle • Pince en acier inoxydable • Pipette graduée • Dessiccateur à plaque métallique contenant un agent déshydratant
Indice de Chute	• Un bain-marie, équipé d'un support de tubes viscosi-métriques, et d'un réfrigérant pour réduire l'échappement de la vapeur d'eau. • Une Plaque électrique chauffante. • Un agitateur viscométrique de précision, en verre spécial métallique. • Des tubes spéciaux en verre. • Des Bouchons en caoutchouc pour les tubes viscométriques.

	• Pipette de 20 ml ± 0,2ml. • Compteur automatique. • Balance de précision.
Teneur en Gluten	• Mortier en porcelaine. • Burette de 10ml. • Spatule. • Balance analytique. • Les plaques chauffantes.
Test alalvéographe CHOPIN	• Alvéographe de CHOPIN. • Balance analytique. • Entonnoir. • Burette graduée.

Figure 1 : Numigral

Figure 2 : Four à moufle

Figure 3 : Etuve à humidité

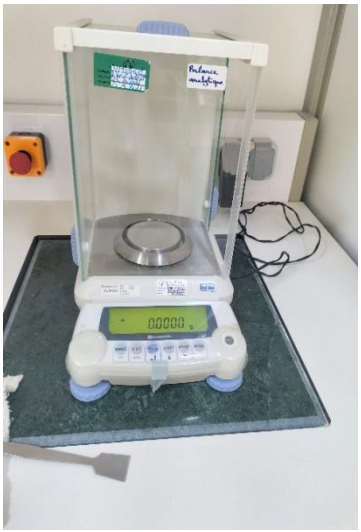

Figure 4 : Balance analytique

Figure 5 : Eau distillée

Figure 6 : Broyeur

Les Appareils utilisés pour les analyses physicochimiques

Figure 7 : Agréage de blé

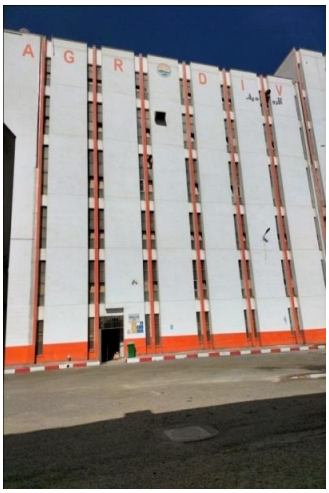

Figure 8 : Complexe d'AGRODIV

Figure 9 : Blé tendre avant premier broyage

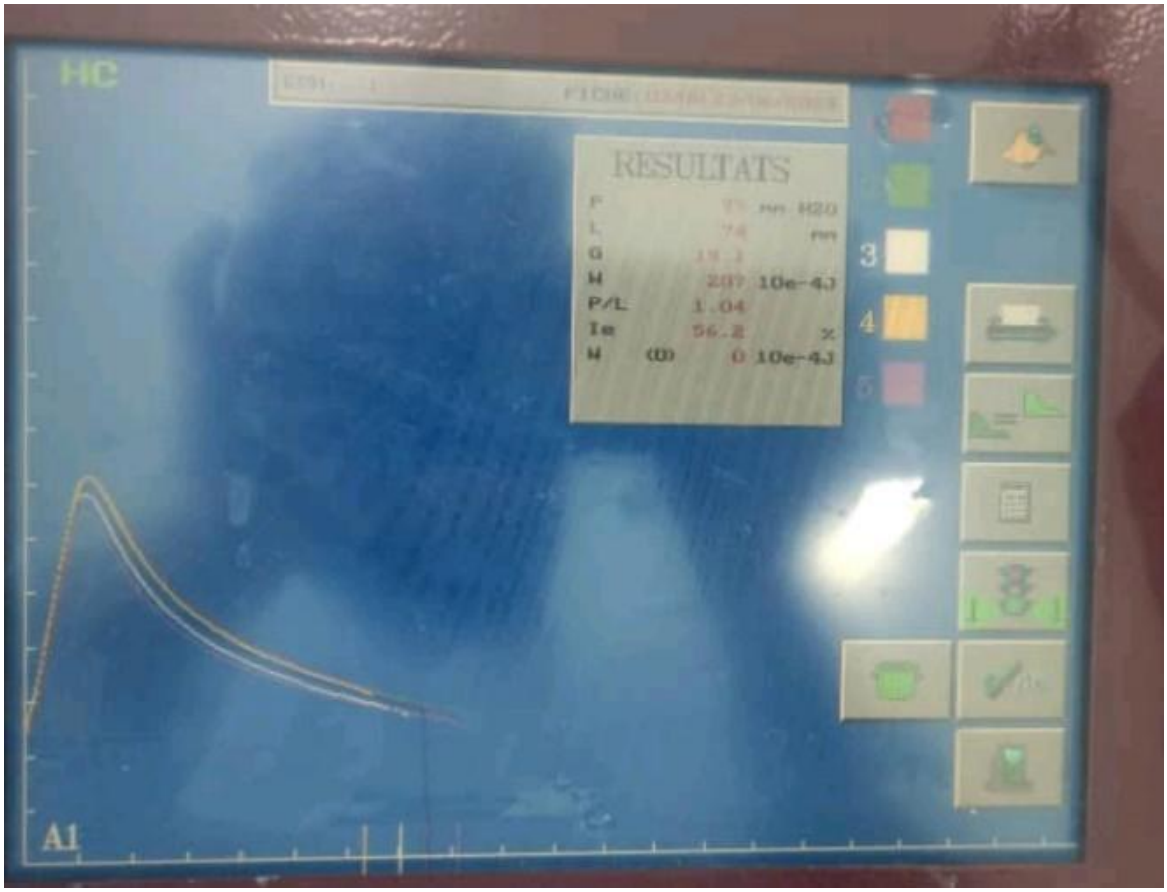

Figure 10 : Alvéogramme

Résumé

Le présent travail est réalisé dans l'objectif d'exploiter les paramètres physico- chimiques des lots de farines en mettant l'accent sur la force boulangère. Ces paramètres seront intégrés dans un modèle mathématique sur Excel ®afin de standardiser la force boulangère à un niveau fixe en réalisant des mélanges de farines appropriés selon les propriétés dictées par le modèle,

Afin de contrôler la qualité de la farine de blé tendre commercialisé par le moulin d'AGRO div BAGHLIA, des analyses physico-chimiques et technologiques ont été effectuées. Les résultats obtenus montrent que les farines étudiées présentent des caractéristiques très proches concernant l'agréage du blé : (le poids de mille graines, le poids spécifique, les impuretés) et les tests physico-chimiques : (taux d'humidité et taux de cendre) et les tests technologiques :(le taux du gluten, l'indice du chute, l'essai Alvéographe Chopin).

Les analyses de l'agréage de blé et les analyses physico-chimiques et technologiques de la farine obtenue à partir du blé tendre sont globalement conformes aux normes algériennes pendant leur procédé de transformation.

Mots-clés : Farines, blé tendre, moulin, procédé de transformation, analyses physico-chimiques, analyses technologiques.

Abstract

The present work has been realized with the goal of exploiting the physicochemical parameters of wheat batches by putting the emphasis on the baking force. Those parameters will be integrated in a mathematical model on Excel R in order to standardize the baking force to a fixed level by realizing appropriate floor blends according to the properties dictated by the model.

In order to control the quality of the soft wheat flour which is commercialized by the AGRO div BAGHLIAs mill, physicochemical and technological tests have been carried out. The obtained results show that the studied wheats present characteristics very similar in terms of wheat approval: the weight of a thousand seeds, the specific weight, the impurities, the physicochemical tests (humidity levels and ashes levels) and the technological tests: gluten levels, fall index and the Chopin Alveograph test.

Wheat aggregation, physicochemical and technological analyzes of the floor obtained from the tender wheat are globally compliant to Algerian norms during their transformation process.

Keywords: Flours, soft wheat, mill, transformation process, physicochemical analyses, technological analyses.