

Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de La Recherche Scientifique



Université de Ghardaïa

N° d'ordre :
N° de série :

Faculté des Sciences et Technologies
Département des Sciences et Technologie

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Domaine : *Sciences et Technologies*

Filière : Génie des procédés

Spécialité : Contrôle de la Qualité et analyses

Par : NEMER Moussa

Thème

***ETUDE QUALITATIVE ET ECONOMIQUE D'UNE
NOUVELLE FARINE DESTINEE POUR LA
FABRCATION DU PAIN EN ALGERIE***

Soutenu publiquement le : 29/05/2016

Devant le jury :

Mme MOULAI Kerroumia	MAA	Univ. Ghardaïa	Présidente
M. AGOUN Mohammed Salah	MAA	Univ. Ghardaïa	Examinateur
Mme. BOUAMEUR Kheira	MAA	Univ. Ghardaïa	Examinatrice
M. HADJ SEYD Abdelkader	MCA	Univ. Ouargla	Encadreur

Année universitaire 2015/2016

Dédicace



Je dédie ce modeste travail :

A l'esprit de mes chers parents.

A mes frères et sœurs.

*A ma femme qui ma
soutenue toujours.*

*A tous mes amis et
collègues sans exception.*

*A toutes personnes
chères à mon cœur.*

*A tous qui m'ont
apporté du soutien
durant toute ma vie.*

N. Moussa

Remerciements

En préambule à ce mémoire, j'adresse ces quelques mots pour remercier notre grand dieu tout puissant pour exprimer ma reconnaissance envers sa grande générosité, Dieu m'a donné la volonté, la patience, la santé et la confiance durant toute ma vie. Je souhaite aussi adresser mes remerciements les plus sincères aux personnes qui m'ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire, notamment Mme Djarmoune et Mademoiselle Belhadri asma(DRC ouargla),Monsieur Khelfaoui khelifa (chef de département commercial-ERIAD TOUGGOURT),meliana hanane(chef de laboratoire-ERIAD TOUGGOURT).

En effet, je voudrais remercier ma famille et tous ceux qui ont participé de près au de loin à la réalisation de mon mémoire. Je tiens à remercier sincèrement Docteur HADJ SYED AEK, qui, en tant que mon encadreur, s'est toujours montré à l'écoute tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi que pour son aide et le temps qu'il a bien voulu me consacrer.

Je tiens à remercier Mme MOULAI KERROUMIA d'avoir accepté de présider le jury de mon soutenance et aussi Mr AGGOUN MED SALAH et Mme BOUAMEUR KHEIRA qui m'ont fait l'honneur de juger mon travail.

Merci à tous.

SOMMAIRE

Introduction	01
CHAPITRE I : Généralités sur le blé tendre	
I.1. Le grain de blé	02
I.1.1. Définition.....	02
I.1.2. Notion botanique.....	02
I.1.3. Histologie du grain de blé tendre.....	02
I.1.4. Composition chimique du grain de blé tendre.....	04
I.1.5. Classification des blés tendres	07
I.1.6. Les caractéristiques physiques du blé tendre.....	07
I.1.7. Les caractéristiques technologiques du blé tendre.....	08
I.2. Processus technologique de transformation du blé	10
I.2.1. Nettoyage	10
I.2.2. Conditionnement.....	11
I.2.3. Mouture	11
CHAPITRE II : Généralités sur la farine et la semoule	
II.1. Généralités sur la farine.....	13
II.1.1. Définition	13
II.1.2. Composition de la farine.....	13
II.1.2.1. L'eau.....	14
II.1.2.2. Matières grasses (lipides)	14
II.1.2.3. Matières minérales.....	14
II.1.2.4. Sucre (glucides)	15
II.1.2.5. Les protéines.....	15
II.1.2.6. Les vitamines.....	15
II.1.2.7. Les enzymes.....	15
II.1.3. Propriétés des farines	16
II.1.4. Différents types de la farine utilisée.....	18
II.1.5. Analyses physico-chimiques effectuées sur la farine	19
II.1.5.1. Teneur en eau (l'humidité)	19
II.1.5.2. Teneur en cendres	20
II.1.5.3. Taux d'affleurement	20
II.1.5.4. L'acidité grasse.....	20

II.1.5.5. Dosage du gluten	20
II.1.5.6. Indice de chute d'HAGBERG-PERTEN	20
II.1.5.8. L'essai de panification.....	21
II.2. Farine mixée.....	22
II.3. Généralité sur la semoule	22
II.3.1. Classification de la semoule.....	23
II.3.1.1 semoule supérieure.....	23
II.3.1.2. semoule courante.....	23
II.3.1.3. semoule extra.....	23
II.3.1.4. semoule moyenne.....	23
II.3.1.5. semoule SG	23

CHAPITRE III : La panification

III.1. La panification.....	25
III.1.1. Etapes de la panification.....	25
III.1.1.1. Pétrissage.....	25
III.1.1.2. Fermentation.....	26
III.1.1.3. Opérations mécaniques.....	28
III.1.1.4. Cuisson.....	28
III.2. Consommation algérienne en pain	30

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes

IV.1. Matières premières.....	31
IV.1. 1. Farine.....	31
IV.1. 2. Eau, sel, levure, huile et améliorant	31
IV.2. Analyses de la farine.....	32
IV.2.1. Taux d'humidité.....	32
IV.2.2. Détermination du taux de cendre.....	33
IV.2.3. Dosage du gluten.....	35
IV.2.4. Détermination du taux d'affleurement (granulation)	37
IV.2.5. Essai à l'alvéographe Chopin.....	38
IV.3. Protocole de panification.....	42

CHAPITRE V Résultats et discussion

V.1. Analyses de la farine	46
V.1.1. Analyse de la farine panifiable.....	46
V.1.1.1. Taux d'humidité.....	46
V.1.1.2. Taux de cendre	46
V.1.1.3. Dosage du gluten.....	46
V.1.1.4. Taux d'affleurement (granulation)	46
V.1.1.5. Essai à l'alvéographe Chopin.....	47
V.1.2. Analyse de la farine mixée	47
V.1.3. Comparaison des résultats des analyses entre les deux farines.....	52
V.2. Etude économique	53
V.2.1. Comparaison du pain fabriqué par les deux variétés de la farine utilisée de point de vue économique	53
V.2.2. Capacité de production en farine des différents moulins de la wilaya de Ouargla.....	54
V.2.3. Etat mensuel et trimestriel de vente de la farine panifiable	56
V.2.4. Etude économique en cas d'utilisation de la nouvelle farine.....	57
Conclusion	59

Référence bibliographique

Annexes

Liste des abréviations

- **DRC**: Direction Régionale du Commerce Ouargla.
- **Ergs** : (1 ergs = 1 g.cm².s⁻²) = 10⁻⁷J.
- **EURL**: Entreprise Unipersonnelle à Responsabilité Limitée
- **NA** : Normes Algérienne.
- **G** : le gonflement de la pâte.
- **P** : la ténacité de la pâte.
- **SARL**: Société à Responsabilité Limitée.
- **SNC**: Société en Non Collectif
- **SPA** : Société par action.
- **SSSF** : semoule super sassée fine
- **QX** : Quintaux.
- **W** : le travail de la pâte.
- **TcM.s** : taux de cendre de la matière sèche
- **TcM.h** : taux de cendre de la matière humide
- **M.s** : matière sèche .

Liste des tableaux

□ Tableau N°1: (CHARDOUH, 1999) Composition minérale du blé.....	07
□ Tableau N°2 : (FEILLET, 2000) Principales machines de nettoyage des blés avant broyage.....	10
□ Tableau N°3 : (FEITTET, 2000) Principales machines utilisées en meunerie.....	12
□ Tableau N°4 : (CALVEL, 1984) Composition biochimique d'une farine extraite aux environs de 75.....	12
Tableau N°5 : (CALVEL, 1984) Taux d'extraction moyen et taux de cendres des différents types de farines.....	14
□ Tableau N°6 : (FEILLET, 2000) Exemple d'évolution des caractéristiques des farines en fonction du taux d'extraction.....	15
□ Tableau N°7 : (FEILLET, 2000) Exemples de valeurs des indices alvéographiques des farines en relation avec leur usage.....	18
□ Tableau N°8 : :(BOULEGHIE et OUABED , 2002) Les types de la farine	19
□ Tableau N°9 : (ROUSSEL; CHIRON, 2003) Comparaison entre les principales techniques de pétrissage des pâtes de pain à base de farine de blé.....	26
□ Tableau N°10 : CHERIET, 2000) Utilisation de la farine selon le rapport de configuration.....	42
□ Tableau N°11 : Tableau représentatif des caractéristiques alvéographique de la farine.....	47
□ Tableau N°12 résultats des analyses du la farine mixé.....	48
□ Tableau N°13 : Tableau représentatif des caractéristiques alvéographique de la farine mixée.....	48
□ Tableau N°14 : comparaison du coût de revient de la baguette du pain à base de la farine panifiable (subventionnée) et de la farine mixée.....	48
□ Tableau N°15 : (DRC Ouargla) nombre de mineuterie de la wilaya de OUARGLA; trimestre 2016.....	51
□ Tableau N°16 : (DRC Ourgla) Etat mensuel de vente de la farine panifiable aux opérateurs économiques de OUARGLA.....	52
□ Tableau N°17 : comparaison nutritionnelles entre la farine panifiable et la farine mixée	56

Liste des figures

□ Figure N°1 : Coupe histologique d'un grain de blé (FEILLET, 2000).....	04
□ Figure N°2 : La farine.....	13
□ Figure N°3 : Consommation algérienne en pain.....	30
□ Figure N°4 : les matières premières utilisés en panification.....	31
□ Figure N°5 : Appareil mesure l'humidité.....	33
□ Figure N°6 : Four à moufle électrique.....	34
□ Figure N°7 : Glutamique.....	36
□ Figure N°8 : Plansichter de laboratoire.....	38
□ Figure N°9 : L'appareil Alvéographe Chopin.....	39
□ Figure N°10 : Schéma général de panification	44
□ Figure N°11 : Photographie du pétrin utilisé.....	45
□ Figure N°12 : Photographie du four électrique utilisé	45
□ Figure N°13 : courbe alvéographique de pâte à base de la farine mixée.....	49
□ Figure N°14 : Capacité de la production en farine panifiable des différents moulins de la wilaya de Ouargla.....	53
□ Figure N°15 : Quantité du farine panifiable vendue aux boulangeries et autres.....	55
□ Figure N°16 : Comparaison entre le pain fabriqué à base de la farine panifiable et mixée.....	58

Introduction

Les produits céréaliers constituent la base de l'alimentation humaine dans la plupart des pays du monde, du fait qu'ils apportent la plus grande part des Protéines de la ration.

Les céréales fournissent 57 % de protéines consommées contre 23 % apportées par les tubercules et les légumineuses ainsi que 20 % par les produits d'origine animale (GODON, 1982). Les principales céréales sont représentées par le blé, l'orge, le maïs et le riz. Le blé occupe actuellement la première place dans la production mondiale des céréalières (environ 40 %) et présente une importance nutritionnelle et économique considérable. Depuis 1945, la production et la consommation moyenne du blé ont pratiquement quadruplé passant de 140 à 570 millions de tonnes (CHARDOUH, 1999).

Le pain (le plat préféré des algériens) fabriqué à partir de la farine panifiable issue de blé tendre importé est subventionné par l'état. D'après les statistiques de la FAO en collaboration avec la FMB (fédération mondiale des boulangers), les Algériens consomment plus de 48 600 000 pains chaque jour, Soit 4000 tonnes de pain par an, occupant de ce fait, le premier rang des consommateurs de pain dans le monde.

Pour cet effet, le groupe ERIAD, le pionnier de la production de la farine en Algérie sur la proposition de la fédération nationale des boulangers, propose une nouvelle farine. Cette nouvelle farine "**farine mixée**" sera exclusivement orientée vers la fabrication du pain et par ailleurs, permettra de mettre fin aux pratiques commerciales frauduleuses qui font que la farine subventionnée par l'état est utilisée pour la fabrication de pâtisseries, pizza et autres.

Avec la nouvelle farine l'état peut réduire la facture des dépenses ainsi que d'importation du blé, en utilisant la semoule produite localement et on n'aura plus à parler de spéculation.

Notre travail a pour but de faire une étude qualitative et économique de cette nouvelle farine, qui est composée de 70% de farine panifiable, 20% de semoule et 10% de SSSF.

Pour cela, une étude comparative a été réalisée, sur la qualité, entre les deux variétés de farine, la farine mixée et la farine panifiable utilisée auparavant, suivie d'une étude économique en prenant comme cas d'étude la Wilaya de Ouargla, pour voir son impact financier, sur le marché national, en cas de l'utilisation de la farine proposée.

I.1. Le grain de blé :

I.1.1. Définition :

Le blé est une plante annuelle aux racines fibreuses à tiges hautes et généralement creuses, portant des nœuds d'où partent des feuilles, des sommets de la tige portent une grappe des fleurs qui se transforme en grains (DELACHAU, 1983).

Le grain de blé mesure de 4.8 mm à 9.5 mm de long, selon les variétés et le degré de maturité, sa forme varie de sphérique à allongée, sa surface est parcourue d'un sillon longitudinal dont la profondeur atteint près de la moitié de l'épaisseur du grain (PAUL, 1984).

Le grain de blé constitue le fruit de la plante. C'est un fruit sec qui contient, à l'intérieur, la graine proprement dite (CALVEL, 1984). Le blé est une monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des Gramineae (FEILLET, 2000).

I.1.2. Notion botanique

Le blé est une monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des Gramineae. C'est une céréale dont le grain est un fruit sec, appelé caryopse, constitué d'une graine et de téguments.

Les deux espèces les plus cultivées sont le blé tendre (*Triticum aestivum*) et le blé dur (*Triticum durum*) (BOUDREAU ; MENARD 1992).

I.1.3. Histologie du grain de blé tendre:

Le grain de blé comporte trois parties distinctes :

- a. **Les enveloppes** : (13 à 17% du grain) qui sont constituées par des couches de cellules superposées :

- Le péricarpe : enveloppe du fruit qui comprend lui-même trois couches : l'épicarpe, le mésocarpe (cellules transversales), l'endocarpe (cellules tubulaires) ;

 - Le tégument séminale et la bande hyaline : qui, à eux deux, constituent l'enveloppe de la graine ;

 - L'assise protéique : appelée aussi cellules à aleurone, qui, botaniquement, est la première couche de cellules de l'endosperme et est, de ce fait, différente des autres enveloppes (CALVEL, 1984).
- b. L'albumen** : (80 à 85% du grain), constitué de l'albumen amylicé (au sein duquel subsistent des cellules remplies de granules d'amidon dispersés au milieu d'une matrice protéique et dont les parois celluloses sont peu visibles) et la couche à aleurone (FEILLET, 2000).
- c. Le germe** : (3%), composé d'un embryon et du scutellum (FEILLET, 2000).

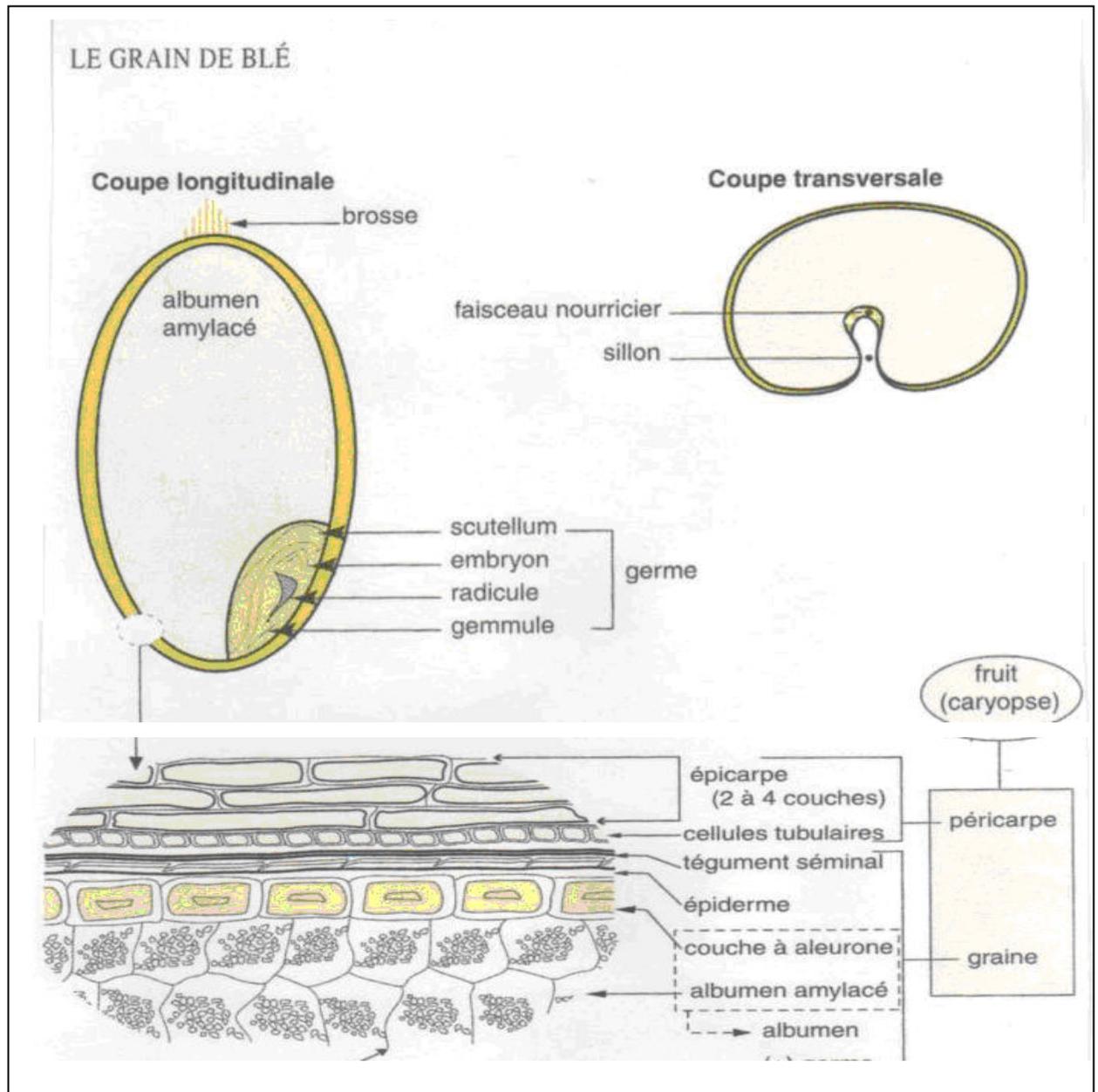


Figure N°1 : Coupe histologique d'un grain de blé (FEILLET, 2000)

I.1.4. Composition chimique du grain de blé tendre :

Le grain de blé mur contient de nombreuses substances telles que : les glucides, les lipides, sels minéraux, les vitamines, les enzymes et d'autres substances susceptibles de jouer un rôle dans l'alimentation humaine (CHIERIET, 2000).

La composition chimique des différentes parties d'un grain de blé, dépend d'un certain nombre de facteurs tels que : le climat, la variété de blé la nature du sol, les amendements et les technique culturales (SELSELET, 1991).

a. L'eau :

L'eau est un constituant instable et son taux susceptible de varier dans le temps, par suite des échanges avec l'atmosphère, ou entre les particules constituant le produit (I.T.C.F, 1995).

Un taux d'humidité inférieur à 14 % prolonge la durée de conservation sans risque d'altération par les micro-organismes (BOULECHIE et OUABED, 2002).

b. Les Glucides :

Les glucides son pondéralement, les constituant majeurs du grain de blé. Ils représentent environ **80%** de la matière sèche totale répartie en polysaccharides (Amidon **65** à **75 %**) (GODON et GUINET, 1994).

L'amidon constitue **70 %** du grain, il se présente sous forme de poudre blanche, il est composé de deux molécules ; l'amylobacter **A1** et l'amylose **A2** dont le rapport (**A1/ A2**) est d'environ **41**.

L'amidon est hydrolysé par les enzymes (α et β amylase). Le (α -amylase est un endo-amylase qui se lie à la région interne des chaînes d'amidon de longueurs différentes. La β - amylase (c'est la plus importante des diastases du grain) et la glu – amylase sont des exo amylase qui hydrolysent successivement ou alternativement les liaisons glucidique en bout de chaîne d'amidon pour libérer respectivement le glucose et le maltose. Les pontuseaux sont des composés formés de l'union de deux pentoses (D -xylose et L-arabinose) avec élimination d'eau, le sol en contient beaucoup mais la farine usuelle ne présente que 2 à 3 % contre 8 à 9 % du grain entier. On estime que les pentanes interfèrent dans la structuration du complexe de gluten alors du pétrissage, contribuent à l'expansion du pain (ALLEN et SPRADIN, 1974).

Ils se lient, non seulement aux protéines ; mais aussi à des lipides (Glycoliques) et les grandes molécules ainsi crée sont fixatrices d'eau. Les pentoses solubles et insolubles,

n'ont pas exactement les mêmes effets, les premiers ont un effet positif en panification et les autres ont un effet inverse (BOULECHIE et OUABED, 2002).

c. Les protéines :

Le blé a généralement une teneur en protéines de l'ordre de 11 à 14 %, une partie de ces protéines se présente sous forme de gluten(FAO, 1990). L'albumen et globulines sont des protéines cytoplasmiques souvent regroupées (SAUVANT, 1979).

Il existe 4 groupes protéiques chez le blé se distinguant par leur solubilité dans divers milieux d'extraction sous l'appellation des protéines solubles. Les gliadines et glutamiques sont des protéines cytoplasmique souvent regroupées sous l'appellation de protéines solubles. Les gliadines et glutamiques sont des protéines de réserves ce sont les fractions les plus importants quantitativement et qualitativement du point de vue technologique

d. Les lipides :

Les lipides représentent 3 % du poids sec du grain du blé (D'ACOSTA, 1986), leur teneur et leur composition varient de façon notable. Le germe est la partie du blé qui contient plus de lipides(GODON et GUINET, 1994).

e. Autres constituants :

Le grain de blé renferme également les constituants suivants :

- Les enzymes telles que : les α et β amylase, des protéases ainsi que des lipases, des lymphoblastes et des éléments minéraux divers (CHARDOUH, 1999) .Cependant, environ 95 % de sel minéraux des céréales sont à la base du phosphore et du potassium (Tableau N° 1).
- Les vitamines de groupe B (B1 et B 2) et l'acide nicotinique (CHARDOUH, 1999) .

Tableau N° 1 : (CHARDOUH, 1999) composition minérale du blé .

Matière minérale	g/100g de M.S
Potassium	0.45
Phosphore	0.43
Magnésium	0.18
Calcium	0.04

I.1.5. Classification des blés tendres :

Les variétés de blé tendre sont classées selon leur indice de dureté d'une part et leur valeur boulangère d'autre part (MONTESSINOS, 2003).

a. Classification selon l'indice de dureté :

La dureté du grain est un critère utilisé aussi bien en sélection, qu'en classement des blés lors de la récolte (BRANLARD et al, 1997). On distingue; un blé tendre hard, medium hard et soft.

b. Classification selon la valeur boulangère :

On peut distinguer :

BPS : Blé panifiable supérieur.

BPC : Blé panifiable courant.

BAF : Blé améliorant de force.

BPAU : Blé pour autre utilisation (FEILLET, 2000).

I.1.6. Caractéristiques physiques du blé tendre :

a. Dureté :

Peut être définie comme étant la résistance que la graine peut opposer à une force de déformation extérieure .C'est une caractéristique variétale, son opposé est la friabilité

(FEILLET, 2000), mais qui dépend aussi des conditions agro climatiques (MARTIN, 1994). La dureté du blé résulte, d'une texture de l'albumen plus compact et de l'agrégation entre les particules d'amidon et la matrice protéique (BRANLARD, 1998).

b. Vitrosité :

La vitrosité est une propriété optique, elle est fortement liée aux conditions de culture (ABECASSIS et al, 1997). Un grain est vitreux, lorsque la structure de son amande a un aspect translucide, cela est dû, à une compacité élevée entre ses constituants (CHASSERAY, 1991). Elle est d'autant plus élevée que la teneur en protéines est élevée.

Les blés friables donnent toujours des farines, quelle que soit leur vitrosité. Les blés non friables ne donnent des farines que lorsqu'ils ne sont pas vitreux (FEILLET, 2000).

I.1.7. Caractéristiques technologiques du blé tendre :

a. Valeur meunière :

Le terme valeur meunière englobe, par définition, la somme des qualités que présentera un blé durant sa mouture (CALVEL, 1984). Elle se trouve dans l'aptitude de blé à donner du bon rendement en farine, de pureté désirée avec un minimum d'énergie dépensée au cours des différentes étapes de la mouture (CHASSERAY, 1991).

On distingue :

- ❖ La valeur meunière extrinsèque :

C'est la caractéristique commerciale du lot (FEILLET, 2000).

C'est celle d'un lot de blé avant qu'on exclue tous ce qui n'est pas blé sain, loyal et marchand, elle dépend de la teneur en eau, quantité et nature des impuretés et du taux de grain cassés (BOURDREAU et WORDEN, 1992).

- ❖ La valeur meunière intrinsèque :

C'est celle d'un lot de blé qui a été soumis au nettoyage et prêt à entrer en mouture. Ses principaux facteurs sont :

- Pourcentage relatif de l'amande et des enveloppes.
- Le poids spécifique (PS), ou poids à l'hectolitre.
- Poids des grains.
- Dureté et vitrosité des grains.
- Finesse et couleur des enveloppes.
- Matière minérale ou cendre.
- Autres paramètres : la production d'issus et la puissance nécessaire pour conduire à bien le processus de mouture (GRANDVOINET, 1991).

b. Valeur boulangère :

La valeur boulangère représente l'aptitude d'un blé ou d'une farine à donner un pain de bonne qualité dans de bonne condition de travail et de rendement en boulangerie.

- **Les blés correcteurs** : se sont des blés de force ou améliorants, leur utilisation à l'état pur en boulangerie est déconseiller, ils servent soit pour la biscotterie ou la pâtisserie.
- **Les blés panifiables** : cette catégorie correspond aux blés qui répondent aux exigences de la boulangerie. Les pâtes sont très maniables, les pains obtenus sont appréciés par leur croustillant et leurs coups de lame bien jetés.
- **Les blés in panifiables** : ces blés donnent des pâtes collantes et non machinales.

Les pains obtenus sont plats. L'utilisation des blés in panifiables en boulangerie nécessite un coupage avec les blés correcteurs, mais donnant de bons résultats en biscotterie (I.T.G.C1995)

I.2. Processus technologique de transformation du blé :

I.2.1. Nettoyage :

A son arrivée au moulin, le blé contient des impuretés qu'il faut retirer avant de procéder à la mouture. Lors du nettoyage (Tableau N°2), les séparations sont plutôt superficielles, visant essentiellement à enlever le plus gros des poussières et des impuretés (BOURDREAU et WORDEN, 1992).

Lors du nettoyage, les grains de blé doivent être débarrassés de toutes leurs impuretés (grains étrangers, grains d'autres céréales, pailles, pierres,...) avant d'être envoyés vers le premier broyeur, il est également souhaitable d'éliminer les grains mal venus (grains échaudés, ergots et les grains fusariés) dont la présence peut nuire à la qualité de la farine (FEILLET, 2000)

Le nettoyage et la préparation des grains, ont une efficacité certaine sur le plan bactériologique, permettant ainsi de diminuer moins de 50% la flore totale (SUCHET, 1995).

Tableau N° 2 : (FEILLET, 2000) Principales machines de nettoyage des blés avant broyage.

Type de machine	Principe physique	Impuretés éliminées
Aimant	champ magnétique	métaux
Aspirateur	densité et résistance à l'air	pailles, glumes
Nettoyeur-séparateur et Trieur	forme et dimension	grosses et petites impuretés
Epierreur		
Brosse, époinçuse, lavage	densité	pierres
Table densimétrique	nettoyage en surface	poussières adhérentes
Toboggan	densité	pierres, blés ergotés
Trieur de couleur	force centrifuge	petites graines
	couleur	grains avariés

I.2.2. Conditionnement :

Le conditionnement revêt une grande importance dans le traitement du blé. Il consiste à mouiller les grains de blés afin de permettre une diffusion rapide de l'eau dans l'albumen et les enveloppes (BOURDREAU et WORDEN, 1992).

Il doit atteindre les objectifs suivants :

- Assouplissement des enveloppes afin d'éviter leur fragmentation et de faciliter leur séparation,
- Réduction de la dureté de l'albumen pour favoriser sa réduction en farine sans endommager les granules d'amidon,
- Conservation de la valeur boulangère des farines (FEILLET, 2000).

On utilise une vis-mouilleuse pour laquelle, on pulvérise une quantité spécifique d'eau en fonction de l'humidité initiale (BRENNAN, 1984). Dans la pratique, la préparation des grains avant mouture consiste en une hydratation ménagée (16 à 17%) et un repos de 12 à 48 heures (FEILLET, 2000).

I.2.3. Mouture :

La mouture est une opération centrale dans la transformation du blé en farine et semoules (FEILLET, 2000)

Le but à atteindre par la mouture est l'obtention sous forme de farine du maximum de l'amande farineuse présente dans le grain. La farine produite doit être suffisamment fine et la plus exempte possible des piqûres d'enveloppes (CALVEL, 1984).

Les différentes phases de la mouture sont :

a. Broyage :

C'est une opération qui permet d'ouvrir mécaniquement le grain, par cisaillement, choc ou compression, et de détacher lus ou moins complètement l'amande qui se brise alors que les enveloppes, plus élastiques résistent. Il est réalisé avec des cylindres cannelés (FEILLET, 2000).

b. Le convertissage et le claquage :

Ils effectués dans des appareils à cylindres lisses, respectivement des convertisseurs et des claqueurs. Ces deux opérations visent à réduire la granulométrie des semoules qui les alimentent, et ne se différencient l'une de l'autre que par l'origine et la nature du produit traité : Les convertisseurs des semoules purifiées, les claqueurs des semoules vêtues (FEILLET, 2000).

c. Tamisage, ou buttage :

Il permet de séparer les produits en provenance des cylindres lisses et des cylindres cannelés en fonction de leurs granulations. L'opération est réalisée par des plansichters (FEILLET, 2000). (Voir Tableau N° 3)

Tableau N°3 : (FEILLET, 2000) Principales machines utilisées en meunerie.

Cylindre lisse	rouleau métallique dont la surface est sans aspérité.
Cylindre cannelé	rouleau métallique en surface duquel ont été gravées des cannelures. Celles-ci sont des sillons asymétriques régulièrement tracés en surface des cylindres, dans le sens de la longueur, et dont la largeur et la profondeur peuvent être respectivement comprises entre 800-2500 et 200-600 μm .
Broyeur, réducteur et désagrégeur	machines constituées de deux cylindres cannelés entraînés en sens inverse et à des vitesses différentes. 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 semoulerie.
Plansichter	machine constituée de tamis inclinés superposés et soumise à un mouvement de rotation (environ 200 tr/min) destinée à assurer une progression régulière des produits d'un tamis à l'autre.

II.1 Généralités sur la farine:

II.1.1. Définition :

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



Figure N°2 : La farine

II.1.2. Composition de la farine:

La composition biochimique de la farine est montrée dans le tableau ci-dessous.

Tableau N° 4: (CALVEL, 1984) Composition biochimique d'une farine extraite aux environs de 75%.

Constituants	Teneur en pourcentage (%)
Humidité	14-16.
Matières azotées	8 à 12 (dont 7 à 10% de gluten).
Matières minérales	0.45 à 0.60.
Matières grasses	1.20 à 1.40.
Acidité	0.020 à 0.050.
Sucres	1 à 2.
Amidon	60 à 72.
Matières cellulosiques	Traces.
Diastases	Plusieurs diastases sont présentes, dont la bêta amylase est la plus importante.
Vitamines	Du groupe B- PP et E.

II.1.2.1.L'eau :

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

II.1.2.2. Matières grasse (lipides) :

Représente 1.20 à 1.40 %, la présence des matières grasses influe sur les propriétés mécaniques de La farine : plus une farine contient de matière grasse, moins sa force boulangère est importante. Un excès de matière grasse dans une farine peut avoir de sévères conséquences sur la conservation, car l'acidité produit par la matière grasse ranci et attaque le gluten on le dégradant (BORNET, 1992).

II.1.2.3. Matières minérales :

Représentent **0.45 à 0.60 %**, les matières minérales sont peu importantes. La pureté de la farine se juge d'après sa teneur en résidus minéraux ; les matières minérales de la farine sont le potassium, le phosphore, le magnésium et soufre. Les Matières minérales de la farine apparaissent lorsqu'on calcine de la farine, après calcination, les résidus se retrouvent sous la forme de cendres. Comme les matières minérales existent en plus grande quantité dans les enveloppes du blé, on conclut que moins qu'il y a de cendres, plus que la farine est pure (BORNET, 1992).

II.1.2.4. Sucre (glucides) :

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

□ Amidon (glucides) :

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

II.1.2.5. Les protéines :

Sachant que la meilleure farine ne peut que donner un gluten de qualité supérieure. Cette sélection est indésirable, différents points entrent en jeu comme la quantité et la qualité des protéines ...etc.

□ Gluten :

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

II.1.2.6. Les vitamines :

Une farine complète de blé tendre contient la totalité des vitamines initialement présentes dans le grain une farine dont le taux d'extraction est de 75 à 80 % contient environ 20 % de la vitamine (B6), 25 % de biotine, 30 % d'acide nicotinique (B1), 55 % de l'acide pantothénique (B12) et 70 % de la vitamine E (BORNET, 1992). La teneur en vitamine B et notamment en vitamine B décroît très rapidement à mesure que la farine devient plus blanche (SERVIUE, 1984).

II.1.2.7. Les enzymes :

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

□ Les protéases :

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

□ Les lipases :

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

□ Les lipoxydases :

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

□ Les amylases :

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

II.1.3. Propriétés des farines :

En France, les types légaux de farines sont définis par leur teneur en matières minérales suivant la correspondance indiquée dans le tableau 4. Il s'agit d'une définition réglementaire qui ne préjuge en rien de la qualité d'utilisation des farines, bien qu'un usage particulier soit assigné à chacun des types (CALVEL 1984).

Tableau N°5: (CALVEL, 1984) Taux d'extraction moyen et taux de cendres des différents types de farines.

Types	Taux de cendre	Taux moyen d'extraction	utilisation
45	Moins de 0.50	67	Pâtisserie
55	De 0.50 à 0.60	75	Pain ordinaire
65	De 0.62 à 0.75	78	Pains spéciaux
80	De 0.75 à 0.90	80 – 85	Pains spéciaux
110	De 1.00 à 1.20	85 – 90	Pain bis
150	Plus de 1.40	90 – 98	Pain complet

Les farines du premier passage proviennent du cœur de l'albumen, celles isolées en fin de mouture contiennent des proportions importantes de couche à aleurone et du péricarpe; elles sont plus riches en matières minérales (ADRIAN et al, 1995).

Ces farines se différencient également par leur alvéogramme : les farines de broyage ont une faible pression (P) et un gonflement (G) élevé ; celles de claquage présentent une courbe équilibrée proche de celle de la farine entière ; celles de convertissage possède un (P) élevé et un (G) plus faible.

De ce fait, la composition chimique et les propriétés d'usage légales des différents types de farines intermédiaires de celles de l'albumen et des téguments, évoluent en fonction de leur taux d'extraction (tableau N°5).

Les caractéristiques technologiques des farines, en particulier leurs indices alvéographiques, diffèrent selon les utilisations (tableau N°6) (FEILLET 2000).

Tableau N° 6 : (FEILLET, 2000) Exemple d'évolution des caractéristiques des farines en fonction du taux d'extraction.

Taux d'extraction	40	50	60	70	80
Teneur en matière minérale (% ms).	<i>0.39</i>	<i>0.40</i>	<i>0.43</i>	<i>0.50</i>	<i>0.80</i>
Teneur en protéines (% ms).	<i>11.0</i>	<i>11.1</i>	<i>11.2</i>	<i>11.5</i>	<i>11.9</i>
Teneur en gluten humide (% ms).	<i>23</i>	<i>24</i>	<i>25</i>	<i>27</i>	<i>24</i>
Volume du pain (cm ³).	<i>640</i>	<i>650</i>	<i>660</i>	<i>670</i>	<i>610</i>

Tableau N°7 : (FEILLET, 2000) Exemples de valeurs des indices alvéographiques des farines en relation avec leur usage.

Produits finis	W	P	G	L	P/L
Baguette	<i>153</i>	<i>53</i>	<i>22</i>	<i>98</i>	<i>0.54</i>
Croissant	<i>246</i>	<i>69</i>	<i>23</i>	<i>107</i>	<i>0.65</i>
Biscotte	<i>217</i>	<i>57</i>	<i>26</i>	<i>133</i>	<i>0.43</i>
Pain au lait	<i>417</i>	<i>81</i>	<i>27</i>	<i>152</i>	<i>0.53</i>
Farine en sachet	<i>145</i>	<i>49</i>	<i>22</i>	<i>94</i>	<i>0.52</i>

II.1.4. Différents types de farine:

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

Tableau N° 8 : (BOULEGHIE et OUABED, 2002) Les types de la farine.

Type	Taux de cendre % en MS	Humidité (%)	Taux d'extraction Moyen correspondant
45	Moins de 0.5	15.5 %	67
55	De 0.5 à 0.6	15.5 %	75
65	De 0.62 à 0.75	15.5 %	78
80	0.75 à 0.9	15.5 %	80 –85
110	1.00 à 1.20	15.5 %	85 –90
150	Plus de 1.4	15.5 %	90 –98

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

T45 : Farine blanche utilisée pour la pâtisserie.

T55 : Farine utilisée pour le pain de campagne.

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

T80 : Farine bise au semi complète utilisée couramment dans les boulangeries biologique sert à faire le pain semi complet.

T110 : Farine complète.

T150 : Farine intégrale est utilisée pour la fabrication du pain complet. (BOULEGHIE et OUABED, 2002).

II.1.5. Analyses physico-chimiques effectuées sur la farine :

II.1.5.1. Teneur en eau (l'humidité) :

La teneur en eau des farines a, à la fois, une importance sur le plan économique (elle intervient dans le taux d'hydratation de celle-ci) et sur le plan bonne conservation.

La teneur en eau des farines boulangère doit être inférieure à 16% pour des utilisations spéciales, et dans le cas des farines destinées à l'exportation, cette teneur est réduite par étuvage à 13.5 et 12% (DUBOIS, 1996).

II.1.5.2. Teneur en cendres :

On appelle les cendres, le résidu obtenu après incinération des tissus organiques (végétaux ou animaux). Le dosage des cendres exprime la teneur en matières minérales des produits à analyser. Cet indice permet d'apprécier approximativement le taux d'extraction d'une farine (VINOGRADOVA, 1981).

II.1.5.3. Taux d'affleurement :

La granulométrie d'une farine permet de caractériser la répartition en taille et en nombre des particules dont elle est composée, le comportement des farines au cours de leur transformation, notamment la vitesse d'hydratation en dépend (FEILLET, 2000).

II.1.5.4. L'acidité grasse :

La teneur en acidité grasse est un indicateur de l'état de bonne conservation des blés et des farines. En effet, au cours de la conservation, les lipides ont tendance à se dégrader en se transformant en acides gras libres (BAR, 1995).

II.1.5.5. Dosage du gluten :

Apprécier la quantité et la qualité du gluten a un intérêt principalement technique ; il représente la caractéristique de pouvoir former un réseau viscoélastique dont les propriétés d'extensibilité, d'élasticité et de ténacité ont une influence sur le comportement des pâtes en cours de fabrication et sur la qualité du produit fini (BAR, 1995).

II.1.5.6. Indice de chute d'HAGBERG-PERTEN :

L'indice de chute correspond au temps global s'écoulant entre le moment où l'agitateur est tombé d'une hauteur fixée à travers le gel d'amidon liquéfié. α amylase a la propriété d'hydrolyser l'amidon de la farine en dextrines et maltose dans des conditions particulières. L'activité amylasique d'une farine contribue à la qualité du pain (BARD, 1997).

II.1.5.7. La force boulangère :

La force boulangère est le terme de jugement global des qualités viscoélastiques des pâtes plus communément nommées « qualités plastiques ».

Un certain nombre de caractéristiques définissent l'état d'une pâte :

- **Sa ténacité**, c'est-à-dire la résistance qu'elle oppose à une force d'extension, est en rapport avec sa consistance, qui elle-même varie avec l'hydratation de la farine ;
- **Son extensibilité**, en rapport avec la faveur viscosité de celle-ci, et son aptitude à se déformer facilement sans se rompre ;
- **Son élasticité**, qui est la propriété de reprendre sa forme initiale après la suppression de la sollicitation qui l'a déformée.

La qualité d'une pâte et notamment sa machinabilité, ainsi que le développement du volume des pains donc la satisfaction du boulanger dépend en très grande partie de l'équilibre entre les trois paramètres ténacité – extensibilité – élasticité.

Sur le plan mesure et contrôle de ces paramètres, l'appareil le plus utilisé est l'Alvéographe de CHOPIN (DUBOIS, 1996).

II.1.5.8. L'essai de panification :

Les méthodes d'appréciation de la qualité des farines, qu'elles soient chimiques ou physiques, permettent d'approcher de près la valeur de celles-ci pour la panification. Toutefois, l'expérience montre que l'essai expérimental de panification, s'il est réalisé dans le cadre strict d'une méthode codifiée avec soin, reste le moyen le plus fiable pour juger de la valeur boulangère des farines (DUBOIS, 1994).

Cet essai de panification nécessite la confection simultanée d'une pâte pilote dont le rôle est de déterminer les étapes de la panification. La farine témoin doit être une farine ou un mélange de farines dont l'aptitude à donner un pain de qualité satisfaisante a été déterminé au préalable. Le pain obtenu sert de base de comparaison pour l'appréciation des caractéristiques des pains d'essais (ROUSSEL, 1984).

II.2. Farine mixée :

Selon l'Horizons quotidien national d'information (nombre de 28 octobre 2015), les boulangers seront appelés à fabriquer du pain à base d'une farine spéciale. Elle est composée de 70% de farine normale, de 20% de semoule du type super et 10% de semouline. C'est ce qu'a fait savoir, le président de la fédération nationale des boulangers, Youcef Kalafat, lors d'une conférence de presse organisée au siège de l'Union générale des commerçants et artisans algériens (UGCAA).

Il a affirmé que cette mesure a été décidée suite aux conclusions de la commission mixte mise en place par le ministère du Commerce. « La fédération a été reçue au département de Belaïb Bakhti (ministère du Commerce) au début du mois d'octobre 2015. Le ministre a adressé un écrit au Premier ministre en vue d'introduire la farine panifiable dans le processus de fabrication du pain, dans le but est de régler le problème de la marge bénéficiaire. Cette farine, riche en gluten, sera subventionnée par l'Etat et exclusivement réservée à la fabrication de pain. à partir de janvier 2017, les minoteries, au nombre de 386, réparties sur tout le territoire national seront, dans l'obligation de fabriquer deux sortes de farine, à savoir la farine ordinaire destinée à la fabrication de la pâtisserie et d'autre usages et la farine mixée qui sera destinée à la fabrication du pain. Les moulins privés seront, également, dans l'obligation d'acheter la semoule de l'entreprise ERIAD pour pouvoir fabriquer cette nouvelle farine. Le prix de vente de la farine n'est pas encore connu. Ce qui est sûr, c'est qu'il sera réglementé par l'Etat, le coût de fabrication de la farine mixte sera supérieur à celui de la farine normale. L'Etat prendra en charge le différentiel pour garantir une marge bénéficiaire au boulanger ». (Horizon , 2015).

II.3. Généralités sur la semoule

La semoule est obtenue par mouture de grains de blé dur préalablement nettoyés et conditionnés.

Les semoules sont le produit fini de la première transformation de blé dur par les procédés de mouture (GODON et WILIM, 1991).

Elles sont constituées de fragments de taille plus ou moins fine de l'amande cassée et elles sont cassées en fonction du diamètre maille de tamis qui les retiennent. Les semoules de blé dur contiennent 12% à 13% d'eau, au moins 12% de protéine, 1,2% des lipides et moins 73% de glucides (VIERLING., 1999).

II.3.1. Classification de la semoule

Selon APFELBAUM et al , (1981) la semoule de blé dur peut être classé selon la teneur en cendre en :

II.3.1.1. Semoule supérieure :

Dite « SSSE » provient de la partie centrale de l'amande de grain de blé dur et ayant un faible taux de matières minérales. Elle sert à fabriquer les pâtes alimentaires dites supérieures.

II.3.1.2 Semoule courante :

Dite « SSSF » contient plus de parties périphériques et ayant plus fort taux de matière minérales, sert à faire les pâtes dites courantes.

Pour les semoules consommés en Algérie selon BENBELKACEM et al., (1995) sont essentiellement :

II.3.1.3. La semoule SE :

Appelée aussi semoule extra, elle présente une granulométrie fine, comprise entre 250 et 500 μm . cette semoule est orientée vers la fabrication des pâtes alimentaires industrielles.

II.3.1.4. La semoule SM :

Appelée semoule moyenne, elle a une granulométrie comprise entre 500 et 800 μm . cette semoule est généralement vendue à l'état pour l'utilisation ménagère (couscous, galette, biscuit, crêpes, etc....) et pour la fabrication du couscous industriel de type moyen.

II.3.1.5. La semoule SG :

Dite semoule grosse, elle a une granulométrie supérieur à 800 μm . cette semoule est destinée essentiellement à la fabrication du couscous type gros.

III.1. La panification

Le pain est le résultat de transformations physiques, de réactions chimiques et d'activités biologiques très complexes qui se produisent au sein d'un mélange de farine (100g), d'eau (60g), de sel (2g) et de levure (2g), et parfois de quelques autres ingrédients, sous l'action d'un apport contrôlé d'énergie mécanique et thermique (ROUSSEL, CHIRON 2003 ; LEVAVASSEUR, 2007).

La fabrication du pain comporte les étapes suivantes :

- l'obtention d'une pâte de consistance déterminée, par pétrissage d'eau et de farine en présence d'air ;
- une première fermentation, ou pointage, au cours de laquelle les levures se multiplient ;
- des opérations mécaniques de pesée, division de la pâte et façonnage des pâtons ;
- une seconde fermentation ou apprêt, qui permet l'expansion en volume de la pâte ;
- la transformation de la pâte fermentée en pain, par enfournement dans un four dont la température est fixée à 250 °C (FEILLET, 2000).

III.1.1 Etapes de la panification

III.1.1.1. Pétrissage

Première étape de la fabrication du pain, le pétrissage est une opération dont la bonne conduite conditionne la qualité des produits finis. Il permet de former une pâte homogène, lisse, tenace et viscoélastique à partir de ses deux constituants principaux qui sont la farine et l'eau, et au sein de laquelle l'amidon, le gluten et l'air occuperaient respectivement 60, 30 et 10 % du volume total. Au cours de cette opération, la pâte est soumise à des forces intenses d'extension, de compression et de cisaillement (FEILLET et al. 1994).

Du pétrissage à l'ancienne que l'on appelle souvent « conventionnel », on est passé à « l'intensifié » ou méthode « pain blanc ». Ces dernières années de nombreux professionnels sont revenus à des pratiques modérées ou intermédiaires avec le pétrissage amélioré (tableau N°9).

Pour une qualité donnée, le boulanger a donc un choix possible dans la définition de l'intensité énergétique qu'il veut appliquer à la pâte. Les caractéristiques des matières premières doivent être adaptées à ce choix (ROUSSEL ; CHIRON, 2003).

Tableau N°9 : (ROUSSEL; CHIRON, 2003) Comparaison entre les principales techniques de pétrissage des pâtes de pain à base de farine de blé.

	Étape de fabrication	Types de pétrissage		
		conventionnel	amélioré	intensifié
Formule	Farine	100	100	100
	Eau	61-63	60-61	60-61
	Sel	1.8-2.0	1.8-2.0	2.2-2.3
	Levure	1-1.5	1.5-2.0	2.0-3.0
	Acide ascorbique	0	10 à 20 ppm	20 à 80 ppm
Pétrissage	Vitesse lente (40 tr/min)	12-15 min	2-3 min	2-3 min
	Vitesse rapide (80 tr/min)	0 min	10-12 min	18-20 min
Pointage	Fermentation en cuve	3 h - 3 h 30	1 h-1 h 30	5-20 min
Apprêt	25 à 27 °C	1 h 10 – 1 h20		

III.1.1.2 Fermentation

Saccharomyces cerevisiae est l'espèce de levure de très loin la plus utilisée en fermentation panaria, en *anaérobiose*, lorsqu'elles ne disposent pas ou guère d'oxygène (ce qui est le cas dans une pâte), les levures se multiplient difficilement, utilisent les sucres pour produire l'énergie dont elles ont besoin pour maintenir leur activité et transforment près de 95 % en éthanol et en gaz carbonique : il y a fermentation



Les monosaccharides, sucres simples à 6 atomes de carbone (tels que glucose, fructose, galactose), sont utilisés préférentiellement par *S. cerevisiae*, les disaccharides ne peuvent être assimilés qu'après avoir subi une hydrolyse enzymatique :

- le saccharose préexistant dans la farine ou rajouté dans la formule, est transformé en glucose et fructose par l'invertase de la levure.

- le maltose, qui provient pour l'essentiel de la conversion de l'amidon par les α et β amylases de la farine, est scindé en 2 molécules de glucose par la maltase qui est une enzyme intracellulaire (B.POITRENAUD 1994).

La fermentation comprend en principe deux étapes :

- la première fermentation, ou pointage, se déroule de la fin de pétrissage jusqu'au façonnage des pâtons ;
- deuxième fermentation (apprêt) va du façonnage à la mise au four des pâtons.

La conduite de la fermentation (durée, température, phases de repos de la pâte) a suivi l'évolution des modes de pétrissage et est allée dans le sens d'une simplification du travail des boulangers. La méthode dite de pousse contrôlée s'est progressivement imposée après avoir supplanté la méthode dite de pousse lente : la pâte est placée dans une chambre froide, ce qui a pour effet de bloquer totalement l'activité fermentaire ; il est alors possible de programmer l'heure de remise en température chaude et donc la reprise de la fermentation. (FEILLET, 2000). La fermentation panaire assure trois fonctions principales :

❖ Levée de la pâte

Quelques minutes après la fin du pétrissage, tout l'oxygène introduit aura été consommé par la levure dont le métabolisme s'orientera vers la fermentation. Le gaz carbonique produit se dissoudra d'abord dans l'eau libre de la pâte. Arrivé à saturation il s'accumulera sous forme gazeuse pour exercer une pression interne sur le réseau imperméable du gluten. Celui-ci, élastique et extensible, permettra à la pâte de lever tout en maintenant une structure externe (CALVEL 1984).

❖ Acidification et production d'arômes

La formation d'acide carbonique et d'acides organiques conduit à un abaissement du pH et à une augmentation de l'acidité titrable de la pâte au cours de la fermentation, malgré le fort pouvoir tampon des protéines de la farine.

L'alcool formé, l'abaissement du pH, les métabolites issus des fermentations secondaires participent directement ou en tant que précurseurs au développement du goût et des arômes du pain (BURE, 1979).

❖ Rhéologie de la pâte

Indépendamment des modifications physiques qu'elle subit durant les différentes opérations de pétrissage, division, boulage, ou façonnage, la pâte voit ses propriétés viscoélastiques se transformer tout au long de la fermentation. C'est la prise de force de la pâte qui correspond à une réduction de l'extensibilité du gluten associée à une augmentation de sa résistance élastique.

Les causes sont connues, il s'agit :

- d'une part, d'un effet purement mécanique résultant du développement du gluten, à savoir son extension et son organisation en un réseau tridimensionnel, sous la poussée gazeuse ;
- d'autre part, de la formation de liaisons physico-chimiques, renforçant la cohésion du réseau glutineux. L'abaissement du pH, les réactions avec les différents métabolites produits par les fermentations secondaires, les variations de tensions interfaciales entre les différentes phases de la pâte semblent intervenir dans ces phénomènes. (CHARGELEGUE et al, 1994).

III.1.1.3. Opérations mécaniques

Le façonnage contribue, avec le boulage et la détente à reformer une structure continue en surface de la pâte, perdue lors de la division, de manière à minimiser la perte de gaz ; il rend également la pâte plus malléable en recréant stabilité et élasticité (HLYNKA 1970).

Le façonnage permet de conférer à la pâte la forme qui déterminera celle du produit fini, il peut être manuel ou mécanique.

C'est une opération délicate, surtout en panification de pain français où les pâtes demandent à être manipulées avec douceur pour ne pas dégrader une structure qui, même avec une farine de qualité, reste fragile à cause de sa consistance molle, mais doit cependant être suffisamment serrée pour éviter le relâchement et le manque de force (FEILLET et al, 1994).

III.1.1.4. Cuisson

La cuisson résulte d'un échange de chaleur entre l'atmosphère du four et le produit à cuire. Elle se caractérise par une expansion et une transformation physico-chimique de la pâte

sous l'action de la chaleur (énergie calorifique ou thermique). Ces modifications assurent, par rapport aux produits non cuits, une qualité organoleptique supérieure, une meilleure aptitude à la conservation pour les produits de panification et une meilleure digestibilité. Les variations qualitatives apportées dépendent des conditions et de la conduite de cuisson par le boulanger (ROUSSEL ; CHIRON, 2003).

Le pain français est cuit directement sur la sole du four, l'atmosphère de la chambre de cuisson doit être saturée de vapeur d'eau (buée) qui a pour rôle d'éviter le croustade prématuré du pain, faciliter la coloration brillante et limiter les pertes de poids. La durée de cuisson varie avec le poids et la forme du pain (de 12 minutes pour les petits pains aux 50 minutes pour les gros pains) (FRANCOIS et al, 1994).

Une fois la pâte fermentée introduite dans le four (dont la température est réglée à 250°C), les événements physico-chimiques suivants se produisent : (CALVEL, 1984 ; FEILLET, 2000).

-Le volume du pain augmente brutalement par dilatation des gaz contenus dans les alvéoles puis, plus progressivement, jusqu'à ce que les levures soient inactivées (55°C). La dilatation des alvéoles peut devenir très importante au-dessus de 70°C, dans la mesure où les contraintes exercées par la pâte ne s'opposent pas à leur expansion (100°C) bien que la mie commence à se figer .

-L'alcool formé au cours de la fermentation se vaporise dans l'air ambiant.

Dans la mie, les enzymes sont inactivés (l' α -amylase est détruite à 70°C), l'amidon gélatinisé (entre 65 et 80°C) et les protéines thermorigidifiées (elles « coagulent » entre 70 et 90°C). Les matières grasses contribuent momentanément à la stabilité des alvéoles gazeuses ;

-La croûte commence à se former vers 90°C, se solidifie au fur et à mesure que la température de la surface extérieure du pain se rapproche de sa température finale (220°C). Se développent simultanément des réactions de Maillard qui se traduisent par l'apparition de la couleur caractéristique de la croûte.

- Une partie des alcools et des acides volatils est engagée dans la réaction d'estérification et renforce l'odeur de la mie. Des décompositions thermiques peuvent également intervenir, ce qui engendre un début de caramélisation.

La perte d'eau au cours de la cuisson varie avec la taille et la forme des pains : seule la croûte se dessèche, la teneur en eau du mie restant peu inférieur à celle de la pâte.

Globalement, la teneur en eau s'établit entre 20 et 25 % pour les baguettes. Au cours du ressuage, une nouvelle perte en eau de l'ordre de 1 à 2% se produit. (ROUSSEL ; CHIRON, 2003).

III.2. Consommation algérienne en pain :

Le pain, le «plat» préféré des algériens; aliment sacré, moteur d'émeutes, compagnon de misère et produit stratégique, le pain est le meilleur ami de l'Algérien et du Maghrébin d'une manière générale. (anonyme, 2011) .

Les ménages algériens, affectent 45 % de leur budget à l'alimentation. La consommation de pain a nettement augmenté en Algérie, précisant que, d'après les statistiques du FAO, l'Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, en collaboration avec la Fédération mondiale des boulangers, les Algériens consomment 48 600 000 pains chaque jour, soit pratiquement deux baguettes par habitant. Soit... 4.000 tonnes de pain par an occupant de ce fait, le premier rang des consommateurs de pain dans le monde. Ils optent pour le pain blanc plutôt que pour du pain à grains entiers.(anonyme, 2015).



Figure N°3 : Consommation algérienne en pain.

IV.1. Matières premières

IV.1. 1. Farine

Nous avons utilisé dans notre étude un échantillon de 50 kg de la farine de panification de type 55, distribuée pour les boulangeries, et un échantillon de 50 kg de la farine de blé mixée, produite par le groupe ERIAD-SPA- ALGER, le 14 octobre 2015, composée de 70% de la farine panifiable, 20% de la semoule super sassée fine (SSSF), 10% de la semoule courante fine.

IV.1. 2. Eau, sel, levure, huile et améliorant :

Dans les essais de préparation du pain à base de la farine panifiable et mixée, nous avons utilisé l'eau potable dans la boulangerie les frères BOUTARAA (EL OUED) et le sel de table OUDJADJ de 1 Kg.

La levure boulangère *Saccharomyces Cerevisiae* de marque VEGA, conditionnée sous vide en paquets de 500 g.

L'huile utilisée est une huile végétale de tournesol de marque ELIO de 5 litres.

L'améliorant de panification utilisé est de marque eka-pain, fabriqué en Algérie par SARL VITA MIX BARAKI-Alger de 250 g de poids.



FigureN°4 : Matières premières utilisées en panification

IV.2. Analyses de la farine :

Les analyses de la farine sont effectuées au niveau du laboratoire de ERIAD SETIF / les Moulin des oasis / spa Touggourt.

IV.2.1. Taux d'humidité :

Principe :

La teneur en eau est la perte de masse exprimée en pourcentage effectuée pendant 2h, dans une étuve réglée à 130- 133 °C à la pression atmosphérique jusqu'à l'obtention d'un poids constants.

Matériel :

- Balance automatique d'une précision de 0.01 % comprise dans l'appareil.
- Etuve BRABENDER.
- Vase métallique.

Mode opératoire :

- Peser 10 gramme à 0.01 % près de farine extraite de blé tendre et la même quantité en farine mixée.
- Mettre 10 gramme dans une vase après avoir équilibré la balance qui vient avec étuve.
- Manipuler les vases avec une pince.
- Le plateau doit toujours être tourné lentement et dans le sens des aiguilles d'une montre, pour éviter les projections qui sont une source d'erreur.



Figure N°5 : Appareil mesure de l'humidité

IV.2.2. Détermination du taux de cendre :

L'incinération du produit à analyser dans les conditions décrites dans la présente méthode, nous permet de déterminer le taux de cendre.

Principe :

Mettre le produit à analyser, préalablement broyé en cas de besoin, dans un four à moufle à $900 \text{ °C} \pm 25 \text{ °C}$ pendant 2 heures jusqu'à ce qu'il reste un résidu incombustible, une fois refroidi un aspect blanc apparaitre.

Le taux de cendres étant exprimé par rapport à la matière sèche, il faut déterminer parallèlement la teneur en eau du produit à analyser.

Réactifs :

- Alcool éthylique 90%.
- HCl 5%.

Appareillage :

- Balance analytique
- Four à moufle électrique à $900 \pm 25 \text{ °C}$.
- Capsules d'incinération en platine de référence, en quartz ou en porcelaine.
- Dessiccateur contenant de l'anhydride phosphorique.



Figure N°6 : Four à moufle électrique

Mode opératoire : **Nettoyage des capsules :**

Les capsules d'incinération peuvent être nettoyées après chaque usage par addition de HCl à différentes concentrations selon la nature des capsules. (Pour les capsules en platine, on utilise HCl 5 %).

 Pré – incinération :

Les capsules bien propres sont immédiatement calcinées au four ou sur un bec de gaz avant chaque usage, pour détruire la matière organique restant à l'intérieur, ou sur les parois et refroidies complètement dans un dessiccateur.

- Ne jamais se servir des capsules conservées à l'air libre.
- Ne retirer pas ces capsules du dessiccateur qu'au dernier moment, c'est –à – dire une fois qu'elles ont pris la température ambiante et que tout est prêt pour utilisation. Chaque capsule attend son tour d'utilisation dans le dessiccateur tenu hermétiquement fermé en dehors des prélèvements.
- Prendre les capsules à l'aide de la pince, les peser vides, puis ajouter 5 grammes de produit (farine) en répartissant de façon uniforme et en évitant de le tasser à la cuillère (risque de projection de charbon).

P1 : poids de la capsule vide.

P2 : poids de la capsule vide + 5 grammes de produit.

 Incinération :

Dans le but d'obtenir une incinération uniforme, il faut mouiller la prise d'essai avec 1 à 2 ml d'alcool éthylique distillé, avant l'incinération. Ceci permet aussi d'éviter l'autoallumage dont l'effet explosif soulève et déplace la matière hors les capsules.

La porte du four ouvert, les capsules sont prises en place à l'entrée du four (le four étant chauffé à l'avance à 900 °C). Lorsque la porte du four est fermée un courant d'air suffisant doit être maintenu, mais il ne doit pas être trop pour ne pas entraîner la matière hors les capsules.

Pour suivre l'incinération à 900 °C jusqu'à l'obtention d'un blanc après refroidissement; opération qui dure deux heures en principe.

Ainsi, les cendres qui étaient floconneuse et avides d'eau sont transformées en une masse vitreuse peu hygroscopique et il n'y aura pas de reprises d'humidité avant la pesée.

L'incinération terminée, mettre les capsules à refroidir sur une plaque pendant une minute, puis dans le dessiccateur. Fermer le dessiccateur et ne peser que lorsque les capsules ont pris la température ambiante au bout de 30 minutes environ. Les capsules doivent être manipulées avec la pince, et éviter tout contact de la pince avec les cendres.

P3 : poids de la capsule + cendre.

□ **Expression des résultats :**

Le poids des cendres est d'abord calculé en pourcentage de matière humide, puis rapporté à la matière sèche. Le taux de cendres correspond à la proportion de cendres fournie par cent (100) parties de matière sèche.

P1 : poids de la capsule vide

P2 : poids de la capsule vide + 5 grammes de produit.

P3 : poids de la capsule vide + cendres.

Le pourcentage de cendres par rapport à la matière sèche est calculé comme suit :

$$T_{cM.s} = \frac{P3-P1}{P2-P1} \times 100 \times \frac{100}{100-H}$$

Alors, le pourcentage de cendres par rapport à la matière humide est :

$$T_{cM.h} = (P3-P1) / (P2-P1) \times 100$$

M : est la masse, en gramme du résidu.

H : est la teneur en eau du produit, exprimée en % de l'échantillon.

IV.2.3. Dosage du gluten :

Principe :

Le gluten sec représente la fraction insoluble d'un pâton de farine recueillie, sous un filet d'eau par malaxage essorage et séchage. Le gluten de la farine comprend les protéines insolubles, augmenté du reste des substances non azotées (grasses, minérales... etc).

Ce dosage constitue un moyen approximatif simple d'appréciation de la quantité et de la qualité des protéines insolubles, il permet de déceler des altérations que ne révèlent pas les analyses chimiques. Bien que sur le plan quantitatif la teneur en protéines donne des résultats peut précis et plus reproductibles. La détermination du gluten reste encore utilisée en particulier pour le blé.



Figure N°7 : Glutamique

Appareillage et réactif :

Réactif :

Eau salée de 2.5 % (cette solution doit être utilisée à une température comprise entre 18 et 22 °C).

Appareillage :

- Tamis de toile de cuivre.
- Mortier en porcelaine.
- Glutamique.
- plaque en Nickel.

Mode opératoire :

- Peser 10 g de la farine.
- Déposer dans un tamis.
- Ajouter quelques goûtes d'eau de robinet.
- Placer le petit tamis dans le glutamique.
- Mettre l'appareil en marche pour le pétrissage.
- Laver le gluten avec l'eau de robinet jusqu'à ce que l'eau devient claire.
- Peser la pâte obtenue pour déterminer le poids du gluten humide.
- Déposer le gluten ainsi essoré sur une plaque en Nickel.
- Placer la plaque dans l'étuve entre 110- 115 °C pour sécher le Gluten.
- Peser le gluten sec obtenu.

On utilise ces résultats pour calculer la capacité d'hydratation du gluten selon l'équation suivante :

$$\text{Capacité d'hydratation du gluten} = \frac{(\text{Gluten humide} - \text{Gluten sec}) \times 100}{\text{Gluten humide}}$$

IV.2.4. Détermination du taux d'affleurement (granulation) :**Principe :**

La détermination du taux d'affleurement est réalisée à l'aide d'un plansichter possédant un tamis à 155 A° d'ouverture des mailles. Le taux d'affleurement est la quantité de farine ou de semoule extraite ou refusée par un tamis dont l'ouverture de maille est choisie en fonction de finesse du produit à analyser.



Figure N°8 : Plansichter de laboratoire

Matériels :

- Plansichter de laboratoire.
- Tamis en nylon ou en soie
- Balance analytique.

Mode opératoire :

- Introduire dans un tamis 100 g de farine, déposer dans chaque tamis 2 ou 3 boules de caoutchouc, qui assurent le nettoyage des garnitures et le diagramme de la surface de blutage.
- Fermer par le couvercle la boîte réceptrice inférieure à l'aide de la main droite.
- Mettre le tamis en mouvement entre 5 et 15 minutes.
- Ouvrir les tamis et procéder au passage des refus de chaque tamis, veiller à ce que les particules qui se trouvent entre les mailles soient détachées et les pesées, elles sont considérées comme refus.
- Répéter l'opération au-delà de 25min pour éviter la pulvérisation du produit par frottement sur tamis.

Expression des résultats :

Farine courante (production) = 100 % d'extraction sur tamis N° 7xx ù

Farine courante (sassage) = 100% d'extraction sur tamis N° 7xx ù

La granulation d'un produit dépend de plusieurs facteurs qui sont :

- La nature du blé et son humidité avant la mouture.
- Le taux d'extraction.
- Les différents appareils de mouture.

IV.2.5. Essai à l'alvéographe Chopin :

L'alvéographe Chopin est un appareil utilisé pour la mesure de la valeur boulangère d'une farine.



Figure N°9 :L'appareil Alvéographe Chopin

Principe:

La méthode consiste à faire passer progressivement sous l'influence d'un courant d'air, un fragment de pâte de masse sous forme de disque de l'état compte à celui d'une membrane mince, jusqu'à la limite naturelle de l'extension de la pâte où se produit un orifice de rupture.

L'enregistrement d'une courbe sur un cylindre enregistreur, permet d'apprécier la caractéristique boulangère de la farine, d'après la grandeur, la forme des courbes et le volume de la bulle au moment de la rupture.

Réactifs :

- Solution de chlorure de sodium à 2.5 %.
- Huile d'arachide ou huile de paraffine.

Appareillage :

- Alvéographe Chopin.
- Eprouvette graduée, capacité 200 ml, précision 0.2 ml.
- Balance.
- Erlenmeyer 250 ml.
- Chronomètre électronique.
- Planimètre (les abaques) fournis par le constructeur.

Mode opératoire :

- Préparation de l'échantillon.
- Détermination de la teneur en eau de la farine.
- Contrôle de la température ambiante (18-22°C), farine (20±5°C), «Pétrin et Alvéographe (25±0.2°C).
- Prise d'essai : peser 250 g de farine à 0.5 près.
- Préparation de la solution de NaCl à ajouter à la farine.
- Pétrissage
- Extraction – mise en forme et repos des pâtons.
- Essai à l'alvéographe des éprouvettes de pâte.

Expression des résultats :

L'alvéogramme obtenu est une courbe qui représente l'évolution de la pression à l'intérieur de la bulle formée en fonction du temps. Cette courbe permet de déterminer les paramètres suivants : la ténacité de la pâte «**P**», la longueur «**L**», le rapport «**P/L** », le gonflement **G** et le travail de déformation «**W** ».

 La ténacité de la pâte « P » :

C'est la moyenne des ordonnées maximales mesurée en millimètre multipliée par le coefficient K (K = 1.1) qui représente la surpression maximale (AFNOR, 1191).

De fait que les essais ont été effectués à l'hydratation constante, l'ordonnée maximale est plus grande, donc il faut ajouter plus d'eau pour obtenir une pâte de bonne consistance (COLAS, 1991).

□ **Longueur « L » :**

L'abscisse à la rupture de chaque courbe est mesurée en millimètre sur la ligne de zéro à partir de l'origine des courbes jusqu'au point correspondant verticalement à la chute nette de pression due à la rupture de la bulle. La moyenne des abscisses des courbes représente la longueur L (AFNOR, 1191).

La valeur de L peut s'échelonner de 30 à 180. On parle donc des farines (courtes) ou (longues). Une valeur de 100 est considérée comme bonne.

□ **Rapport « P/ L » :**

C'est le rapport de configuration de la courbe qui traduit l'équilibre du diagramme [33]. Ce rapport donne une indication sur l'équilibre entre la ténacité et l'extensibilité de pâte [34]. Donc, en fonction des valeurs de ce rapport, la farine peut être orientée vers la fabrication qui lui convient (Tableau n°10) (CHERIET, 2000).

Tableau N°10 : (CHERIET, 2000) Utilisation de la farine selon le rapport de configuration.

Type de farine	Valeur « P/L »
Farine panifiable	0.50 – 0.80
Pâte peu résistante et moyennement extensible	0.50
Pâte très résistante et moyennement extensible	1.50

□ **Indice de gonflement « G » :**

Le gonflement « G » est la moyenne du gonflement correspondant aux abscisses de rupture, obtenue par l'abaque de gonflement. Cet indice exprime l'extensibilité de la pâte, c'est un critère important de la qualité des blés et des farines (CALVEL, 1984).

Le gonflement « G » se déduit par le calcul à partir de « L » : $G = 2.22 \times L$ (BAR , 1995). Pour une valeur de « G » comprise entre 21 et 24 ce qui présent un bon gonflement et lorsqu'elle est plus de 23 la farine ne peut être utilisée qu'en mélange.

□ **Travail de déformation « W » :**

Le « W » est la caractéristique la plus constante qui représente le travail de déformation d'un gramme de pâte obtenue dans des conditions bien définies (COLAS, 1991).

Le « W » proportionnel à la surface de la courbe, et associé à la notion de force boulangère.

Le « w » est exprimé en 10⁻⁴ joules rapportés à un gramme de pâte (BAR , 1995) .

$$W = 6.54 \times S \text{ 103 ergs}$$

S: surface de l'alvéogramme en cm².

La surface de l'alvéogramme à été mesurée à l'aide de l'abaque planimétrique fourni avec l'appareil. Selon les valeurs de « W », la qualité des farines peuvent être appréciées.

Selon « W » on peut distinguer 3 types de farine :

- $W < 130$ farine faible.
- $130 < W < 180$ farine moyenne.
- $W > 180$ farine forte.

IV.3. Protocole de panification

Nous avons établi un diagramme général de panification comprenant les étapes de fabrication du pain (figure N°10) :

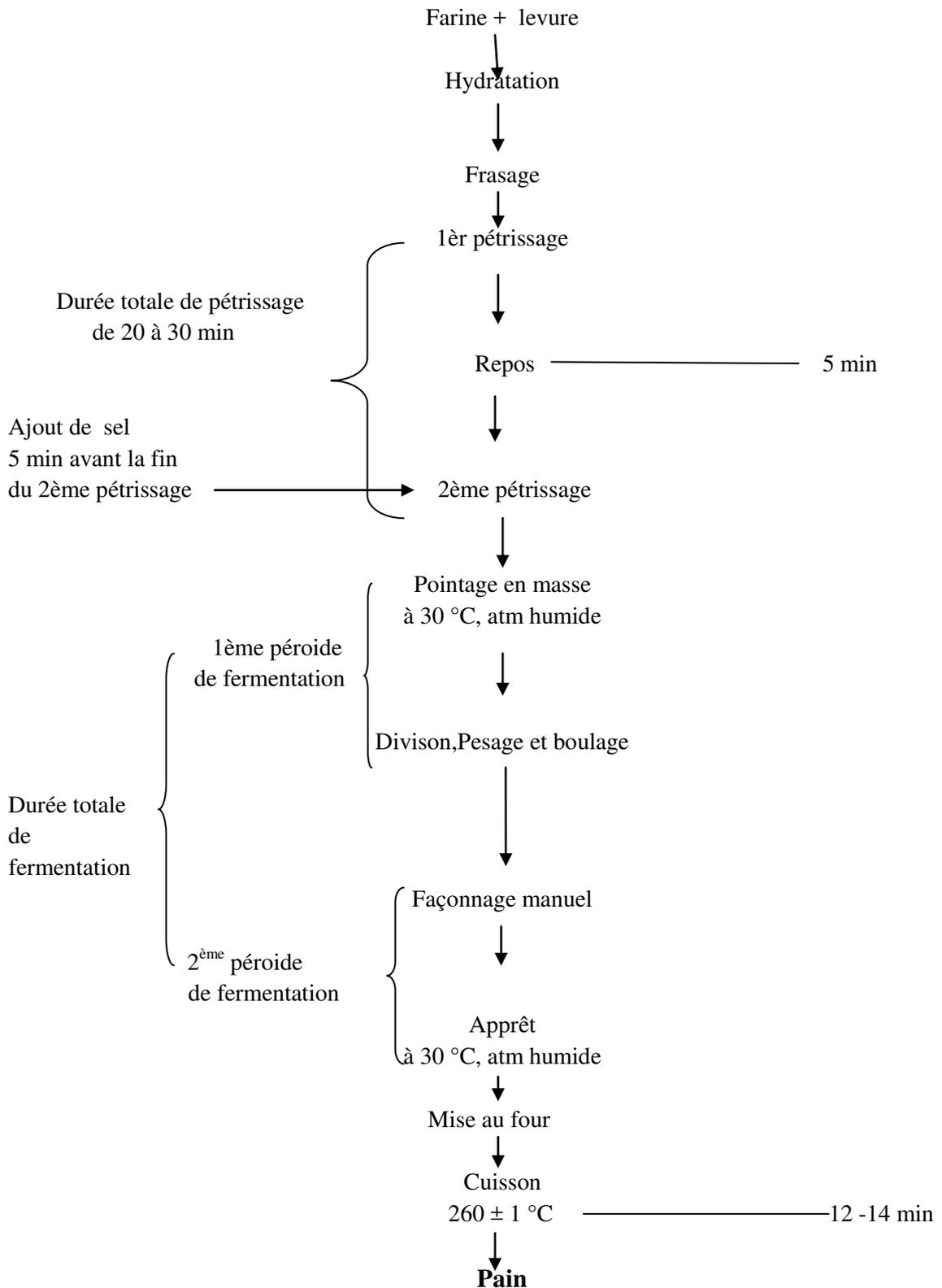


Figure N°10: Schéma général de panification.



Figure N°11 : Pétrin utilisé dans la panification



Figure N°12: Four rotatif pour la cuisson du pain

V.1. Analyses de la farine :

V.1.1. Analyse de la farine panifiable

V.1.1.1. Taux d'humidité :

Le taux d'humidité déterminé à l'aide de l'humidité-mètre de la farine est de 14,50 %. Cette valeur est conforme aux normes , conformément au Décret N°91-572 .

V.1.1.2. Taux de cendre :

La teneur en cendres enregistrée pour la farine est de 0.58 %, qui est aussi conforme aux normes (entre 0.56 et 0.67 %).

Le taux de cendres d'une farine constitue l'une des caractéristiques de la pureté de celle-ci et peut aider à déterminer le taux d'extraction d'une farine (PAUL, 1984). Plus le taux d'extraction est faible, plus la teneur en cendres est faible et réciproquement. Le taux de cendres varie dans le grain, selon la variété de blé, la région de culture, les méthodes culturelles, l'origine histologique et l'année de récolte.

V.1.1.3. Dosage du gluten :

Le taux de gluten sec mesuré est de 8,50 %.. , cette valeur est acceptable par rapport à la norme exigée (entre 8 et 12 %).

V.1.1.4. Taux d'affleurement (granulation) :

Le taux d'extraction de la farine panifiable au tamis 7 xx (0.193mm) est de 95,52 % qui est conforme à la norme Algérienne (>95 %).

V.1.1.5. Essai à l'alvéographe Chopin :

Les résultats des analyses rhéologiques de la pâte de la farine panifiable obtenus sont mentionnés dans le (Tableau N°11).

Tableau N°11: Tableau représentatif des caractéristiques alvéographiques de la farine.

Paramètres	W (10^{-4} joules)	G (cm^3)	P/L
Valeurs	185	19.85	0,96

Le classement des farines se fait selon leur travail de déformation W (CALVEL, 1984):

- La farine est dite faible, si sa force boulangère est inférieure à 130×10^{-4} joules.
- Elle est qualifiée comme moyenne, si W est comprise entre 130×10^{-4} et 180×10^{-4} joules.
- Une farine forte possède une W supérieure à 180×10^{-4} joules.

D'après les résultats du tableau, on constate que la farine est forte et bonne qualité parce qu'elle est conforme aux normes.

V.1.2. Analyse de la farine mixée :

Les résultats des analyses réalisées sur la farine mixée sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau N°12 : résultats des analyses de la farine mixée.

Paramètres	Valeurs
Teneur en eau (humidité)	15.0%
Teneur en cendre	0.95%
Granulométrie	95%
Teneur en gluten	8%

Interprétation :

D'après les résultats obtenus, nous constatons que la nouvelle farine est conforme aux normes de la farine panifiable .

- **Essai l'alvéographe Chopin :**

Les résultats des analyses rhéologiques de la pâte de la farine mixée obtenus sont mentionnés dans le (Tableau N°13).

Tableau N°13: Tableau représentatif des caractéristiques rhéologiques de la farine mixée.

Paramètres	W (10^{-4} joules)	G (cm^3)	P/L
Valeurs	225	18.52	1.23

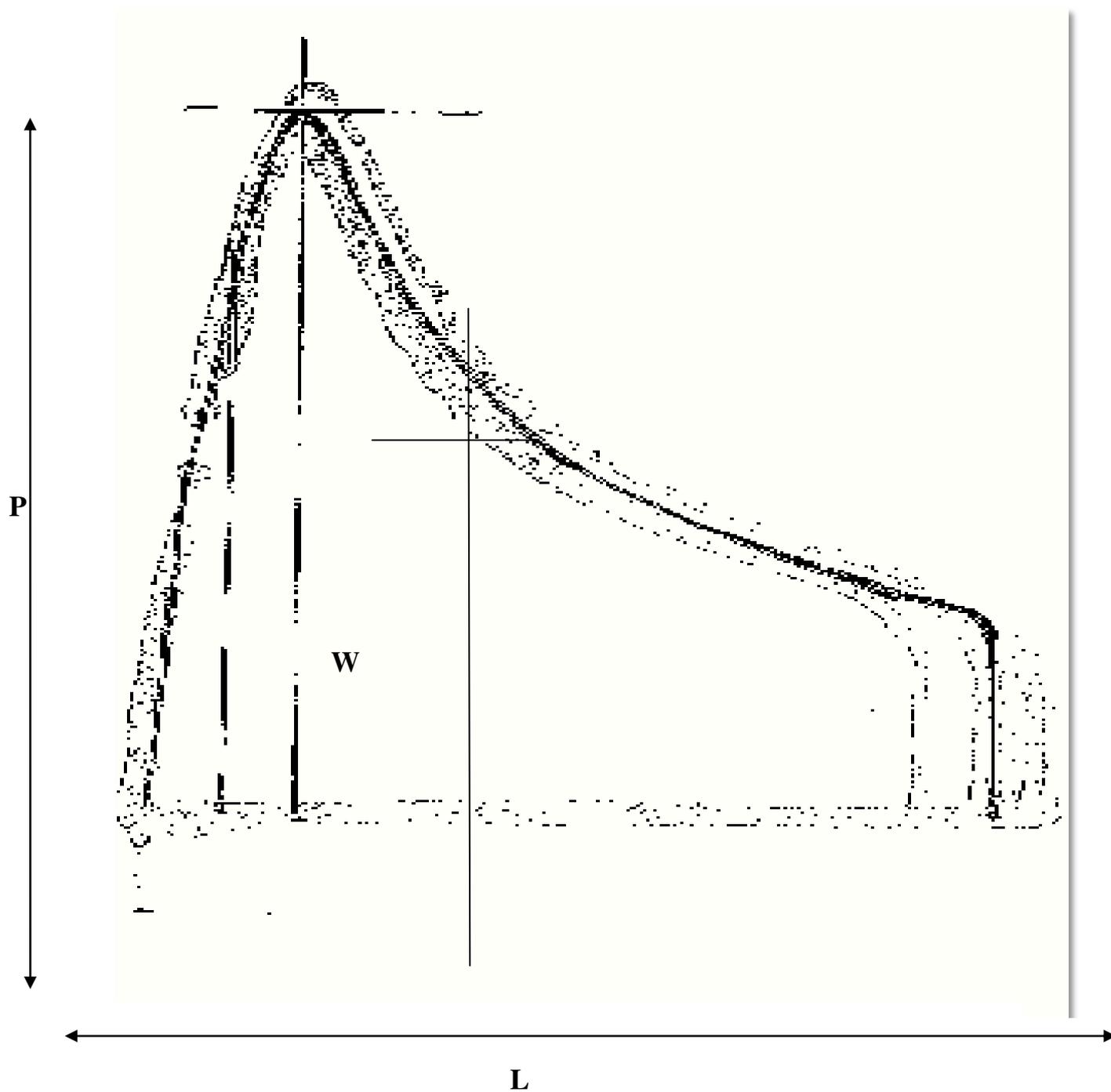


Figure N°13 : courbe alvéographique de pâte à base de la farine mixée

Interprétation :

L'alvéographe montre la qualité supérieure de la farine mixée puisque sa force boulangère (travail de déformation **W**) est supérieure à 180×10^{-4} joules (farine forte).

L'indice de gonflement (**G**) représente l'extensibilité et l'aptitude de la pâte à se déformer facilement sans se rompre. La panification devient très difficile pour des valeurs inférieures à 17cm^3 (COLAS, 1991). D'après le décret n°91-572 relatif à la farine de panification, le résultat obtenu 18.52cm^3 montre que notre farine présente un bon gonflement.

Le rapport P/L traduit l'équilibre des alvéographes des farines (COLAS, 1991). Selon CALVEL (1984), l'allure équilibrée de la courbe est une notion importante qui passe même avant le **W**. Le P/L de notre farine est 1.23 ce qui traduit la bonne élasticité de la pâte.

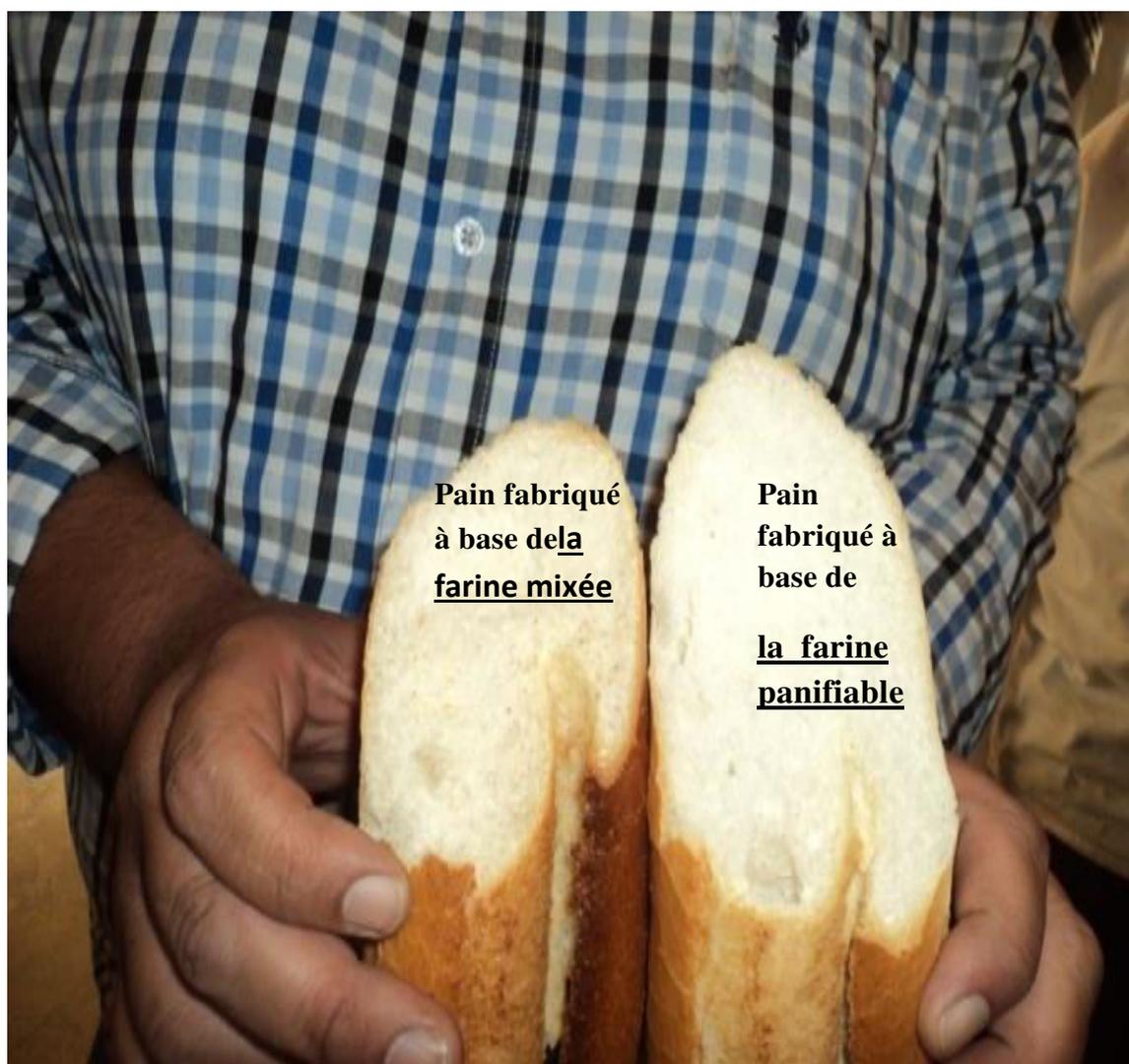


Figure N°16 : comparaison entre le pain fabriqué par la farine panifiable et la farine mixée

V.1.3. Comparaison des résultats des analyses entre les deux farines :

Tableau N°17 : Comparaison qualitative entre la farine panifiable et la farine mixée

Type de farine Composition (%)	Farine panifiable T55	Farine mixée
Teneur en eau	14-16	15
Protéines	8 à 12	10.6
Matières grasses	1.20 à 1.40	1.19
Amidon	55	53.25
Vitamines	B1, B2, B3, B6 et E	B1, B2, B3, B6, B9 et E
Fibres alimentaires	2.8	7.6

D'après le tableau, ci dessus, on remarque que la farine mixée est plus riche en fibres alimentaires et en protéines que la farine panifiable se qui rend celle-ci d'une valeur nutritionnelle aussi élevée que celle de la farine panifiable.

V.2. Etude économique :

V.2.1. Comparaison du pain fabriqué par les deux variétés de la farine utilisée de point de vue économique :

Tableau N°14 : comparaison du coût de revient de la baguette du pain à base de la farine panifiable (subventionnée) et de la farine mixée.

PARAMETRES	PAIN A BASE DE FARINE SUBVENTIONNEE		PAIN A BASE DE FARINE MIXEE	
	QUANTITE	COUT (DA)	QUANTITE	COUT(DA)
Farines (kg)	100	2000.00	100	1900.00
Levures (kg)	1.5	510.00	1.5	510.00
Améliorant (g)	300	90.00	300	90.00
Sel (kg)	1.5	13.500	1.5	13.500
Eau (litre)	40	20.00	40	20.00
Huile de graissage (litre)	2.5	300.00	2.5	300.00
Electricité et Gaz	/	75.00	/	75.00
Main d'œuvre	5	720.00	5	720.00
CNAS	/	10.00	/	10.00
CASNOS	/	37.5	/	37.5
Impôts	/	17.12	/	17.12
Coût de revient de 522 baguettes	/	3793.12	/	3693.12

D'après le tableau, nous avons conclu que le pain fabriqué à base de la farine mixée est économique par rapport au pain fabriqué à base de la farine panifiable, en effet, la différence est de 100 DA/Qx soit dans 522 baguettes en se estimant le prix de la nouvelle farine (subventionnée) à 1900 DA/Qx selon les responsables du groupe ERIAD.

V.2.2.Capacité de production en farine des différents moulins de la wilaya de Ouargla :

Afin d'étudier les différentes orientations des quantités de la farine panifiables produites, nous avons pris comme exemple, le cas de la Wilaya de Ouargla qui comprend 7 minoteries. Nous avons trouvé que la capacité globale de production du 1^{er} trimestre de l'année en cours (2016) est de 326820Qx/trimestre. Les résultats sont détaillés dans le tableau ci-dessous.

Tableau N°15 :capacité de la production des différentes minoteries de la wilaya de OUARGLA; trimestre 2016(DRC Ouargla).

Opérateurs économiques	Adresse commerciale	Capacité de production réelle (QX/mois)	Capacité de production (QX/ Trimestre)
Moulins EL KHADEM	Zone industrielle BP /RP 579 OUARGLA	4420	13260
SNC moulins KHAYRAT	Cité SAID OTBA OUARGLA	5200	15600
EURL MOPROS	Zone d'activité-sidi khouiled	22100	66300
SARL SOMPAS	Zone industrielle OUARGLA	14820	44460
SPA DJEDEI	HAI RIMEL 1 TOUGGOURT	31200	93600
Moulins GANOUBA ET FRERES	Zone industrielle Meggarine Bloc 131 N° 01 TOUGGOURT	31200	93600
Moulins des oasis Touggourt	Zone industrielle Touggourt	39000	117000
Totaux	/	108940	326820

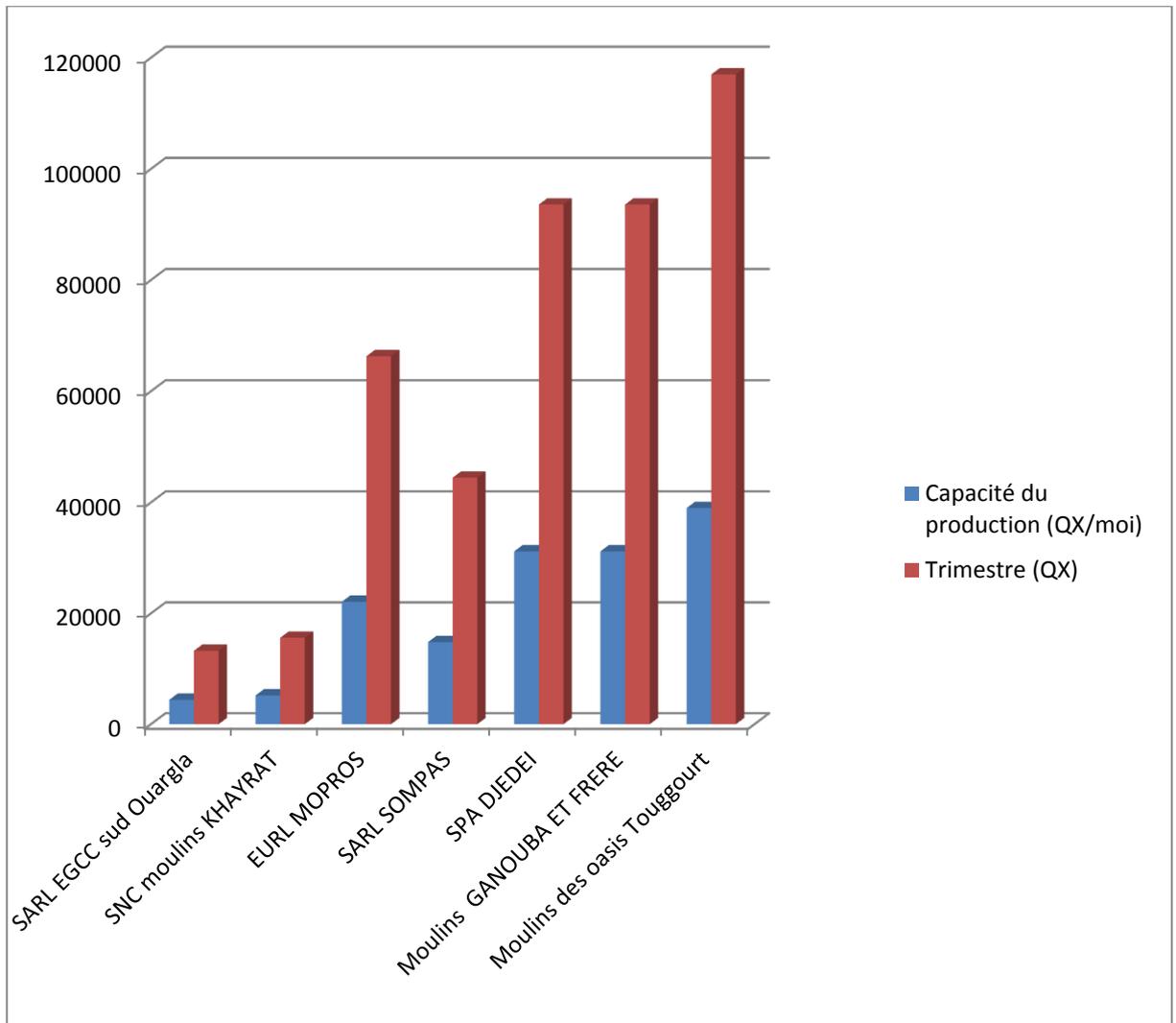


Figure N°14 : Capacité de la production en farine panifiable des différents moulins de la wilaya de Ouargla

Interprétation

L'héogramme montre que les plus grands producteurs du farine dans la wilaya de Ouargla sont : Les Moulins des oasis Touggourt (39000 QX/Mois) ; Les Moulins GANOUBA ET FRERE et SPA DJEJEL (32000 QX / mois).

V.2.3. Etat mensuel et trimestriel de vente de la farine panifiable :

Tableau N°16 : Etat mensuel et trimestriel (2016) de vente de la farine panifiable aux opérateurs économiques (boulangeries et autres)(DRC Ouargla).

Minoterie	Quantité vendue aux boulangeries (par QX)			Quantité vendue aux autres (par QX)		
	janvier	février	mars	janvier	février	mars
SPA DJEDEI Touggourt	0	0	0	33498	20710	17138
SNC moulins KHAYRAT Ouargla	2275	2232,5	2434,5	35,55	35	145,1
SARL SOMPAS Ouargla	6681,5	5427,5	6165	3682	3456,55	3945
SARL EGCC sud Ouargla	2184,25	1600	1778,5	297,75	968	1125,5
EURL MOPROSSidi khouiledOuagla	445	100	775	14525	13200	12800
Moulins GANOUBA Touggourt	350	475	400	13950	13000	9500
Moulins des oasis Touggourt	1445	2000	3147	7600	5903	4420
Total mensuel	13380,75	11835	14700	73588,3	57272,55	49073,6
Total (1er trimestre)	39915,75			179934,45		

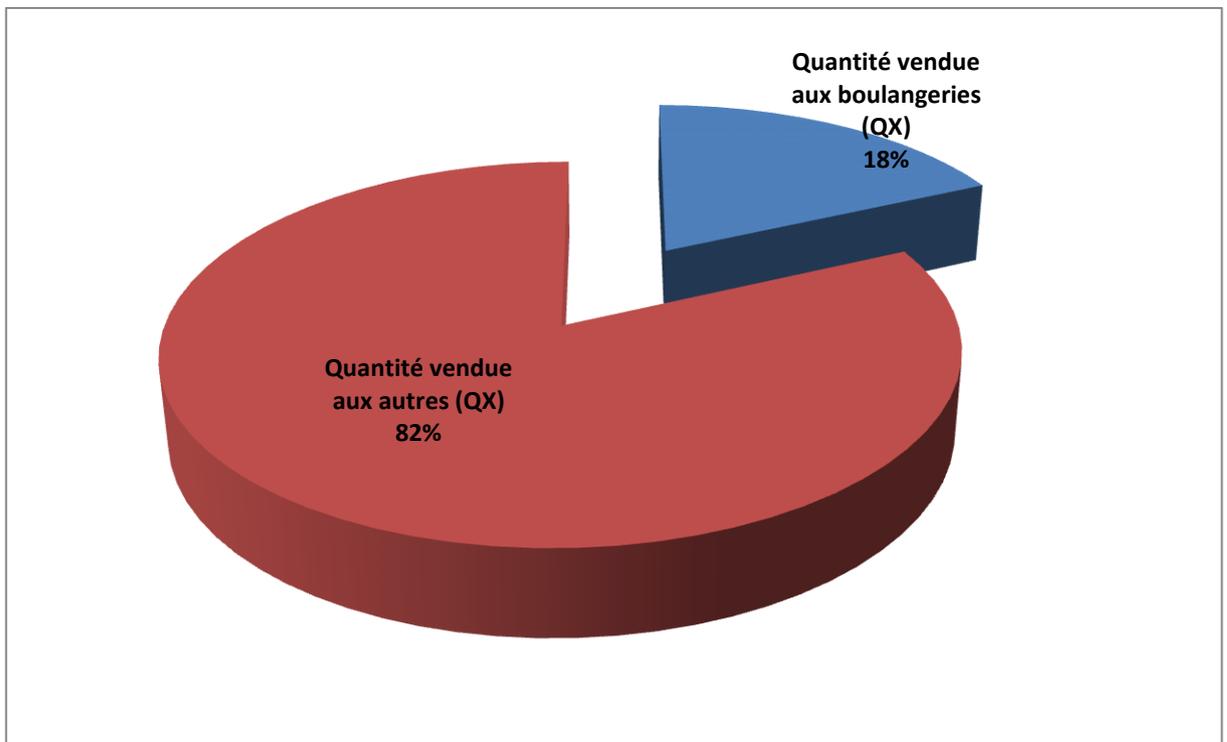


Figure N°15 : Quantité du farine panifiable vendue aux boulangeries et autres.

Interprétation :

Le tableau N°16 et la figure N°15 montrent que la quantité de la farine subventionnée vendue aux divers opérateurs économiques (pour la fabrication du biscuits, pâtisseries et pizzas...) est trop élevée (**82%**) que la quantité de farine subventionnée vendue aux boulangeries (**18%**), ce qui montre que la farine panifiable prend d'autres clients à part les boulangeries.

V.2.4. Etude économique en cas d'utilisation de la nouvelle farine :

Pour avoir le bénéfice annuel en cas d'utilisation de la nouvelle farine (farine mixée), au niveau de la Wilaya de Ouargla, nous avons procédé à un calcul estimatif en suivant les étapes suivantes :

- Le prix du blé au marché mondial (mars 2016) estimé a 1755.00 DA/Q.
- Les charges (transport, assurance,...) =150.00 DA/Q.
- Alors le prix du blé est estimé à **$P_1=1905.00$ DA/Q.**
- Supposant que le bénéfice de l'importateur est de 1% soit : 19.05 DA/Q.
- Alors le prix devient **$P_2=1924.05$ DA/Q.**
- La valeur de la taxe ajoutée est 17% = 327.08 DA.
- Donc le prix de vente de l'importateur aux opérateurs (moulins) est **$P_3=2251.13$ DA/Q.**
- Le coût de revient de la mouture est 360.67 DA/Q.
- La somme des deux derniers prix est le **$P_4 : 2611.80$ DA/Q.**
- Le bénéfice de l'opérateur (minotrie) est 2% : 52.23 DA.
- Le **P_5** est alors de **2664.036 DA/Q.**
- La valeur de la TVA qui est 7% est 186.48 DA.
- Donc le prix réel de vente de la farine panifiable aux différents opérateurs économiques (les autres) sans subventions est : **$P_{réel}=2850.51$ DA/Q.**
- Le gain : c'est la différence entre le prix réel de la farine panifiable est le prix subventionné.

$$P_{réel} - P_{subventionné} = 2850.51 - 2080.00$$

$$\text{LE GAIN} = 770.52 \text{ DA/Q}$$

Notre étude concernant uniquement la wilaya de Ouargla, donc le gain de l'état dans le trimestre est : $770.52 \times 179934.45 = 138643092.414$

Le gain trimestriel est 138643092.414 DA.

Soit un gain annuel de $138643092.414 \times 4 = 554572369.65$ DA

Interprétation

Le gain de l'état, en cas d'utilisation de la farine mixée, dans la Wilaya de Ouargla, est estimé à 554 572 369.65 DA, ce chiffre est très important et montre l'utilité de l'utilisation de ce type de farine dans l'immédiat que possible, d'une part et réduire la facture d'importation D'autre part.

Conclusion

Vu la crise économique que l'Algérie a vécu, l'état cherche des solutions pour diminuer la facture d'importation. L'importation du blé, matière première de la farine destinée à la fabrication du pain, en Algérie, et la subvention du prix de celle-ci, coutent le trésor de l'état une facture considérable.

L'utilisation de la nouvelle farine, pour la fabrication du pain, peut réduire la facture en utilisant la semoule produite localement et évitera son changement de destination vers d'autres créneaux.

La farine mixée, proposée comme solution par le groupe ERIAD et la FNB est composée de 70% de farine panifiable, 20% de semoule ordinaire et 10% de SSSF.

Les résultats de notre étude sur cette farine, montrent qu'elle est dans de meilleure qualité, les analyses physicochimiques révèlent que celle-ci présente un taux d'humidité de 15%, 95% en cendres, 95% de granulométrie, 8% de gluten. Sa pâte présente de bonne caractéristiques alvéographiques, en effet, la valeur de la force boulangère est de $225 \cdot 10^{-4}$ joules, un gonflement de $18,50 \text{ cm}^3$ et une élasticité de 1,23. Son pain est de bonne qualité nutritive et dégustative.

Du point de vue nutritionnel, la farine mixée est plus riche en fibres alimentaires (rôle essentiel pour la digestion) et en protéines (rôles important pour l'immunité et les différents systèmes dans l'organisme) que la farine panifiable.

Du point de vue économique, l'utilisation de cette farine va certainement réduire les spéculations et la réorientation de la farine panifiable par les opérateurs économiques vers d'autres créneaux ce qui revient à éviter l'état d'énormes pertes économiques. De même son utilisation va nécessairement réduire la facture d'importation du blé.

- 1-ABECASSIS, J. MABILLE, F., HADDAD, Y., AUTRAN, J-C. et BENET, J-C (1997).** La dureté des blés : état des connaissances actuelles. Industrie des céréales de l'ONIC ; N°106, pp. 11-17.
- 2-ADRIAN J., POTUS J., FRANGNE R. (1995).** La science alimentaire de A à Z. 2ème édition. Tec et Doc. Lavoisier. Paris. 457p
- 3-AFNOR (1991) .,** Contrôle de la qualité des produits alimentaires ; céréales et produit céréaliers.
- 4-ALLEN ; J. E. SPRADIN (1974).**, Amylase and their properties the bakers digest, p. 14 – 23 .
- 5-ANONYME, (2011) ;** www.slateafrique.com/28189/algerie-histoires-de-pain-alimentation-politique-economie.
- 6-ANONYME,(2015) ;**www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003426615010550.
- 7-ANONYME, (2016) ;** www2.horizons-dz.com/De-la-farine-mixee-pour-le-pain- .
- 8-BAR, C (1995).** Contrôle de la qualité des céréales et protéagineux. Ed. Tec et Doc. Lavoisier, Paris. pp. 156-168.
- 9-BARD, M (1997).** Le cahier des charges des farines : signification interprétation, limites des mesures analytique sur les farines. Industries des céréales, N°103. pp. 7-13.
- 10-BRANLARD, G., FELIX, I., LEBLANC, A., KOENIG, J., BODET, C., MARION, D. et MAHAUT, B (1997).** La dureté des blés sélectionnés en France : évolution et conséquence. Industries des céréales de l'Apic, N°101, pp. 5-9.
- 11-BRANLARD, G (1998).** Solutions et limites actuelles dans l'amélioration de la valeur d'utilisation des blés. Industrie des céréales de l'ONIC, N°107, pp. 15-19.
- 12-BRENNAN, P (1984).** La meunerie. In : céréales et oléagineux, maturation, commercialisation, transformation. Ed. Institut international di Canada pour le grain Winnipeg, Manitoba. 3^{ème} édition, pp. 571-620.
- 13-BORNET.F (1992).** Le pain et produit céréaliers, alimentaire et nutrition humaines Edition , ESF. Paris , P.1533.

- 14-BOURDREAU, A. et WORDEN, G. La meunerie (1992).** In : Le blé, éléments fondamentaux et transformation. Ed. Les presses de l'université de Laval Sainte Foy, pp. 25-38.
- 15-BOULEGHIE.R ; OUABED.K (2002).** Mémoire de fin d'étude d'ingénieur d'état, département de nutrition de l'alimentation et des technologies agro alimentaires, D.N.A.T.A.A, P .19- 34.
- 16-BURE J. (1979) .**Le pain. Acte du colloque du C.N.E.R.N.A. Edition C.N.R.S. Paris.243p
- 17- CALREL.R (1975).** fabrication de produits alimentaire .
- 18-CALVEL (1984).** La boulangerie moderne , Ed Egorle. France , P. 459.
- 19-CHARDOUH (1999).** Caractéristique biochimique et génétique des réserves de blés durs algériens (tritium durum) . Relation avec la qualité., Thèse de magister, P. 73 .
- 20 -CHARGELEGUE A., GUINET R., NEYRENEUF O., ONNO B., POITRENAUD B. (1994).** La fermentation. In : la panification française. GUINET R., GODON B. Tec. Et Doc. Lavoisier. Paris. 238-324
- 21-CHASSERAY, P (1991).** caractéristiques physiques des grains et de leurs dérivés. IN : Les industries de première transformation des céréales. Ed. Tec et Doc. Lavoisier, Paris, pp. 105-108.
- 22-CHEFTEL J.C. (1977).** Introduction à la Biochimie et à la Technologie des aliments. Lavoisier, Paris, P. 105-142.
- 23-CHERIET. G (2000).** Étude de la galette différent types recettes et mode de préparation, P . 99.
- 24-COLAS.A (1991).** Définition de la qualité des farines pour les différentes utilisations, P.580- 287.
- 25-D'ACOSTA (1986).** Le gluten de blé ses applications , Ed : Paria , paris , France , P. 126.
- 26- DELACHAUX (1983) .,** Alimentaire boulanger - pâtissier Édition aspes,P : 7 –8 .

- 27-DUBOIS, M (1994).** Le contrôle. In : La panification française. Ed. Tec et Doc. Lavoisier, Paris, pp. 506-519.
- 28-DUBOIS, M (1996).** Les farines : Caractéristiques des farines et des pâtes. Industries des céréales de l'ONIC, N°97, pp. 19-29.
- 29-FAO (1990).** Utilisation des aliments tropicaux : céréale , légumes secs , légumineuse , produits dérivés ,et protéines végétales programme mixte FAO/ OMS sur les normes alimentaires , volume 7.2 édition . P. 101.
- 30-FEILLET P., GUINET R., MOREL M.H., ROUAU X. (1994).** La pâte : formation et développement. In : la panification française. GUINET R., GODON B. Tec. et Doc. Lavoisier. Paris. 226-276.
- 31-FEILLET Pierre (2000).**, Le Grain de blé: composition et utilisation , Editions Quae, P.124-128.
- 32-FRANÇOIS J., GOUET P., GODON B., LÉVÉQUE B. (1994).** La cuisson. In : la panification française. GUINET R., GODON B. Tec. et Doc. Lavoisier. Paris. 328-369.
- 33-GRANDVOINNET, P (1991).** la valeur meunière des blés. In : Les industries de premières transformations des céréales. Ed. Tec et Doc. Lavoisier, Paris, p. 221-233.
- 34-GRANDVIONNET ; B. PRAIX (1994) .**, Les ingrédients des pâtes , Farines mixtes, P. 100-131 .
- 35-GODON.B (1982).** Valeur meunière et boulangère des blés tendres et de leurs farines conservation et stockage des grains et produit dérivé céréales, oléagineuse protéagineux aliments pour animaux, p. 1009 –1028.
- 36-GODON, B et WILLM, C (1991).** La Composition biochimique des céréales. In les industries de première transformation des céréales .Ed .Tec& Doc, Lavoisier , Paris, pp. 77-85.
- 37-GODON ; et R. GUINET(1994).** La panification ,Edition Lavoisier Tec et Doc, New York,P. 552.

- 38-GUINET (2006).** Technologie du pain français ; In , pain et nutrition P.P.I.S, (Ed) paris. P.75 .
- 39-I.T .C.F (1995).** Contrôle de la qualité des céréales et protéagineuse guide pratique Ed, I.T.C paris . P. 253.
- 40-LAHBABI Amel, M. Abdel Ilah JIB, M. Yahya MOUSSA.,** guide pratique de la fortification de la farine.(2004).
- 41-LEVAVASSEUR L (2007).** Suivi simultané de la consommation d'oxygène et de la consistance des pâtes de farine de blé à l'aide d'un pétrin instrumenté (le sitoxygraphe) : tentative d'explication biochimique et rhéologique. Application à l'ajout de laccases. Thèses de doctorat. Agro. Paris Tech. France .415p.
- 42-MARTIN, G (1994).** Comment mieux appréhender la qualité des variétés. Industrie des céréales de l'ONIC, N°71, pp. 15-18.
- 43-MONTESSINOS, F (2003).** Le blé, « [http : // www. Technoboulanges.com](http://www.Technoboulanges.com) »
- 44-ROUSSEL, P (1984).** Tests de panification. In guide pratique d'analyses dans les industries des céréales. Ed. Tec &Doc, Lavoisier, Paris, pp. 511-543.
- 45-ROUSSEL P., CHIRON H. (2003)** Les pains français : évolution, qualité, production. MAÉ-ERIT. 293p.
- 46-SAUVANT (1979).** Les céréales (encyclopédie des techniques agricoles), N° 25, Ed : Saita. paris .
- 47-SELSELET (1991).** Technologie des céréales et produits dérivés . Institut de technologie agricole de Mostaganem. P.147.
- 48-SERVIUE (1948) .,** Valeur alimentaire et al, Manuel d'alimentaire humaines. Les aliments tome 2. Edition : technique et documentation, la voisin, paris (1984) P. 516.
- 49-SUCHET, P (1995).** influence du nettoyage et de la préparation des blés sur la qualité sanitaire des produits de la mouture. Industrie des céréales de l'ONIC, N°73, pp. 18-25.
- 50-PAUL (1984),,** Céréale et oléagineux manutention , commercialisation , transformation-institut international du Canada pour le grain Winnipeg , Manitoba – la meunerie – , P .579.

51-POITRENAUD B. (1994). La levure. In : la panification française. GUINET R., GODON B. Tec. et Doc. Lavoisier.Paris. 165-200.

52-VINOGRADOVA, A (1981). Guide des travaux pratiques sur le contrôle technico-chimique du blé et ces dérivés. Institut national des industries légères. Boumerdes, p. 1-31.

ملخص:

هذا العمل هدفه دراسة نوعية و اقتصادية لفرينة جديدة مقترحة مكونة من خليط به 70 % من الفرينة العادية و 20 % من السميد العادي و 10 % من السميد الدقيق جدا الدراسة النوعية للفرينة الجديدة بينت أنها ذات جودة أحسن من الفرينة العادية المستعملة حاليا في انتاج الخبز ، بحيث أنها غنية بالألياف الغذائية و البروتينات ، و عجبتها ذات خصائص حسنة هذا ما بينه جهاز ألفيوقراف و جودة الخبز المتحصل عليه من الناحية الغذائية أما من الناحية الاقتصادية فاستعمال هذه الفرينة يؤدي بالضرورة إلى تقليص توجيه الفرينة العادية من طرف بعض المتعاملين الاقتصاديين إلى صناعات أخرى و هذا ما يجنب الدولة خسائر معتبرة ، و في نفس الوقت يؤدي استعمالها إلى تقليص فاتورة استيراد القمح

الكلمات الدالة: دقيق الخبز(لفرينة)، دقيق ممزوج، الخبز، دراسة نوعية، دراسة اقتصادية .

Abstract

The aim of our work is to make a qualitative and economic study of new proposed bread flour: mixed flour, composed of 70% of normal flour, semolina 20% and 10% of SSSF.

The study of the quality of mixed flour prove that its quality is better as well as bread flour, it is rich in dietary fiber and protein. Its paste has good alveograph properties and also, its bread has good nutritional quality.

From an economic point of view, the use of this flour will certainly reduce speculation and reorientation of bread flour by economic operators to other niches which is to prevent the state enormous economic losses. Also its use will necessarily reduce wheat import bill.

Keywords: mixed flour, bread flour, bread, qualitative study, economic study.

Résumé

Notre travail a pour but de faire une étude qualitative et économique d'une nouvelle farine panifiable proposée : farine mixée, composée de 70% de farine normale, 20% de semoule et 10% de SSSF.

L'étude sur la qualité, de la farine mixée révèlent que celle-ci est de meilleure qualité aussi bien que la farine panifiable, elle est plus riche en fibres alimentaires et en protéines. Sa pâte présente de bonnes propriétés alvéographiques et son pain de bonne qualité nutritive.

Du point de vue économique, l'utilisation de cette farine va certainement réduire les spéculations et la réorientation de la farine panifiable par les opérateurs économiques vers d'autres créneaux ce qui revient à éviter l'état d'énormes pertes économiques. De même son utilisation va nécessairement réduire la facture d'importation du blé.

Mots clés : farine mixée, farine panifiable, pain, étude qualitative, étude économique