

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université M'hamed Bouguara Boumerdes
Faculté des sciences
Département de biologie



Mémoire de master académique

Filière Sciences agronomiques
Specialité Contrôle de qualité et Nutrition en Agro-alimentaire

Thème

Détermination des caractéristiques physico-chimiques et
technologiques des différents passages d'un moulin
industriel ERIAD TADEMAIT

Réalisé par : MALKI Rachid
: MALKI Yasser

Devant le jury:

Présidente: M^{me} LEFKIR Samia

Maître assistant / UMBB

Examinatrice: M^{me} BELALOUI Djahida

Doctorante / ENSA

Promotrice: M^{me} YOUYOU Soraya

Maître assistant / UMBB

Année universitaire 2015-2016

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné courage, santé, souffle et Patience pour accomplir ce travail.

Un merci très spécial à nos chers parents pour leur amour, aide, soutien et encouragements que Dieu les garde en bonne santé.

Nous adressons nos sincères remerciements pour notre encadreur M^{me}

YOUYOU SORAYA

Nous remercions aussi les jurys de notre travail M^{me} LAJKIR samia

Présidente, et M^{me} BELALOUI djahida examinatrice

Nos vifs remerciements également pour M^{me} MEFTAH la chef de service laboratoire de nous avoir acceptés au sein de son établissement.

Nous adressons aussi nos sincères remerciements à ALOUANE YOUCEF qui nous a accompagnés au tout long de notre travail

Nous tenons à exprimer aussi toute notre gratitude au Dr

CHAHBAR.N

Nos remerciements s'adressent aussi à tous les enseignants du département d'agronomie.

Et que toute personne ayant participé de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire trouve ici l'expression de notre profonde sympathie.

Dédicaces

Je dédie ce travail :

Tout d'abord pour mes chers parents le soutien et les sacrifices
consentis pour mon éducation

A mon frère **OUSSAMA**, et toute la famille en reconnaissance de
leurs encouragements

A mon binôme MALKI RACHD

A tous mes amis pour leur sympathie leur humeur et leur solidarité
envers moi.

MALKI YASSER

Dédicace :

Je dédié ce modeste travail :

Tout d'abord pour mes chers parents le soutien et les sacrifices
consentis pour mon éducation

A toute la famille en reconnaissance de leurs encouragements

A mon binôme MALKI YASSER

A tous mes amis pour leur sympathie leur humeur et leur solidarité
envers moi.

MALKI RACHID

SOMMAIRE

Introduction1

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I

LE BLÉ TENDRE : GENERALITES

I. Taxonomie 3

II. Composition du grain de blé 3

III. Structure biochimique du grain de blé..... 5

IV. Appréciation de la qualité du blé 8

CHAPITRE II : LA MOUTURE DU BLE TENDRE

I. Objectif de la mouture..... 10

II. Principe de la mouture..... 10

III. Préparation du blé pour la mouture..... 10

IV. Les appareils de la mouture 11

V. Les étapes de la mouture 12

VI. Caractéristiques des produits issus des différents passages de la mouture 14

VII. Les produits issus des différents passages de la mouture 14

CHAPITRE III : LA FARINE

I. Définition de farine 16

II. Composition chimique de la farine..... 16

III. Les Caractéristiques des farines 20

III.1	Notion de valeur meunière.....	20
III.2	Notion de valeur boulangère.....	21
III.3	Notion de valeur (ou qualité) technologique	22
IV.	Appréciation de la qualité boulangère	22
IV.1	Tests directs (essai de panification).....	22
IV.2	Tests indirects	23
IV.2.1	Indice de ZENELY	23
IV.2.2	Essai à l'alvéographe Chopin	23
IV.3	Tests sélection.....	23
V.	Caractéristiques physico – chimiques	24
VI.	Les différents types de farines.....	25

CHAPITRE IV : LA PANIFICATION

I.	Définition de la panification.....	27
II.	Définition de la pâte	27
III.	Les principaux constituants de la farine et leur rôle en panification	27
III.1	Les protéines	27
III.1.1	Contribution des albumines-globulines à la qualité boulangère.....	28
III.1.2	Contribution des protéines du gluten à la qualité boulangère.....	28
III.2	Amidon	29
IV.	Le pain.....	30
IV.1	Définition du pain	30
IV.2	Principe de fabrication du pain.....	31
IV.2.1	La fermentation panaire.....	31
IV.2.2	Les réactions en chaîne	31
IV.3	Les étapes de la fabrication.....	32
IV.3.1	Le mélange ou « fraisage »	32

IV.3.2	Le pétrissage	32
IV.3.3	La première pousse ou « pointage »	33
IV.3.4	La pesée et le façonnage.....	33
IV.3.5	La deuxième pousse ou « apprêt »	33
IV.3.6	Farinage et coupe des « pâtons ».....	33
IV.3.7	Cuisson	33

MATERIEL ET METHODES

I.	Objectif du travail.....	35
II.	Conditions expérimentales	36
II.1	Provenance des échantillons	36
II.2	Traitement préliminaires du blé	36
II.3	Stockage.....	36
II.4	Échantillonnage	36
III.	Analyses physiques du blé	36
III.1	Poids à l'hectolitre (PHL) : NF V03-719 (AFNOR 1996).....	36
III.2	Poids de mille grains.....	37
IV.	Analyses physicochimiques des farines	38
IV.1	Granulométrie ou taux d'affleurement: (AFNOR, NF 11-501)	38
IV.2	Teneur en eau : (NF V 03-707)	39
IV.3	Dosage des cendres (ISO 2171,2007).....	39
V.	Analyses technologiques de la farine.....	40
V.1	Détermination de la teneur en gluten	40
V.1.1	Gluten humide (ICC137)	40
V.1.2	Gluten sec (ISO 21415-4, 2006)	40
V.1.3	Capacité d'hydratation du gluten.....	41
V.2	Essai à l'alvéographe Chopin : (ISO 27971,2008).....	41
V.3	Test de panification	44

RESULTATS ET INTERPRETATION

I. Analyses physiques de blé	46
I.1 Poids à l'hectolitre	46
I.2 Poids de mille grains (PMG).....	46
I.3 Humidité du blé	47
II. Analyses physicochimiques de la farine	47
II.1 Humidité des farines.....	47
II.2 Le taux d'affleurement.....	49
II.3 Taux de cendre.....	49
III. Analyses technologiques	51
III.1 Teneur en gluten	51
III.1.1 Le gluten humide.....	51
III.1.2 Gluten sec.....	51
III.1.3 Capacité d'hydratation	51
III.2 Caractéristiques alvéographiques	52
III.2.1 La ténacité P	52
III.2.2 Elasticité (L).....	53
III.2.3 Rapport de configuration (P/L)	54
III.2.4 Gonflement « G ».....	55
III.2.5 Force boulangère « w »	55
IV. Test de panification	57
IV.1 Appréciation des pâtes	58
IV.2 Appréciation des pains	60
CONCLUSION	62
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	64

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : classification taxonomique de blé tendre (FEILLET, 2000). 3

Tableau 2: Composition biochimique des différentes parties du grain de blé exprimé en pourcentage de matière sèche (GODON, 1991). 8

Tableau 3: Principaux matériels utilisé en meunerie (FEILLET, 2000). 11

Tableau 4: Composition biochimique d'une farine extraite à 75-76% (CALVEL, 1980)... 20

Tableau 5: Caractéristiques physico-chimiques de la farine de blé tendre..... 25

Tableau 6: Types de farine et taux de cendre (FEILLET, 2000)..... 26

Tableau 7: Formulation de différents types de pain (pour 100Kg de farine), hors additifs et aides technologiques (FEILLET, 2000). 31

Tableau 8: Ligne directrice pour l'interprétation du poids spécifique du blé (WILLIAMS, 1998)..... 37

Tableau 9 : Valeurs caractéristiques moyennes des paramètres alvéographiques pour la panification. 43

Tableau 10 : taux d'humidité des farines des différents passages..... 47

Tableau 11 : taux d'affleurement des farines des différents passages..... 49

Tableau 12 : taux de cendre des farines issues des différents passages. 50

Tableau 13 : taux de gluten des différents échantillons des farines 52

Tableau 14 : Résultats des analyses alvéographiques 57

Tableau 15 : Résultats d'appréciation des pâtes..... 59

Tableau 16 : Résultats d'appréciation des pains..... 61

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Coupe longitudinale présentant les constituants du grain (GODON, 1991). 5

Figure 2: Diagramme de mouture (Anonyme, 2012). 13

Figure 3: Composition des protéines de la farine de blé (FEILLET, 2000). 18

Figure 4: composition en lipides libres et en lipides liés de la farine (FEILLET, 2000). 19

Figure 5: Schéma représentatif de la formation du réseau du gluten durant le 32

Figure 6: courbe alveographique avec indication des différents paramètres mesurés (ROUSSEL, 2009) 42

Figure 7: Schéma d'un test de panification C.N.E.R.N.A (1972). 45

Figure 8 : évolution de l'humidité des farines de passages 48

Figure 9 : évolution de la ténacité 53

Figure 10 : évolution de l'élasticité « L » des différentes farines de passage 53

Figure 11 : évolution de rapport « P/L » des différentes farines de passage 54

Figure 12 : Évolution du gonflement « G » des farines. 55

Figure 13 : évolution de la force boulangère « W » 56

LISTE DES ABREVIATIONS

AFNOR : Association Française de Normalisation

AG : acide gras.

B : broyeur.

C : convertisseur.

C : claqueur.

CH : capacité d'hydratation

Cm : centimètre

C.N.E.R.N.A : Centre Nationale d'Etude et de Recherche en Nutrition et Alimentation.

C.N.I.S. : Centre National de l'Informatique et des Statistiques

E.R.I.A.D : entreprise régionale des industries alimentaires et dérivés.

Ft : farine totale

G: gonflement

g : gramme

GH: gluten humide

GS: gluten sec

L: extensibilité

MS : matière sèche.

P : ténacité

P/L : rapport de configuration ténacité/ extensibilité

PMG : poids de mille grains

PP : vitamine B 3, nicotinamide.

PHL : poids à l'héctolitre

W : la force boulangère

µm : micromètre.

% : pourcentage

INTRODUCTION

Le terme céréale dérive de cérésse de la moisson. Les céréales, dans la culture a transformé les hommes primitifs de nomades en sédentaires .Elles n'ont pas perdu de leur importance en cette fin du XX^e siècle. Elles fournissent en moyenne 60% de l'apport énergétique des habitants du globe, voire même 80% dans les pays les plus pauvres et moins de 30% dans les pays les plus développés.

Les pays en voie de développement comme la majorité des pays magrébins sont caractérisés par des habitudes alimentaires basées essentiellement sur les céréales.

Le secteur des céréales occupe une place très importante en Algérie et elle appartient au groupe des plus gros importateurs de blé dans le monde où elle est classée à la sixième place. **(RYM, 2008)**. En effet, les céréales et leurs dérivés constituent l'épine dorsale du modèle alimentaire algérien.

A titre indicatif, selon le C.N.I.S. la quantité de blé importée pour l'année 2010 a atteint 323 724 qx.

En Algérie, le pain possède une importance socio-économique particulière et occupe une part importante de la ration alimentaire journalière. Il est le résultat de la mise en œuvre de farine, d'eau, de levure, de sels et de divers améliorants **(TAZEROUT et YOUYOU, 2009)**.

En plus de la quantité, le consommateur d'aujourd'hui est de plus en plus exigeant en termes de qualité du pain, ce qui nécessite un blé de bonne qualité technologique. Cette dernière est actuellement très recherchée.

Afin d'obtenir des produits de meilleure qualité, il est nécessaire de suivre de près et avec vigilance toutes les étapes du processus de fabrication.

Dans cette optique, l'objectif de ce travail est le suivi de la qualité des produits de l'ERAD UPC de Tademaït et l'étude des différentes étapes d'analyse physico-chimique et technologique dans le laboratoire de l'unité, afin d'obtenir un produit fini qui répond aux exigences du consommateur.

Notre travail est composé de deux parties :

- La première partie consiste en une étude bibliographique.
- La deuxième partie présente l'étude expérimentale qui va permettre d'aborder la pièce centrale de la filière blé-farine-pain qui est la meunerie, où nous allons procéder à l'analyse des farines des différents passages en fixant comme objectifs :
 - La détermination de l'influence des différents cylindres (broyeurs, claqueurs, convertisseurs) travaillant dans un moulin industriel ;
 - L'orientation de chaque farine de passage à sa seconde transformation adéquate (biscuiterie, panification, biscotterie) sur la base de leur travaille de déformation W.

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I

LE BLÉ TENDRE : GENERALITES

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 et indéhiscant, appelé caryopse, constitué d'une graine et de téguments. Les deux espèces les plus cultivées sont : le blé dur (*Triticum durum*) et le blé tendre (*Triticum aestivum*) (FEILLET, 2000).

I. Taxonomie

La classification taxonomique du blé tendre est mentionnée dans le **tableau 1**:

Tableau 1 : classification taxonomique de blé tendre (FEILLET, 2000).

Famille	<i>Gramineae</i>
Sous –famille	<i>Festucoideae</i>
Tribu	<i>Triticeae</i>
Sous – tribu	<i>Triticineae</i>
Genre	<i>Triticum</i>
Nom commun (espèce)	blé tendre

II. Composition du grain de blé

Selon EMILLIE (2007), le grain de blé se compose de trois parties : **(figure 1)**

a- Les enveloppes

Constituées de couches de cellules superposées: Le péricarpe (enveloppe du fruit) qui comprend l'épicarpe, le mésocarpe et l'endocarpe ; le tégument séminal et bande hyaline ; enfin l'assise protéique ou cellule à aleurone.

Au cours de la mouture, ces enveloppes donnent du son, elles sont riches en matières minérales et contiennent des teneurs assez élevées en matières protéiques et matière grasse. Elles contiennent aussi des pigments qui donnent la couleur propre des grains et une partie importante de vitamines du groupe B.

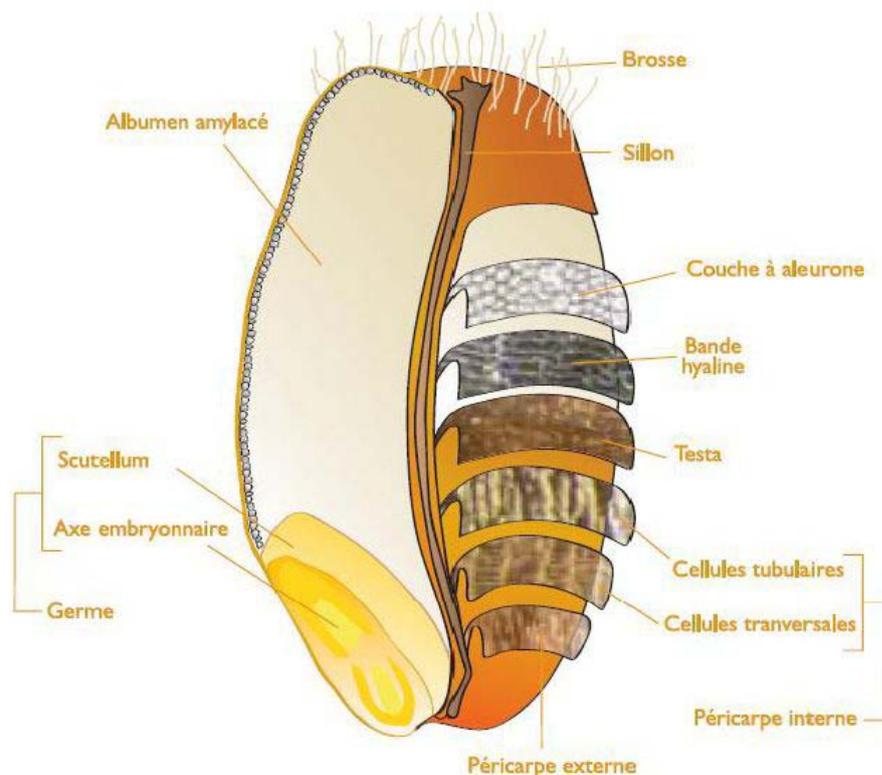
b- L'amande farineuse

Constituée par des grains d'amidon enchâssés dans un réseau protéique de gluten.

- **L'amidon** : pondéralement c'est le plus important (70%), sous forme de granules sphériques, il joue un rôle important durant la fermentation paninaire.
- **Le gluten** : c'est le complexe protéique « gliadine-glutenine », c'est une forme de matière protéique spéciale au blé, c'est lui qui confère à la pâte les propriétés plastiques. Les qualités de la pâte dépendent de la qualité et la quantité du gluten présent dans l'amande farineuse.

c- Le germe

Formé du scutellum et de l'embryon, il constitue la future plante. Il est riche en protéines, matière grasse, sucres, vitamines du groupe B et E (**GODON, 1982**).



ANATOMIE DU GRAIN DE BLÉ

Figure 1: Coupe longitudinale présentant les constituants du grain (GODON, 1991).

III. Structure biochimique du grain de blé

Le grain de blé est constitué principalement d'amidon (environ de 70%), de protéines (10 à 15%) et de pentosanes (8 à 10%) ; les autres constituants qui se trouvent en quantités faibles, sont les lipides, la cellulose, les sucres libres, les minéraux et les vitamines (FEILLET, 2000).

Cette composition dépend de nombreux facteurs : le climat, la variété, la nature du sol, les amendements apportés et les techniques culturales. Les conditions climatiques et le sol influent considérablement sur la composition chimique du blé et plus particulièrement sur la teneur en protéines. Les conditions climatiques surtout la lumière et l'humidité du sol augmentent la teneur glucidique. Les engrais azotés influent positivement sur la teneur en protéines totales. La composition et l'acidité du sol influent sur la teneur en sels minéraux (Anonyme, 2007).

a- L'eau

Les grains de céréales sont des organes végétaux particulièrement déshydratés, leur teneur en eau est en moyenne de 14%, c'est un facteur déterminant au cours du stockage. Il est difficile de conserver des grains ayant une humidité supérieure à 17% ; et la conservation est quasiment impossible au-delà de 23%. En pratique, la teneur en eau des céréales la plus favorable pour l'entreposage est de 10-15%, une humidité inférieure à 9% peut être nécessaire pour un entreposage prolongé à 20°C. L'eau conditionne la vitesse et l'intensité des réactions chimiques, enzymatiques et le développement microbien (Anonyme, 2007).

b- Les glucides

Ce sont des substances particulièrement énergétiques, sont nettement majoritaires (plus de 60% de la matière humide et 80% de la matière sèche). Ils sont constitués principalement par de l'amidon contenu à 85% dans l'albumen. Un ensemble de composés glucidiques de structure est aussi présent dans le grain (2%) : la cellulose et l'hémicellulose contenus essentiellement dans les enveloppes externes. Les sucres constituent 2 à 3.5% du grain de blé

et 1 à 2% de la farine, ils sont constitués de saccharose, glucose, raffinose et levosine. Du point de vue technologique, cette fraction joue un triple rôle :

- Constitue la source d'alimentation hydrocarbonée nécessaire à la levure au cours de la fermentation ;
- Intervient par ses réactions avec les protéines dans la formation de la couleur, l'odeur et la saveur des produits cuits ;
- Joue un rôle non négligeable dans les caractéristiques mécaniques et la texture des produits cuits ; dans certains cas, elle forme presque la totalité du squelette final (feuille de gaufrette)(Anonyme, 2007).

c- Les protides

En plus du rôle nutritionnel, les protéines jouent le rôle de charpente de la pâte, elles sont les seuls composés responsables à la fois de l'extensibilité, ténacité, élasticité et cohésion de la pâte. Parmi les différents types de protéines du blé, le gluten est le plus important tant du point de vue quantitatif (80-85% des protéines totales) que technologique. Les grains de blé renferment un grand nombre de protéines : des protéines de structure, des protéines biologiques actives et des protéines de réserve. Ces protéines ne sont pas réparties dans le grain de blé uniformément, elles sont surtout localisées dans le germe et l'assise protéique (BENHANIA, 2013).

d- Les lipides

Le grain de blé est riche en acides gras saturés, localisés dans le germe (15%) et les enveloppes (12%) (CALVEL, 1980).

Ces substances influent sur la valeur boulangère des farines en exerçant une action dépressive qui modifie la cohésion physique du gluten, provoquant aussi des phénomènes de vieillissement de la farine. Sous l'action de la lipase, les TG se transforment en AG ce qui entraîne une diminution du pH ce qui va exercer une influence néfaste sur les propriétés plastiques des protéines de la farine.

e- Les vitamines

Localisées surtout dans le germe, leur répartition varie selon le sol, le climat et la variété du blé. On retrouve surtout les vitamines : B1, B2, B5, PP, B6 et E. les variations dues aux traitements

technologiques sont beaucoup plus marquées parce que certaines vitamines sont très sensibles à la chaleur(GODON et LASSERAN, 1989).

f- Matières minérales

Tous les éléments minéraux sont présents dans le grain à des proportions très différentes : 75% de Potassium (300-600 mg/100g de matière sèche), le Phosphore (200-500 U) dont la majeure partie se trouve sous forme de phytate, le Souffre (100-250 U), Magnésium (100-150 U), Chlore (50-150 U) et Calcium (25-100 U). Les éléments minéraux n'existent pas à l'état libre mais à l'état combiné. Le blé peut être plus ou moins riche en minéraux selon le sol, le climat, la fumure et même l'année.

g- Les diastases

De masse pondérale infiniment réduite, jouent un rôle capital dans la vie du grain et de la farine.

-Les glucidases

- La β -amylase transforme l'amidon en β -maltose, elle se trouve dans le grain sain et normal.
- L' α -amylase transforme l'amidon en dextrine, elle ne se trouve que dans les blés germés.
- L'invertase transforme le saccharose et en sucres réducteurs, elle n'existe pas dans les farines à faible taux d'extraction.
- La maltase se trouve en faible quantité, elle hydrolyse une partie de maltose.

-Les autres : diastases protéolytiques, lipolytiques et phytases(Anonyme, 2007).

Le tableau 2 résume la composition biochimique du grain de blé.

Tableau 2: Composition biochimique des différentes parties du grain de blé exprimé en pourcentage de matière sèche (GODON, 1991).

Partie du grain	Amidon petits glucides	Protéines	Lipides	Minéraux	Cellulose Hémicellulose pentosane
Péricarpes	16 (± 2)	12 (± 2)	1 ($\pm 0,2$)	4 (± 1)	67 (± 7)
Tégument séminal	10 (± 1)	16 (± 3)	4 (± 1)	12 (± 3)	58 (± 5)
Assise protéique	12 (± 2)	32 (± 3)	8 (± 1)	10 (± 5)	38 (± 3)
Germe	20 ($\pm 1,5$)	38 (± 2)	15 (± 2)	5 (± 1)	22 (± 2)
Amande	85 (± 10)	11 (± 3)	2 ($\pm 0,1$)	0,5 ($\pm 0,2$)	1,5 ($\pm 1,5$)

IV. Appréciation de la qualité du blé

L'objectif d'un système d'évaluation de la qualité est d'aider le sélectionneur à identifier les génotypes de bonne qualité, et à les utiliser comme une source parentale pour les futures générations.

Les facteurs les plus importants qui affectent la qualité sont :

- la dureté,
- la taille des grains,
- les protéines.

D'autres tests comme le "farinographe", "le moulage", et "la panification" peuvent aussi vérifier l'excellence des génotypes.

a- La dureté

La dureté du grain de blé a une influence majeure sur la qualité. Plus le blé est dur, plus la teneur en amidon est réduite et l'absorption de la farine en eau sera faible (ROZENTHAL, 1975).

La dureté du grain a des effets sur la qualité de la farine vu qu'elle affecte la mouture. C'est le seul facteur déterminant la future utilisation du blé.

b- La taille des grains

La taille du grain est contrôlée génétiquement, elle est également affectée par les conditions de croissance (**WILLIAMS *et al.*, 1987**).

La dimension du grain inclut la longueur, le poids et la largeur. La rondeur de la graine est fonction de son poids et de sa largeur. La réaction des grains envers ces conditions est également contrôlée par la constitution génétique.

c- Les protéines

La composition des protéines est le critère le plus utilisé dans l'évaluation de la qualité du blé. Les protéines existent dans le grain de blé sous forme de granules. Quand la graine devient mûre, les granules d'amidon s'élargissent à l'intérieur des cellules des grains développés et compriment les protéines sous des formes particulières (**Gupta *et al.*, 1991**).

Ce sont les protéines de réserve qui confèrent à la farine ses propriétés caractéristiques, lui permettant de faire la pâte.

PANOZZO et **EAGLES** (1998), ont étudié l'effet du génotype et de l'environnement sur les protéines dans des milieux divers. Ils ont remarqué que les gluténines et les gliadines, composants majeurs des protéines stockées dans le blé, ont une contribution significative à la rhéologie de la pâte et à la qualité du pain. De plus, la proportion des gluténines dans la farine dépend du génotype.

Par contre, les variations environnementales ont une incidence sur la teneur en gliadines et sur les caractères rhéologiques de la pâte.

La bonne qualité des protéines dans la farine assure un volume du pain satisfaisant. La qualité et la quantité des protéines sont importantes dans tous les types de pain.

CHAPITRE II : LA MOUTURE DU BLE TENDRE

Le blé utilisé pour la mouture doit être propre. Comme bien souvent, il contient des impuretés de différentes natures, il va être nécessaire d'effectuer un nettoyage préalable comprenant plusieurs traitements. Le blé doit d'être aussi convenablement hydraté pour donner un rendement maximal en farine (GODON, 1991).

I. Objectif de la mouture

L'objectif de la mouture consiste à séparer l'amande farineuse du son et du germe, puis à réduire l'amande en farine. Pour obtenir ce résultat, il faut que le blé soit industriellement pur (il faut qu'il soit nettoyé) et préparé d'une façon optimale (incorporation d'eau suivie d'un temps de repos adéquat, et différenciation à faire pour le blé tendre : blé Soft, Medium ou Hard)

II. Principe de la mouture

La mouture est l'opération centrale de la transformation du blé en farine. Elle repose sur la mise en œuvre de deux opérations unitaires : une opération de fragmentation-dissociation des grains de blé, puis une seconde opération qui assure la séparation des sons et des enveloppes sur la base de leur granulométrie (FEILLET, 2000).

III. Préparation du blé pour la mouture

- a- **Le nettoyage** : cette étape permet de séparer les impuretés des grains de blé avant de les envoyer sur le premier broyeur (B1). Ces impuretés peuvent être des grains étrangers, grains d'autres céréales, paille, pierres, pièces métalliques, insectes (FEILLET, 2000).
- b- **Le conditionnement** : il a pour but d'assouplir les enveloppes afin d'éviter leur fragmentation et faciliter leur séparation. Il réduit aussi la dureté de l'albumen pour favoriser sa réduction en farine sans endommager les granules d'amidon et conserver la valeur boulangère des farines (FEILLET, 2000).

IV. Les appareils de la mouture

Les appareils de la mouture sont présentés dans le **tableau 3**.

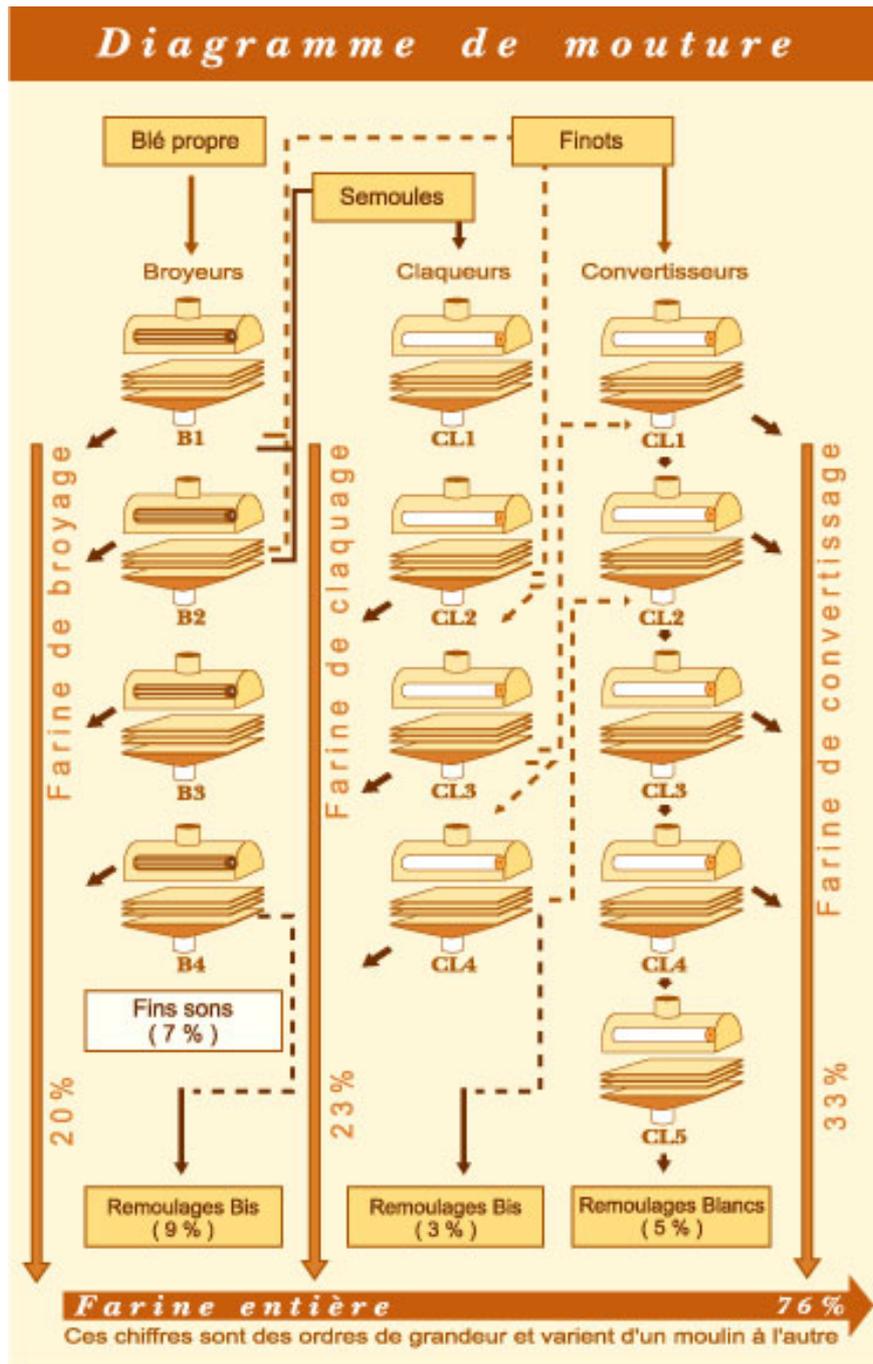
Tableau 3: Principaux matériels utilisé en meunerie (FEILLET, 2000).

Cylindre lisse	Rouleau métallique dont la surface est sans aspérité
Cylindre cannelé	Rouleau métallique en surface du quel 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 μ m.
Broyeur réducteur et désagrégeur	Machine constituée de deux cylindres cannelés entrainés en sens inverse et à des vitesses différentes (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 semoulerie.
Plansichter	Machine constituée de tamis 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.
Sasseur	Machine constituée 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 leur propriétés aérodynamiques (forme, taille et densité).

V. Les étapes de la mouture

- a) **Broyage** : c'est l'opération de réduction de la dimension par mise en jeu d'énergie mécanique (**BOURSON, 2009**). Il a pour fonction de séparer l'amande des enveloppes.
- b) **Tamissage et blutage** : après chaque passage entre une paire de cylindres cannelés (broyeur) ou lisses (convertisseur) les produits passent par la bluterie (ensemble de plansichters) afin de classer les différentes parties en fonction de leur dimension (**BOURDEAU et MENARD, 1992**).
- c) **Sassage** : c'est une opération qui consiste à classer selon la densité les particules d'amande de provenance et de dimension différentes. Pour le blé tendre le sassage permet l'élimination des soufflures (épicarpe : pellicule translucide qui se détache du son) on parle alors d'épuration, pour cela, il faut épurer les semoules destinés à C 11, éventuellement à C12 (**BOURSON, 2009**).
- d) **Claquage** : le claquage consiste à fractionner les produits qui lui sont envoyés grâce à des cylindres lisses. La ligne de claquage reçoit des produits plus gros, plus dispersés, que ceux reçus par la ligne de convertissage. La granulométrie est comprise entre 200 μm et 1000 μm ; chaque claqueur alimente le claqueur suivant (**BOURSON, 2009**).
- e) **Convertissage** : Il consiste à fractionner légèrement les produits sassés, claqués, et les fins finôts de broyage en farine par des cylindres lisses au dernier convertisseur.

La **figure2** illustre les différentes étapes de la mouture du blé.



Légende :



Appareils à cylindres cannelés



Appareils à cylindres lisses



Plansichters

Figure 2: Diagramme de mouture (Anonyme, 2012).

VI. Caractéristiques des produits issus des différents passages de la mouture

Les farines sont le résultat d'un mélange issu de tous ou d'une partie des différents passages sur la base de la courbe des rendements cumulés. Les farines de passage proviennent de différentes régions histologiques du grain et se différencient les unes et les autres par leur composition chimique, quantitative (teneur en protéines et en matières minérales) et qualitatives (qualité des protéines du gluten, degré d'endommagement des granules d'amidon), et par leurs propriétés physiques (couleur, granulométrie piqûres). Les farines des premiers passages proviennent du cœur de l'albumen, celles isolées en fin de mouture contiennent des proportions importantes de couche à aleurone et de péricarpe. Elles sont de ce fait beaucoup plus riches en matières minérales que les premiers.

Ces farines se différencient également par leur alvéogramme : les farines de broyage ont une faible pression (P) et un gonflement (G) élevé ; celles issues du claquage présentent une courbe équilibrée proche de celle de la farine entière ; celles du convertissage possèdent une (P) élevée et un (G) plus faible (FEILLET, 2000).

VII. Les produits issus des 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 dont la taille est de 15 à 200 μm .
- **Semoule** : morceaux d'amande pure ou pouvant contenir un faible pourcentage d'enveloppes, avec une taille variant de 250 à 1000 μm .
- **Gruaux** : ce sont de fines parties de l'amande du grain, de taille intermédiaire entre les fines semoules et la farine qui résultent du travail des cylindres lisses.
- **Semoules bises** : grosses particules de l'albumen auxquelles adhèrent des fragments d'enveloppe.
- **Remoulages** : produits intermédiaires entre les fines enveloppes du grain et de la farine. Ils se divisent en remoulages blancs et bis, ces derniers sont très proches de l'enveloppe du grain.
- **Fins sons** : représentés par une fine pellicule d'enveloppe de 0,99 à 0,15 mm d'épaisseur et de 0,5 à 1 mm de côté.

- **Gros sons** : représentés par une large pellicule d'enveloppe de 0,09 à 0,15 mm d'épaisseur et de 1 à 5 mm de côté.
- **Germe** : partie du grain servant à sa reproduction (**BOURSON, 2009**).

A la fin de la mouture on obtient la farine entière qui est constituée par la réunion des « farine de passage » provenant du broyage, du claquage et du convertissage d'une part, et d'autre part le son (gros et fin), les remoulages bis et blanc.

La mouture d'un blé est définie par le taux d'extraction qui est défini comme étant le rendement en farine que l'on extrait de 100 kg de blé propre.

CHAPITRE III : LA FARINE

I. Définition de farine

La farine du latin *farina*, poudre provenant de la mouture des grains de céréales et de certaines légumineuses.

Les farines sont le produit de mouture des céréales (blé, riz, seigle, maïs, sarrasin (blé noir)), c'est aussi le produit de la mouture des légumineuses tels que : pois, lentille, fève et pois chiches ; c'est aussi le résultat du broyage des graines oléagineuses : moutarde.

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

« La dénomination de farine sans autre terme qualitatif désigne exclusivement le produit de la mouture de l'amande du grain de blé nettoyé et industriellement pur. Les produits de la mouture des autres graines, céréales, légumineuses, nettoyés et industriellement purs, seront désignés par le mot farine suivi du qualitatif indiquant l'espèce de graines de céréales ou légumineuses entrant dans la composition soit à l'état isolé, soit à l'état de mélange » (GODON et WILLM, 1998).

II. Composition chimique de la farine

D'après (FEILLET, 2000). La composition moyenne d'une farine est :

a. Amidon

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

b. Eau

Quantitativement, l'eau est le deuxième constituant de la farine (13 à 16 %) (COLAS, 1991).

c. Matières minérales

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

d. Les protéines

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

Elles sont classées selon leurs solubilités en : **(figure 3)**

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

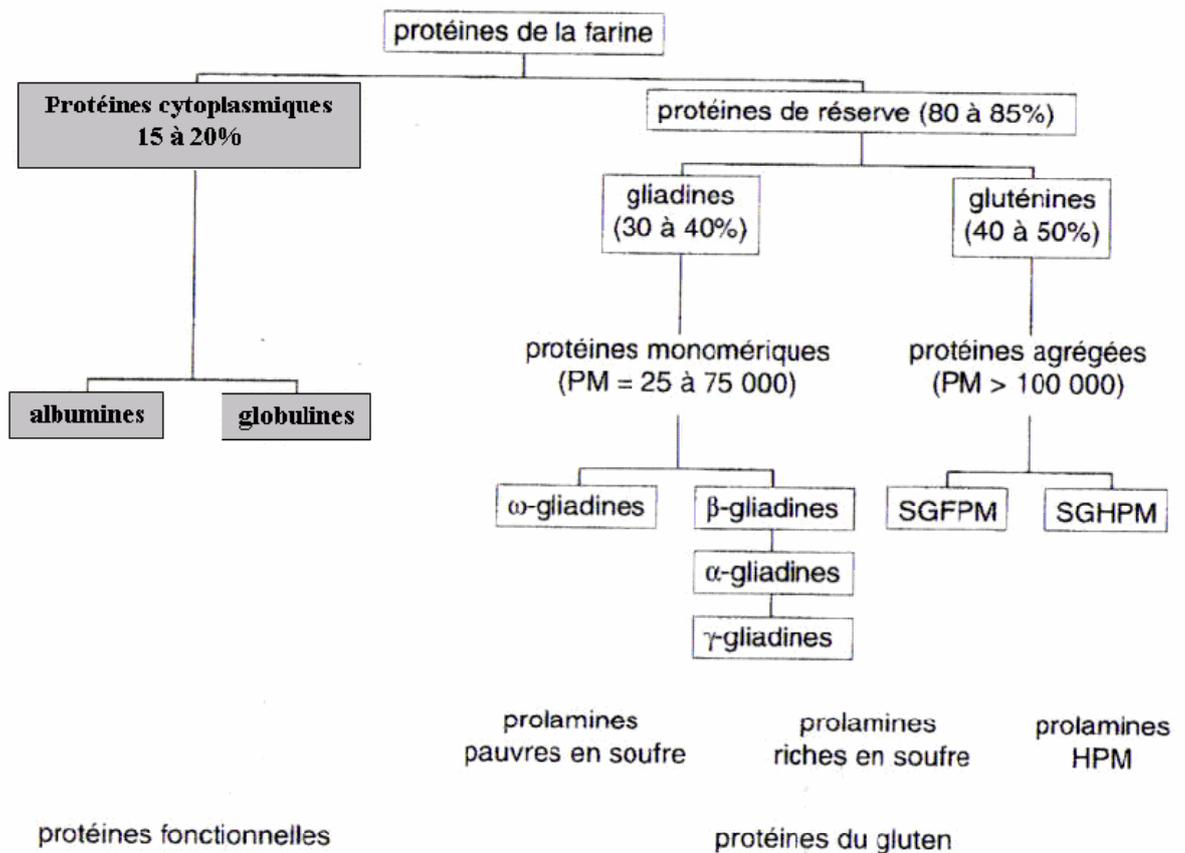


Figure 3: Composition des protéines de la farine de blé (FEILLET, 2000).

e. Les lipides

Sont présents sous plus d'une vingtaine de formes dans la farine mais ne représentent que 0.8 à 2 % (base sèche) de la farine. 50.9 % de ces lipides sont non polaires et 49.1 % sont polaires. Ils sont présents sous la forme d'acide gras, de triglycérides, de phospholipides, de stérols, de sphingolipides ou de tocophérols (**figure 4**).

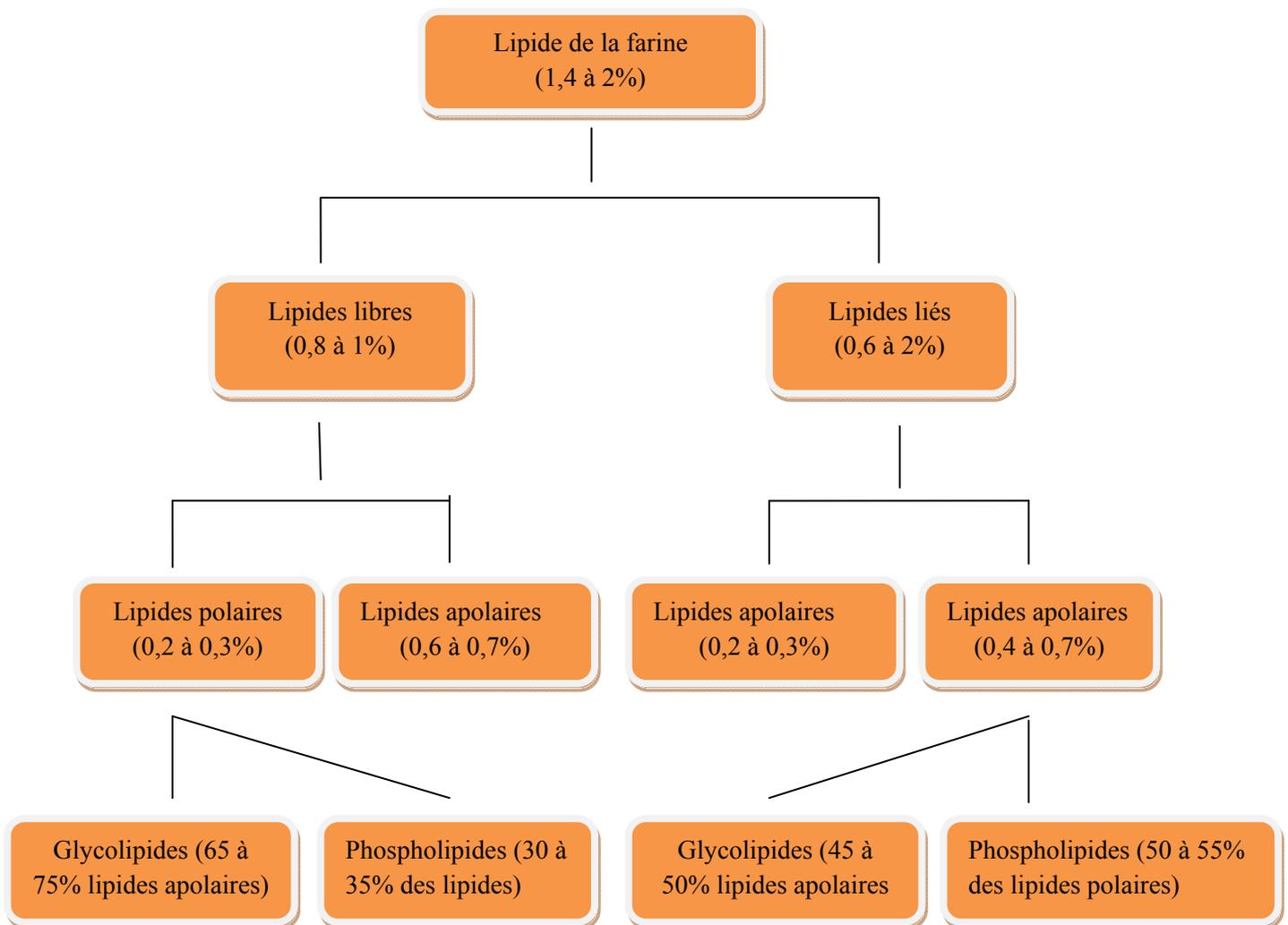


Figure 4: composition en lipides libres et en lipides liés de la farine (FEILLET, 2000).

f. Les vitamines

Le blé contient une quantité appréciable de vitamines que l'on retrouve surtout dans le son et le germe. On retrouve les vitamines du groupe B avec une teneur d'environ 4.6 mg /kg de grain et la riboflavine avec 1.3 mg/kg. La mouture détruit une partie d'entre eux. Les vitamines C et D sont absentes du grain ; par contre le blé est riche en vitamine E qui peut agir comme agent antioxydant.

Tableau 4:Composition biochimique d'une farine extraite à 75-76% (CALVEL, 1980).

Composition	Proposition
Matières azotées	8 à 12 % dont (7 à 10 % de gluten)
Matières minérales	0,45 à 0,60 %
Matières grasses	1,2 à 0,05%
Acidité	0,020 à 0,05 %
Sucres	1à 2%
Amidon	60 à 72%
Diastases	B amylases est plus important
Vitamines	Du groupe B, PP et E

III. Les Caractéristiques des farines

III.1 Notion de valeur meunière

Selon CALVEL, (1980) la valeur meunière d'un lot de blé peut être définie comme étant l'ensemble des qualités qu'il présente lors de sa mouture ; celles-ci sont directement liées au rendement en farine et à la faculté de séparation de l'amande farineuse des enveloppes qui la recouvrent.

Cette notion est associée au rendement maximum en farine obtenue à partir d'un lot de blé pour un type de farine déterminée, et elles se distinguent les unes des autres par des comportements différents en mouture (BRULE, 2007).

Une farine est caractérisée par :

- **Son taux d'extraction**, c'est-à-dire le rendement en farine pour 100 kilos de grains. La blancheur de la farine et sa pureté varient en rapport inverse avec le taux d'extraction, ainsi plus le taux d'extraction est élevé moins la farine est pure et par conséquent sa couleur est grise.
- **Son taux de blutage** qui représente à l'inverse, le pourcentage d'issues éliminées.

III.2 Notion de valeur boulangère

CALVEL, (1973) a défini la valeur boulangère comme étant « l'aptitude d'un blé ou d'une farine à donner du beau et du bon pain dans les conditions de travail et de rendement en harmonie avec une fabrication normale ».

Pour GODON(1995) la valeur boulangère d'un blé consiste en son aptitude à fournir, à partir de sa farine, un pain bien développé, d'un bel aspect, d'une odeur et d'une saveur agréables et cela dans des conditions de travail et de rendement adéquates.

Il s'agit de la valeur d'utilisation de la farine pour la fabrication d'un produit de boulangerie (BRULE ,2007).

➤ La valeur boulangère (**norme NF V03-716**), intègre des notions distinctes :

- Le rendement en pâte : quantité d'eau que peut absorber la farine pour une consistance donnée.
- La machinabilité de la pâte : aptitude de la pâte à être travaillée sans difficulté, et ce de la panification jusqu'à la cuisson. Cette caractéristique qualitative prend en compte les notions de collant, d'élasticité et d'aptitude à la déformation de la pâte.
- Une activité de fermentation suffisante et régulière.
- Le développement de la pâte et du pain : aptitude à la rétention gazeuse et à la déformation.
- La qualité organoleptique de la mie du pain : couleur, odeur, texture (**BRULE, 2007**).
- La tolérance au pétrissage (particulièrement le pétrissage intensifié) sans relâcher ni coller excessivement, tout en étant extensible et élastique.

➤ La qualité boulangère est régie par deux groupes de facteurs :

a) Les qualités physiques de la pâte

Une pâte boulangère de bonne qualité doit posséder une certaine résistance au travail mécanique et pouvoir retenir correctement un maximum de gaz lors de la fermentation et la cuisson, donc posséder des propriétés rhéologiques convenables (ténacité, extensibilité, élasticité, force, ...).

Les propriétés rhéologiques d'une pâte de farine de blé tendre sont dépendantes de la quantité et de la qualité des protéines présentes (**WANG et al. 2007**).

b) Les qualités fermentatives de la pâte

Celles-ci sont sous la dépendance de la richesse en sucres fermentescibles et de l'équilibre enzymatique de la farine (GAUTIER, 1983).

III.3 Notion de valeur (ou qualité) technologique

Il s'agit de la valeur d'utilisation de la farine pour la fabrication d'un produit (pain , biscuit ...etc.) dans des condition opératoires bien définies dont la détermination suppose des protocoles de fabrication ou de mise en œuvre d'analyses indirecte pour l'appréciation de la qualité de la farine (ROSSEL ,2005).

IV. Appréciation de la qualité boulangère

La qualité boulangère reste l'élément clé dans l'appréciation de l'aptitude technologique d'un blé tendre. De ce fait plusieurs tests (directs et indirects) peuvent être mis en œuvre pour une meilleure approche de cette qualité.

IV.1 Tests directs (essai de panification)

L'essai de panification permet d'apporter une appréciation sur l'aptitude d'une farine à donner un pain de bonne qualité (FEILLET, 2000). Il permet aussi de porter un jugement direct, à la fois, sur la qualité de la pâte au cours des différentes étapes (machinabilité, tolérance au pétrissage, activité fermentative, comportement en cours de cuisson, etc.) et sur la qualité du pain obtenu (volume, aspect de la mie, couleur de la croûte, etc.) (MENKOVSKA *et al*, 2002). Ce test, dans de bonnes conditions de réalisation, demeure le moyen le plus objectif d'appréciation de la qualité boulangère (FEILLET, 1980).

En France, par exemple, ce sont les essais de panification type C.N.E.R.N.A. (Centre National de Coordination des Etudes et recherche sur la Nutrition et l'Alimentation) et type B.I.P.E.A. (Bureau Interprofessionnel des Etudes Analytiques) qui est les plus utilisés.

Cependant, les couts élevés des essais de panification, leur lenteur, la qualification du personnel que requiert leur mise en œuvre ainsi que les difficultés d'interprétation de leurs résultats, ont limité leur utilisation au profit des tests indirects.

IV.2 Tests indirects

A l'inverse des tests de panification, les tests indirects présentent l'avantage d'être moins coûteux, plus rapides et faciles à mettre en œuvre ; cependant, ils présentent l'inconvénient de n'apprécier que certaines caractéristiques de la valeur en panification, d'où la nécessité de combiner deux ou plusieurs de ces tests pour cerner le mieux possible cette valeur (**BRANLARD et ROUSSET, 1980**).

Parmi ces tests, certains mesurent les propriétés rhéologiques des pâtes telles que la force, la ténacité, l'extensibilité (alvéographe et extensigraphe), ou la force et la tolérance au pétrissage (farinographe, mixographe) ; d'autres mesurent les activités enzymatiques (temps de chute de HAGBERG ou Faillingnumber par exemple) ; enfin certains sont basés sur la quantité et la qualité protéique des farines (test de Zeleny, du SDS, quantité et qualité des protéines du gluten, teneur en protéines totales, test SIG, teneur en protéines des fractions protéiques...)

IV.2.1 Indice de ZENELY

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

IV.2.2 Essai à l'alvéographe Chopin

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

IV.3 Tests sélection

Certains composants biochimiques du grain capables de former des réseaux élastiques aptes à retenir le CO₂ issu de la fermentation sont la base du développement de tests type sélection. C'est ainsi que les protéines du blé notamment les protéines de réserve, qui sont responsables en grande partie de la qualité boulangère, ont fait l'objet de nombreuses études pour la mise au point de test de sélection.

Pour apprécier la qualité boulangère de leurs lignées, les sélectionneurs utilisaient l'indice de ZELENY, la teneur en protéines, le test Pelshenke ...; les résultats n'étant pas satisfaisants dans l'amélioration de la qualité, ils se sont orientés vers l'utilisation des mêmes tests élaborés par les industries utilisatrices tout en les miniaturisant (ex: mixographe et alvéographe à micro-pétrin, micro essai de panification, ...)

Ainsi cette procédure ne peut être applicable qu'à des stades avancés de la sélection, c'est-à-dire une fois que les caractéristiques technologiques sont fixées.

Les résultats d'un test « type sélection » sont par définition, indépendants des conditions de développement de la plante (milieu, année, fumure azotée, ...).

Ainsi, au fil des années plusieurs tests, utilisables en sélection précoce, ont été proposés. Comme les variations des protéines en quantité et en qualité expliquent pour une grande part les variations de la qualité boulangère, il était naturel que la recherche de tels tests soit basée sur la fraction protéique, notamment les protéines du gluten (gliadines et gluténines).

C'est ainsi qu'ont été développés:

- Le test du gel protéique mis au point par **GAUTIER (1983)** mais dont les résultats se sont avérés non concluants pour les blés sélectionnés quelques années plus tard, d'où son abandon par le laboratoire qui l'a mis au point (**SADOUKI, 2005**) ;
- Le test de sédimentation en milieu S.D.S. mis au point par **AXFORD et al. (1978)** a connu lui aussi différentes modifications (**AXFORD et al., (1979)** ; **PRESTON et al., (1982)** ; **CARTER et al., (1999)** ; **MORRIS et al., (2007)**). Ce test, peu coûteux, rapide, facile à mettre en œuvre et très reproductible est reconnu pour être très utile dans la prédiction de la force du gluten et de la qualité boulangère du blé (**CARTER et al., 1999**)
- Le test de la viscoélasticité du gluten (**HOULIAROPOULOS, 1982**).
- Le test SIG (Swelling Index of Gluténin) ou indice de gonflement des gluténines, mis au point par **WANG et KOVACS (2002 a, b)** a montré de bonnes corrélations avec les paramètres de force de la pâte d'où son utilité dans l'appréciation de la qualité boulangère des farines, mais son indépendance vis à vis des conditions de développement de la plante reste à vérifier.

V. Caractéristiques physico – chimiques

- **Teneur en eau** : Le taux d'humidité de la farine est un facteur important de conservation et de stockage, et doit être inférieur ou égal à 15.5 % (**NA 11 –32 –1991**).
- **Teneur en cendre** : La détermination du taux de matières minérales, principalement réparties dans les enveloppes et les germes, qui donnent une indication sur le taux d'extraction pour le meunier (0.67 % Tolérance 0.00) (**NA 733**).
- **Taux en protéine** : La teneur en protéines, par son intérêt technologique et nutritionnel, est un élément de la valeur d'utilisation du blé.

- **Acidité** : Les mauvaises conditions de conservation s'accompagnent par d'autres phénomènes : une dégradation enzymatique des lipides se traduisant par un accroissement de l'acidité du milieu, cette acidification constitue un indice d'altération de la qualité technologique (0.045% tolérance 0.015).

Le **tableau 5** énonce les valeurs moyennes de la composition physico-chimique d'une farine de blé tendre

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

Caractéristiques des farines de blé tendre	
Teneur en eau %	≤15,5
Teneur en cendre (MS%)	0,56-0,67 farine courante <0,6 farine supérieure
Teneur en protéine (MS%)	>8
Acidité en g/l de H ₂ SO ₄	0,045-0,05
Teneur en lipides (MS%)	<1,4

VI. Les différents types de farines

La farine de blé tendre ou de froment est la plus couramment utilisée en boulangerie. Elle est classée selon des "types" définis en fonction du taux de cendres, Les types de farine sont donc définis en fonction du taux de cendres contenu dans 100 gr de matière sèche. Plus elle est épurée, plus le taux de cendres est faible. Ce taux est réglementé par les pouvoirs publics.

Pour fabriquer le pain courant, le boulanger utilise généralement de la farine de type 65 (le taux de résidus minéraux ou taux de cendres est compris entre 0,62 % et 0,75 %). La farine la plus complète est de type 150. (**Tableau 6**)

Tableau 6: Types de farine et taux de cendre (FEILLET, 2000).

Dénomination	Taux d'extraction	Taux de cendres	Description
Type 45	70 à 76%	< 0,50%	Farine très blanche
Type 55	75 à 78%	de 0,50 à 0,60%	Farine blanche
Type 65	77 à 80%	de 0,62 à 0,75%	Farine crème
Type 80	80 à 85%	de 0,75 à 0,90%	Farine bise ou semi-complète
Type 110	85 à 90%	de 1 à 1,20%	Farine complète
Type 150	90 à 98%	> 1,40%	Farine intégrale

CHAPITRE IV : LA PANIFICATION

I. Définition de la panification

La panification est un procédé qui permet de transformer la farine en pain. Le processus de panification est structuré par succession d'opérations unitaire. Elle demande la maîtrise de ses différentes étapes, et le savoir-faire de boulanger.

II. Définition de la pâte

On définit la pâte comme étant une farine délayée avec de l'eau et pétrie. Cette définition lie bien les deux facteurs indispensables de la formation de la pâte : hydratation et pétrissage. En effet, lorsque l'eau et la farine sont pétries, le mélange subit une importante évolution : les particules de farine s'hydratent, le mélange perd son caractère humide et granuleux, la pâte se forme, devient lisse, homogène et s'affermi (la farine -ou la semoule- est la seule poudre connue capable de se transformer aussi radicalement et irréversiblement sous le double apport d'eau et d'énergie). La création d'un état pâteux met en évidence l'existence d'un corps moins encadré d'un côté par les solides d'Euclide et de Hooke, et d'un autre côté par les liquides de Newton et de Pascal.

La pâte est formée de trois phases à savoir :

- Une phase continue : le gluten.
- Une seconde phase continue aqueuse : eau et constituants solubles.
- Une phase dispersée et solide : granules d'amidon (LANDGRAF, 2002)

III. Les principaux constituants de la farine et leur rôle en panification

III.1 Les protéines

Plusieurs études ont été effectuées en vue d'élucider le lien qui existe entre les protéines et la qualité boulangère des farines de blé tendre.

Selon **PARK** et al. (2006) les protéines sont connues pour être l'unique composant du blé responsable de sa qualité boulangère.

DOWELL et al. (2008) et **PARK** et al. (2006) ont trouvé que la teneur en protéines de la farine est positivement et hautement corrélées avec le volume du pain.

BOCKSTAELE et al. (2008) ont montré que la teneur en protéines a un grand effet sur les propriétés rhéologiques de la pâte, et qu'elle est corrélée aux paramètres d'absorption d'eau du farinographe, au W alvéographique ainsi qu'au volume du pain.

Plusieurs autres études ont montré qu'en plus de leur quantité, la qualité (composition) des protéines du blé tendre est un facteur déterminant de la qualité boulangère :

Des teneurs élevées en protéines sont souvent reliées à une bonne qualité boulangère, cependant la quantité des protéines à elle seule ne peut expliquer toutes les variations de la qualité boulangère (**LI et al.**, 2008); d'autres facteurs tels que la qualité de ces protéines sont aussi importants (**JOODEt al.**(2001) cité par **LI et al.**,(2008).

Les relations établies entre la composition protéique et la qualité boulangère ont montré que les teneurs en protéines totales, albumines+globulines, sous unités gluténines HPM et FPM dans la farine sont significativement et positivement corrélées au volume du pain (**WANG et al.**, 2007).

III.1.1 Contribution des albumines-globulines à la qualité boulangère

Généralement, les albumines et les globulines ne sont pas considérées comme ayant un rôle crucial dans la qualité de la farine. Toutefois leur effet positif sur quelques caractéristiques de la qualité boulangère a été rapporté par certains auteurs.

En effet les protéines non gluten, constituées principalement d'albumines-globulines, sont considérées comme étant des protéines essentiellement métaboliques mais pouvant avoir un rôle en panification (**HOSENEY et al.**,1969, **ROUSSET**, 1976 ; **PRESTON et al.**, 1992 ; **WANG et al.**,2007).

III.1.2 Contribution des protéines du gluten à la qualité boulangère

Il est admis que les gliadines et les gluténines, constituants majeurs des protéines de réserve, déterminent l'extensibilité et l'élasticité de la pâte.

Les protéines du gluten de blé (gliadines et gluténines) sont responsables des propriétés viscoélastiques de la pâte et de son aptitude à retenir le CO₂ lors de la fermentation (**VERBRUGGEN**etal., 1998). Elles déterminent aussi le temps de pétrissage de la pâte et les caractéristiques boulangères (**NASH**et al., 2006).

Selon **BOCKSTAELE** *et al.* (2008) les protéines du gluten déterminent dans une large mesure le potentiel en panification de la farine de blé. En plus de leur quantité, la qualité des protéines du gluten est aussi un facteur important dans la qualité boulangère ; elles déterminent largement les propriétés rhéologiques de la pâte. Pour une bonne qualité boulangère un équilibre approprié entre la viscosité et l'élasticité est requis.

a. Contribution des gliadines

Les travaux publiés concernant le rôle des gliadines dans la panification sont contradictoires, mais la quasi-totalité s'accorde sur le fait que ce sont les gliadines qui déterminent l'extensibilité et la viscosité de la pâte ainsi que le volume du pain.

Plusieurs chercheurs ont trouvé que les gliadines ont un effet positif sur le volume du pain (**WEEGELS** *et al.*, 1994; **PARK** *et al.*, 2006 ; **DOWELL** *et al.*, 2008).

PARK *et al.* (2006) allons rapporter que les gliadines exprimées en pourcentage de la farine ou en pourcentage des protéines totales sont associées positivement et de manière significative et hautement significative respectivement au volume du pain.

A l'opposé **WANG** *et al.* (2007) ont rapporté que la teneur en gliadines par rapport aux protéines totales de la farine était négativement et significativement corrélées au volume du pain.

b. Contribution des gluténines

Il est bien établi que les différences dans les gluténines sont le principal facteur responsable des variations de la qualité d'utilisation des farines (**CINCO-MOROYOQUI** et **MACRITCHIE**, 2008).

III.2 Amidon

L'absorption d'eau par la pâte est directement affectée par le niveau d'endommagement de l'amidon. Un taux important d'amidon endommagé peut conduire à une pâte collante et à une baisse du volume du pain avec détérioration de la qualité.

45,5 p. cent de l'eau totale de la pâte sont absorbés par l'amidon, 31,2 p. cent par les protéines et 23,4 p. cent par les pentosanes. Le grain d'amidon intact absorbe la moitié de son poids, le grain endommagé absorbe 2 fois son poids, les protéines environ 2 fois leur poids et les pentosanes 15 fois leur poids.

La gélatinisation de l'amidon durant la cuisson constitue une des propriétés les plus importantes. Le degré de gélatinisation de l'amidon durant la cuisson est contrôlé par trois facteurs principaux ; l'absorption d'eau, la température et le temps de cuisson. Par contre la taille des granules d'amidon ne semble pas affecter la température de gélatinisation et la performance en panification.

La rétrogradation rapide de la fraction d'amylose est responsable de la fixation de la structure de la mie du pain.

Un taux optimum d'amidon endommagé contribue positivement à l'amélioration de la texture de la mie et qu'avec un taux d'amylose plus élevé, le phénomène d'effondrement est observé après refroidissement du produit.

IV. Le pain

IV.1 Définition du pain

Le pain est le résultat de la mise en œuvre d'une bonne farine type 55, d'un pétrissage, d'une première fermentation, d'une division de la pâte d'un façonnage des pâtons, d'une deuxième fermentation, et d'une cuisson appropriée. Ce processus doit donner un produit d'un bel aspect, d'un beau volume, à la croûte légèrement cassée, bien dorée et croustillante, à la mie souple et élastique, bien aérée, à la teinte blanc crème, à l'odeur agréable et d'un goût dont la saveur est séduisante et appétissante. **(Tableau 7)**

Tableau 7: Formulation de différents types de pain (pour 100Kg de farine), hors additifs et aides technologiques (FEILLET, 2000).

Type de pain	Français	Viennois	De mie	Au lait	Brioché
Eau (L)	60	50-55	45-50	variable	35-45
Sel(Kg)	1,8-2,2	1,5-1,8	1,5-2	1,8-2	1,5-1,8
Levure(Kg)	1-2	3-5	2-6	2-5	2-6
Sucre (Kg)	-	4-8	2-6	2-5	2-6
Gras (Kg)	-	5-15	0,5-10	5-10	10-20
Poudre de lait(Kg)	-	3-5	variable	60-65	3-5
œufs(Kg)	-	-	-	variable	10-20

IV.2 Principe de fabrication du pain

IV.2.1 La fermentation panaire

Lorsqu'elle est incorporée dans une pâte, la levure va rencontrer le milieu idéal à sa multiplication d'une part, et à sa production de gaz carbonique d'autre part ; et ce en présence d'eau, de sucres, d'oxygène et de chaleur.

IV.2.2 Les réactions en chaîne

En premier lieu, la levure va assimiler les sucres (saccharose) naturellement présents dans la farine : 1.5 % du poids de la farine. En second lieu, il y a la fermentation d'un sucre appelé maltose. Celui-ci provient d'une enzyme, l'amylase, qui va dégrader l'amidon. L'amylase est à l'état naturel dans la farine. Cette action débute dès que la farine est imbibée d'eau et se poursuit jusqu'à l'enfournement.

IV.3 Les étapes de la fabrication

IV.3.1 Le mélange ou « fraisage »

C'est l'opération qui consiste à mélanger les ingrédients afin d'obtenir une pâte homogène.

IV.3.2 Le pétrissage

Cette opération permet de :

- mélanger de façon intime les ingrédients,
- incorporer de l'air dans la pâte pour permettre la multiplication des levures et le blanchiment de la pâte,
- Hydrater le gluten et former un réseau (par la formation de liaisons disulfures) pour emprisonner l'oxygène et les grains d'amidon, (**figure 5**)
- Hydrater l'amidon pour le transformer en sucre, grâce aux enzymes.

Pour ce faire deux opérations sont effectuées :

- Le coupage qui permet aux particules de gluten de se souder afin que la pâte devienne lisse et s'allonge pour retenir les gaz de la fermentation sans se rompre,
- Le soufflage et l'étirage qui permet d'incorporer l'oxygène dans la pâte pour que les ferments se multiplient.

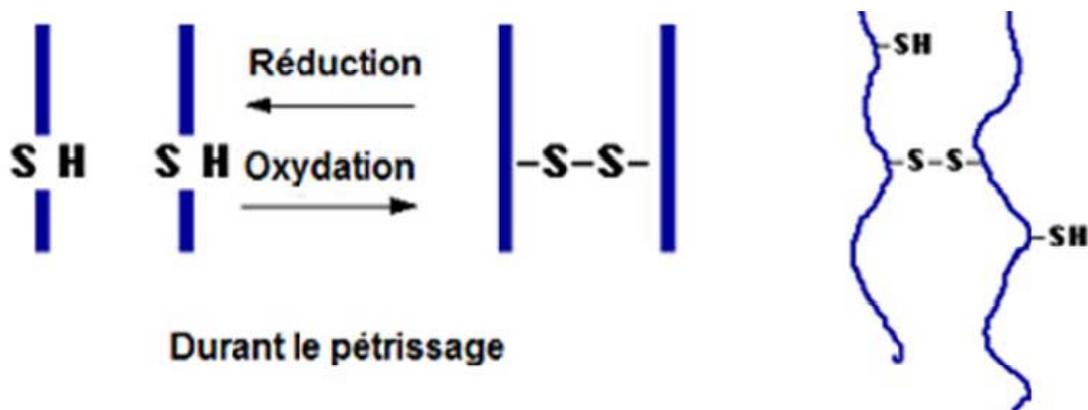


Figure 5: Schéma représentatif de la formation du réseau du gluten durant le Pétrissage(MEREDITH, 1964).

IV.3.3 La première pousse ou « pointage »

Pendant cette opération, la levure va commencer son action et la pâte va augmenter de volume.

IV.3.4 La pesée et le façonnage

Après cette première fermentation, on donnera au pain l'aspect souhaité. On divise et pèse la pâte si nécessaire pour faire les « pâtons ».

IV.3.5 La deuxième pousse ou « apprêt »

Lors de cette opération qui doit durer de 1 heure à 1 heure 30 minutes, le pâton doit environ doubler de volume.

IV.3.6 Farinage et coupe des « pâtons »

Opération qui consiste à donner des coups de coupes au pain pour éviter qu'il n'éclate lors de la cuisson.

IV.3.7 Cuisson

La cuisson a pour but essentiel de gélatiniser l'amidon et de coaguler les protéines afin d'accroître leur digestibilité. Elle permet en plus d'assurer une durée de conservation convenable au produit par destruction des enzymes et des microorganismes.

Les pains cuits durant une longue période à faible température sont secs et de mauvaise qualité comparés aux pains cuits rapidement et à haute température. De plus, la vitesse de rassissement est plus importante dans le cas des pains cuits à faible température pendant un temps plus long.

Au début de la cuisson, il existe un temps de quelques minutes, entre la destruction de l'amylase à 50 °C et la gélatinisation de l'amidon à 60 °C, dans lequel la production de maltose et de dextrine est maximale. Cela augmente le collant de la mie, la porosité de la pâte et donc diminue la rétention gazeuse et le volume de pain.

Durant la cuisson la pâte s'étend encore et son volume relatif augmente de 4 à 7 fois. L'augmentation du volume est due à la forte activité de la levure qui continue à produire du CO₂ jusqu'à son inactivation à 50 °C, et à l'alcool produit qui s'évapore à 60 °C. Les

propriétés viscoélastiques de la pâte diminuent et donnent une fluidité importante à 50-60 °C avant que le gonflement de l'amidon ne soit significatif. La température de cuisson progresse de l'extérieur vers l'intérieur selon un gradient de température. A 60-70 °C l'activité de α -amylase est maximale, et elle est inactivée à 80-85 °C.

La gélatinisation de l'amidon commence à 60 °C et continue jusqu'à 70 °C en passant de l'état semi-cristallin à l'état état amorphe où il devient plus hydrophile.

La coagulation du gluten commence à 70 °C. Vers 90 °C la pâte acquière une structure semi-rigide qui se fige à 95°C. Il y a formation de la croûte à 100°C concomitante de la vapeur d'eau dans la mie, et à partir de 110 °C, c'est la dextrinisation puis la caramélisation.

Quand la température atteint 170°C - 230 °C, la réaction de Maillard entre groupements amines des protéines et groupements carbonyles des oses réducteurs intervient dans la coloration.

La durée de cuisson varie en fonction de la grosseur des pains, de 12 à 13 min pour les petits pains et 45 à 50 min pour les gros pains. L'appréciation de la cuisson se fait d'après le degré de résistance de la croûte et d'après la résonance du pain quand il est frappé du bout du doigt à sa partie inférieure (**BRULE *et al*, 2007**).

MATERIEL ET METHODES

I. Objectif du travail

Le pain occupe une place importante sur les tables algériennes. La ration alimentaire est principalement composée de pain.

Les techniques de fabrication ont évolué en fonction des connaissances et des habitudes de consommation.

Le pain de bonne qualité avec un bel aspect, une croûte bien colorée, odeur et saveur bien particulière, est désiré par tous les consommateurs. Cette qualité de pain dépend de deux facteurs primordiaux:

- ❖ Le savoir-faire des boulangers (la panification).
- ❖ La matière première (la farine).

Ce deuxième facteur (la farine) fait l'objet de notre étude, et lui-même est dépendant de plusieurs facteurs :

- ❖ Le blé dont elle est issu
- ❖ La préparation de blé avant la mouture
- ❖ La mouture elle-même

Le but de notre travail est de voir quelle peut être l'influence des différents cylindres (broyeurs, claqueur et convertisseurs) travaillant dans la mouture, et essayer de mettre le point sur les étapes de la mouture et/ou le matériel ainsi que le réglage des cylindres suspects d'être la cause d'une anomalie dans les résultats des analyses.

En fonction des résultats d'analyse nous orientons les farines vers la transformation adéquate à sa qualification (panification, biscuiterie, ou biscotterie).

II. Conditions expérimentales

II.1 Provenance des échantillons

Nos échantillons sont issus de différents passages du moulin industriel de Tademaït (Tizi Ouzou) qui utilise un appareillage type GOLFITO de diagramme type 535.

Le lot de blé moulu lors de notre échantillonnage, est un blé importé de type medium.

II.2 Traitement préliminaires du blé

- **Nettoyage du grain**

Les grains ont subi un nettoyage manuel pour les débarrasser de toutes impuretés étrangères (pierres, insectes...).

- **Conditionnement et mouture**

Le blé est additionné d'une certaine quantité d'eau pour ramener son humidité à 16.5% et conditionné entre 24 et 48 heures à température ambiante.

Le conditionnement permet une bonne séparation de l'amande farineuse des enveloppes lors de la mouture.

II.3 Stockage

Les échantillons ont été conservés à température adéquate au niveau du laboratoire de l'unité de Tademaït dans des sacs en papier kraft.

II.4 Échantillonnage

Les farines étudiées ont été prélevées soigneusement des différents passages du moulin : broyeur, diviseur, claqueur, convertisseur, et de la farine totale où toutes les farines sont mélangées.

III. Analyses physiques du blé

III.1 Poids à l'hectolitre (PHL) : NF V03-719 (AFNOR 1996)

Appelé aussi poids spécifique (PS), c'est la masse d'un hectolitre de grains exprimée en kilogrammes.

L'appareil utilisé appelé (Nelma-litre), qui a un volume d'un litre. Ils'agit de remplir largement la trémie d'un échantillon de blé débarrassé manuellement des grosses impuretés,

puis ouvrir l'obturateur et laisser couler les grains dans la mesure d'un litre, enfoncer le couteau raseur à fond, enlever la trémie, suspendre la mesure à la balance pour la peser avec précision. Chaque échantillon est traité en double essai et l'on obtient deux valeurs M1 et M2.

➤ **Expression des résultats :**

La masse à l'hectolitre de l'échantillon, exprimée en kilogrammes est égale à la moyenne M des deux valeurs M1 et M2 retenues. Le résultat s'exprime avec deux décimales, selon l'indication donnée par la norme :

$$M = (M1 + M2) / 2$$

D'après WILLIA (1998), les blés sont classés selon la valeur de leur poids spécifique portée dans le **tableau 8** :

Tableau 8: Ligne directrice pour l'interprétation du poids spécifique du blé (WILLIAMS, 1998)

Poids spécifique (Kg /Hl)	Interprétation
80-84	Blé très lourd
76-80	Blé lourd
72-76	Blé moyennement lourd
68-72	Blé léger
64-68	Blé très léger
60-64	Blé extra léger

III.2 Poids de mille grains

➤ **Principe**

Une prise d'essai est préparée en séparant les grains entiers. La prise d'essai est pesée et les grains entiers sont comptés. La masse des grains entiers est divisée par leur nombre et exprimée sur la base de 1000 grains.

Prélever par division une masse composée approximativement de 500 grains de l'échantillon tel quel.

Séparer les grains entiers, les peser à 1,01 g près et les compter. Dans le cas des céréales à paille, une masse de 30 g est en général conforme à cette instruction.

Effectuer deux essais.

La mesure du poids de 1000 grains (g) peut fournir une évaluation du degré d'échaudage d'un blé. Elle est déterminée par comptage mécanique de 1000 grains entiers à l'aide de l'appareil auto-adapté « NUMIGRAL » puis pesés.

➤ **Expression des résultats**

La masse de mille grains « M » est exprimée en gramme, est égale à :

$$M = \frac{M1 \times 1000}{N}$$

N : nombre des grains entiers retrouvés dans 30 g de blé sale.

M1 : la masse de mille grains exprimée en gramme.

IV. Analyses physicochimiques des farines

IV.1 Granulométrie ou taux d'affleurement: (AFNOR, NF 11-501)

➤ **Principe**

Le taux d'affleurement est la quantité de refus obtenus après tamisage de 100g de farine pendant 5 minutes à travers une série de tamis avec une ouverture de mailles décroissantes, ensuite les refus de chaque tamis sont pesés.

Ouverture des mailles des tamis utilisés :

- Pour la farine : 212 µm, 180 µm, 160 µm, 140 µm et 125 µm.

➤ **Expression des résultats**

La masse de refus obtenu est pesée et exprimée en pourcentage.

$$\text{Taux d'affleurement} = \frac{m_0}{m_1} \times 100$$

m_0 : Masse du refus en gramme.

m_1 : Masse de l'échantillon en gramme.

IV.2 Teneur en eau : (NF V 03-707)

➤ Principe

Son principe repose sur la détermination de la perte en masse après étuvage pendant 90 minutes, de 5g de farine dans une étuve adaptée et réglée entre 130 et 133°C. À la fin du chauffage, l'échantillon est refroidi dans un dessiccateur à plaque métallique ou en porcelaine contenant de l'anhydride phosphorique ou autre déshydratant. Une fois séchée, la capsule est pesée. La différence de poids représente la quantité d'eau initialement présente dans la farine.

➤ Expression des résultats

La teneur en eau est exprimée en pourcentage de masse de produit :

$$H\% = \frac{m1 - m2}{m0} \times 100$$

m0 : Masse en gramme de la prise d'essai

m1 : Masse en gramme de la prise d'essai et de la coupelle avant séchage

m2 : Masse en gramme de la prise d'essai et de la coupelle après séchage

Chaque essai étant effectué en double, l'écart entre les deux déterminations ne doit pas dépasser 0,1%.

IV.3 Dosage des cendres (ISO 2171,2007)

➤ Principe

Le principe de la méthode repose sur la calcination d'un échantillon de 2g de farine (pesé à 0,1 mg près), à une température de 550°C.

Avant de commencer l'incinération des échantillons, il est nécessaire d'ajouter de l'éthanol pour les enflammer (pré-incinération), après que le produit soit brûlé, on introduit les capsules à l'intérieur du four, et on attend la combustion complète de la totalité du produit qui dure au minimum 4 heures.

Il faut effectuer au moins deux déterminations pour le même échantillon.

➤ Expression des résultats

Le taux de cendre est exprimé en pourcentage par rapport à la matière sèche.

$$TC(\%) = (m2 - m1) \times \frac{100}{m0} \times \frac{100}{100 - H}$$

m_0 : masse en gramme de la prise d'essai.

m_1 : masse en gramme de la capsule d'incinération.

m_2 : masse en gramme de la capsule d'incinération et du résidu d'incinération.

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

V. Analyses technologiques de la farine

V.1 Détermination de la teneur en gluten

V.1.1 Gluten humide (ICC137)

➤ Principe

Pour mesurer la quantité de gluten, on réalise un pâton avec 10g de farine (m_0) mélangée avec 5ml d'eau salée. Après 10 mn de repos, on isole le gluten par lixiviation, c'est à dire par lavage du pâton sous un mince filet d'eau tout en malaxant afin d'évacuer l'amidon et les matières solubles dans l'eau. Le gluten (m_1) obtenu est essoré avant d'être pesé.

➤ Expression des résultats

La teneur en gluten humide (GH) est exprimée en pourcentage de la fraction massique de l'échantillon initial :

$$\text{GH (\%)} = \frac{m_1}{m_0} \times 100$$

V.1.2 Gluten sec (ISO 21415-4, 2006)

➤ Principe

Le principe du dosage du gluten sec repose sur le séchage ou l'élimination de la fraction d'eau présente dans le gluten humide à l'aide des plaques chauffantes.

Laisser les plaques chauffantes atteindre la température de service, prendre la boule de gluten humide obtenue par la méthode spécifiée précédemment, et la mettre entre les plaques chauffantes préchauffées, pendant 300s \pm 5s. Enlever le gluten séché des plaques chauffantes et le peser (m_2).

➤ Expression des résultats

La teneur en gluten sec (GS) exprimée en pourcentage de fraction massique de l'échantillon initial est égale à:

$$\text{GS (\%)} = \frac{M_2}{M_0} \times 100$$

V.1.3 Capacité d'hydratation du gluten

La capacité d'hydratation du gluten (CH) représente la quantité d'eau absorbée par le gluten.

$$\text{CH\%} = \frac{\text{Teneur en gluten humide} - \text{Teneur en gluten sec}}{\text{Teneur en gluten humide}} \times 100$$

V.2 Essai à l'alvéographe Chopin : (ISO 27971,2008)

Les tests à l'alvéographe Chopin ont été réalisés au niveau du laboratoire d'analyse du moulin industriel de Tademaït afin d'étudier la valeur boulangère et les propriétés plastiques des farines.

Ce test est le plus largement utilisé dans le monde pour mesurer la force boulangère d'une pâte à hydratation constante (**G.BRANLARD, 1998**).

L'alvéographe permet de déterminer la ténacité, l'extensibilité, l'élasticité et la force boulangère des farines.

➤ Principe

Cet appareil permet de déterminer la force boulangère d'une farine. Il mesure, sous pression, le travail de déformation d'une lamelle de pâte à hydratation constante.

La pâte, sous l'influence de la pression, gonfle et prend la forme d'une bulle qui grossit jusqu'à éclatement. La pression à l'intérieur de la bulle est enregistrée comme une courbe sur un support en papier et décrit un alvéogramme (figure 6). Une courbe moyenne est tracée à partir de l'enregistrement de 5 pâtons.

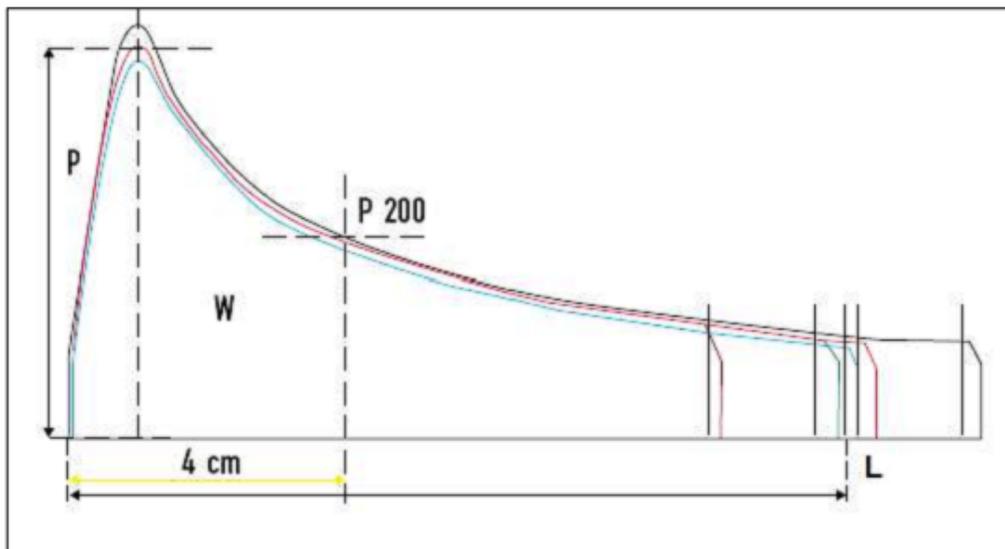


Figure 6: courbe alvéographique avec indication des différents paramètres mesurés (ROUSSEL, 2009)

➤ **Expression des résultats.**

La lecture d'un alvéogramme (Figure 6) se fait à travers les paramètres suivants (NAEGA 2005) :

- Le "W" : Il vient du mot anglais "Work" et désigne le travail au sens physique du terme. Sa valeur est proportionnelle à la Surface (S) de la courbe obtenue selon l'équation suivante :

$$W \text{ (joules)} = 6,54 \times S$$

Cette grandeur exprime la force boulangère de la pâte

- Le "P" : Correspond à la pression maximale d'air insufflée nécessaire à la déformation et donc à l'obtention de la bulle de pâte. Il exprime la ténacité de celle-ci et est donné en mm sur l'axe des ordonnées de l'alvéogramme.
- Le "L" : Ce paramètre correspond à l'extensibilité de la pâte depuis le début du gonflement jusqu'à éclatement de la bulle. Il indique l'élasticité de la pâte et l'allongement au façonnage. Il est donné en mm sur l'axe des abscisses de l'alvéogramme.

- Le "G" : Se rapporte au gonflement de la pâte qui est exprimé en cm³. Il est donné par l'équation suivante :

$$G \text{ (cm}^3\text{)} = 2,226 \times \sqrt{L}$$

- Le "P/L" : Ce rapport appelé "rapport de configuration de la courbe" ou "rapport de ténacité au gonflement", représente l'équilibre entre la ténacité et l'extensibilité de la pâte.
- Le "Ie" : Correspond à l'Indice d'Elasticité de la courbe. Il est donné par l'équation suivante:

$$Ie = P200/P_{max} \text{ (KITISSOU, 1995).}$$

P200 : Pression à 4 cm du début de la courbe.

- Les valeurs caractéristiques moyennes pour la panification selon la norme I.S.O. 5530/04 sont regroupées dans un tableau suivant.

Tableau 9 : Valeurs caractéristiques moyennes des paramètres alvéographiques pour la panification.

Appréciation	P (mm)	G (cm ³)	Ie	W (10 ⁻⁴ J)
Insuffisant	< 40	< 20	< 35	< 150
Moyen	40 – 60	20 – 22	35 – 45	150 – 180
Bon	60 – 80	22 – 24	45 – 55	180 – 222
Elevé	>80	>24	>55	>222

(ROUSSEL et CHIRON, 2005)

V.3 Test de panification

Le test de panification permet de :

- Déterminer la qualité boulangère des variétés de blé pures ou des mélanges,
- Rechercher une formulation optimisée (additifs, auxiliaires technologiques ou toute autre ingrédient) pour un processus de panification
- Contrôler l'aptitude d'une farine commerciale à être panifiée.

Les méthodes d'appréciation de la qualité des farines, qu'elles soient chimiques ou physiques, permettent d'approcher de près la valeur de celle-ci pour la panification. Toutefois, l'expérience montre que si le test est réalisé avec soin, il reste le moyen le plus fiable pour juger de la valeur boulangère des farines.

➤ Principe

L'essai de panification consiste à l'obtention d'une pâte par pétrissage intensifié d'un mélange formé de farine, eau, levure et sel sans autres ingrédients, suivi d'un pointage de 45 min, d'un façonnage manuel puis d'un long apprêt sur couche. L'incision des pâtons par plusieurs coups de lame est opérée, puis les pâtons sont mis au four pour une cuisson à 250°C pendant 25 min.

Les étapes de la panification sont portées dans la **figure 7**.

➤ Expression des résultats

La qualité boulangère est appréciée à chaque étape de fabrication du pain, du pétrissage jusqu'à l'observation du pain cuit et de la mie.

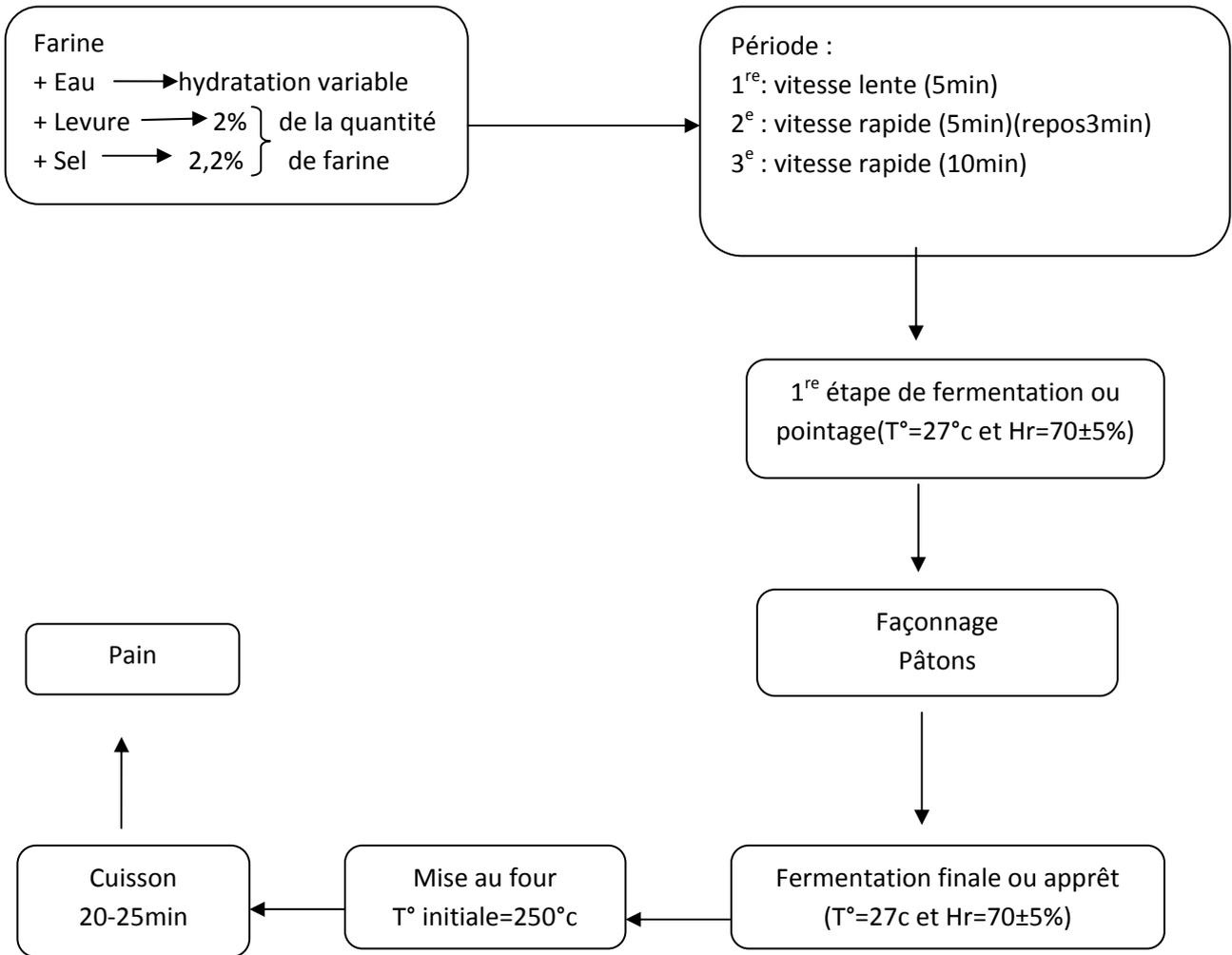


Figure 7:Schéma d'un test de panification C.N.E.R.N.A (1972).

RESULTATS ET DISCUSSION

I. Analyses physiques de blé

I.1 Poids à l'hectolitre

Le poids à l'hectolitre (PHL) se définit comme le poids des grains remplissant un volume donné, il est parfois utilisé pour prédire le comportement du blé au cours de la mouture (FEILLET, 2000).

Selon (KLEIJER et al, 2007) le PHL est utilisé depuis des décennies comme critère de qualité et reste employé dans de nombreux pays pour déterminer le prix. Le PHL du blé étudié est de **79,80kg/hl**.

Selon la classification de (WILLIAMS, 1998) ce blé appartient à la catégorie des blés lourds, donc denses et de bon rendement.

I.2 Poids de mille grains (PMG)

La taille du grain est une caractéristique essentiellement variétale, mais elle dépend également des conditions de culture, c'est aussi un indicateur du rendement technologique dans les industries de première transformation (ITCF, 2001).

Sur la base du poids de 1000 grains, les blés se classent comme suit :

De 80 à 60 g : gros blés ;

55 à 35 g : blés moyens ;

< 35 g : petits blés (GODON et WILLIAMS, 1998).

Pour notre échantillon de blé, le PMG est de **43,13g**. Les blés dont la valeur du PMG est entre 35 et 55g renferment des grains moyens.

Ceci nous conduit à déduire que notre échantillon renferme des grains moyens.

I.3 Humidité du blé

Selon MARTIN(1998), la détermination de la teneur en eau des blés est une opération capitale qui présente un triple intérêt :

- Intérêt technologique, pour la détermination et la conduite rationnelle de l'opération de récolte, de stockage ou de transformation industrielle.
- Intérêt analytique, pour rapporter le résultat des analyses de toute nature à base fixe (matière sèche ou teneur en eau standard).
- Intérêt commercial.

Elle renseigne sur la quantité d'eau à ajouter pour ramener l'humidité du grain à 16,5% dans le but d'avoir un bon taux d'extraction. , elle permet aussi d'évaluer les risques lors du stockage.

La teneur en eau de la variété étudiée est de **13,5%**.C'est une valeur qui permettrait une conservation correcte des grains de blé si cette option est mise en œuvre. Elle est en effet inférieure à la valeur maximale admise à savoir 16% selon DUBOIS (1996).

II. Analyses physicochimiques de la farine

II.1 Humidité des farines

Selon le décret exécutif algérien n°91-572 du décembre 1991 relatif à la farine de panification et au pain, la teneur en eau d'une farine de panification doit être inférieure à 15,5%. Les résultats d'humidité que nous avons obtenus de l'analyse des farines des différents passages ainsi que la farine totale (tableau 10), obéissent tous à la norme nationale (algérienne).

Tableau 10 : taux d'humidité des farines des différents passages.

Farine	Humidité(%)
Broyeurs	13,5
Diviseurs	13,7
Claqueurs	14,4
Convertisseurs	14,5
Farine totale	13,8

La pression exercée par les cylindres et la vitesse de rotation élève leur température et celles des produits (BOURDEAU ET MENARD, 1992). Selon GODON (1991), l'humidité des farines de passage diminue du cylindre lisse au cylindre cannelé.

Si on compare la fluctuation des taux d'humidité d'un passage à l'autre, on constate dans la courbe de la **figure 8** que la teneur en eau est importante dans la farine issue du claqueur et du convertisseur.

Les farines de passage proviennent des différentes régions histologiques du grain (FEUILLET 2000), selon le même auteur les farines des premiers passages proviennent du cœur de l'albumen. Celles isolées en fin de mouture proviennent de la couche à aleurone et du péricarpe, en passant d'un broyeur à l'autre la provenance de la farine issue de ce dernier approche de plus en plus de la périphérie.

La pénétration de l'eau dans les grains lors de conditionnement et en rapport avec le temps de repos.

Selon BOURDEAU (1992), une période de repos insuffisante lors de conditionnement de blé ne permet pas à l'humidité de se répartir uniformément dans le grain.

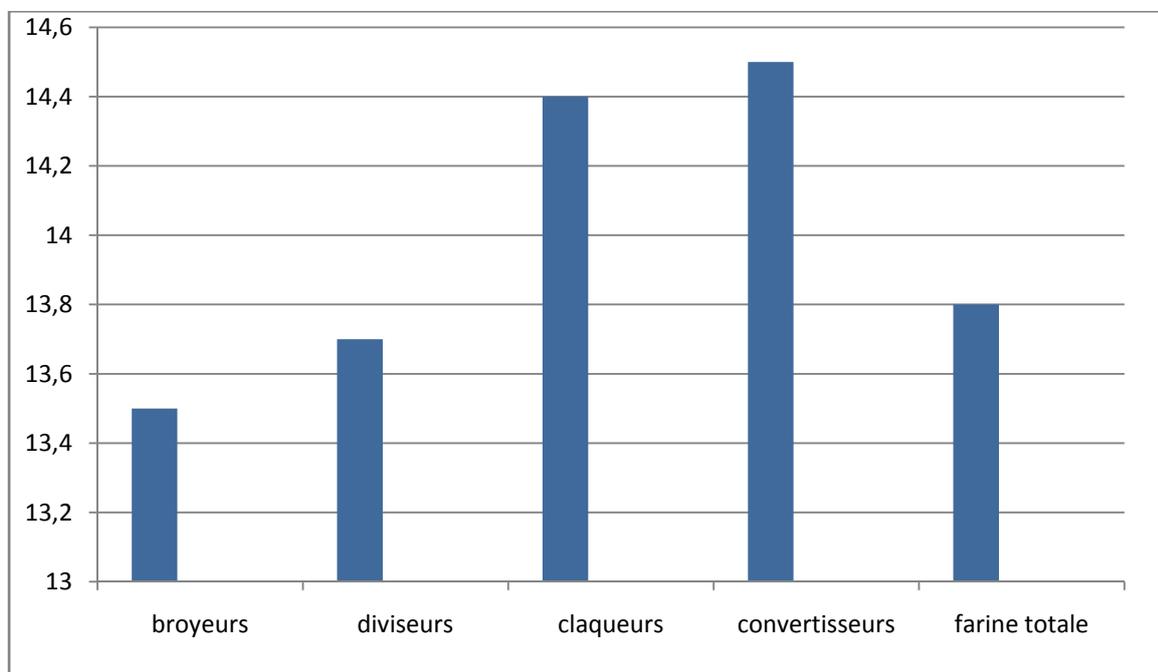


Figure 8 : évolution de l'humidité des farines de passages

II.2 Le 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 cœur de leur transformation, notamment la vitesse d'hydratation en dépend (**FEUILLET, 2000**).

La norme **AFNOR(1982)**, fixe pour une farine courante un taux de refus au tamis de maille 180 micromètre, inférieur à 10%. Les résultats notés dans le **tableau 11** montrent que les taux de refus des farines de chaque passage ainsi que celle de la farine totale concordent à la norme citée précédemment.

Tableau 11 : taux d'affleurement des farines des différents passages.

Farine	Taux d'affleurement(%)	Taux de refus(%)
Broyeurs	96	4
Diviseurs	95	5
Claqueurs	95	5
Convertisseurs	97	3
Farine totale	96	4

II.3 Taux de cendre

La mesure du taux de cendre a un intérêt essentiellement réglementaire et permet de classer les farines selon leur degré de pureté (**ICTF, 2001**). D'après **FEUILLET (2000)**, les meuniers utilisent la teneur en cendre afin de déterminer le taux d'extraction et de régler convenablement leur moulin.

En mouture, le produit issu en premier passage est de plus en plus pur que le produit du passage suivant (**BOURSON, 2009**).

Tableau 12 : taux de cendre des farines issues des différents passages.

Farine	Taux de cendre %
Broyeurs	0,43
Diviseurs	0,45
Claqueurs	0,56
Convertisseurs	0,67
Farine totale	0,58

La farine issue du broyeur et du diviseur a respectivement un taux de cendre de 0.43% et 0.45%. Ces valeurs sont inférieures à la norme qui est de 0.56% à 0.67%.

Pour les farines issues du claqueur, convertisseur ainsi que la farine totale, les taux de cendre sont respectivement de 0.56,0.67 et 0.58. Ces valeurs sont comprises dans l'intervalle 0.56 à 0.67 donné par **CALVEL (1984)**.

DELPHINE (2006), a noté qu'une teneur en cendres inférieure à 0.60%, permet à la fois de garantir une bonne valeur technologique mais également d'offrir des propriétés organoleptiques appréciées des consommateurs.

Selon **FEUILLET (2000)**, la farine totale et celle issue du claqueur ont un taux de cendre compris entre 0.5% et 0.6%, donc elle est du **type 55**. Celles du broyeur et du diviseur, le taux de cendre est inférieur à 0.5% donc elles sont du **type 45**. La farine issue du convertisseur est du **type 65** car elle présente un taux de cendre compris entre 0.62% et 0.75%.

Ces résultats sont probablement liés à l'origine histologique des échantillons prélevés. En effet, sur les premiers passages de la mouture et plus particulièrement sur les passages réduisant la farine de l'amande centrale, les produits obtenus sont quasi purs (**CUBADDA et al., 2009**). Au fur et à mesure de l'avancement des opérations, la mouture conduit à récupérer un produit de plus en plus minéralisé.

III. Analyses technologiques

III.1 Teneur en gluten

Les caractéristiques rhéologiques du gluten conditionnent en général une large part la qualité technologique des farines et des blés, ainsi que leur utilisation industrielle et leur valeur commerciale.

Delon **FEILLET (2000)**, les caractéristiques du gluten dépendent des propriétés des farines dont il est extrait. Le gluten des farines de mauvaise qualité s'hydrate plus facilement et se révèle plus visqueux et moins élastique que celui extrait à partir de farines de bonnes qualités.

Les résultats obtenus sur le gluten des différents passages des farines étudiées sont regroupés dans le **tableau 13**.

III.1.1 Le gluten humide

Selon **GRESLE (2000)**, le gluten humide conditionne la valeur technologique d'un blé. La teneur en gluten humide des différents passages varient de 21.7% à 24.6 %.

III.1.2 Gluten sec

Les farines issues des différents passages possèdent une teneur en gluten sec entre 7.2% et 8.2%.

La teneur en GS de la farine totale et celle issue du convertisseur appartient à l'intervalle préconisé en boulangerie à savoir entre 8 et 10%, par contre les farines issus du broyeur, diviseur et claqueur sont inférieurs à 8%.

III.1.3 Capacité d'hydratation

La capacité d'hydratation représente la quantité d'eau absorbée par le gluten. D'après nos résultats, on remarque qu'elle varie très peu. Elle passe de 66.38% pour la farine totale à 66.82% pour la farine issue du diviseur.

Ces taux sont conformes à la norme donnée par **CALVEL (1984)** qui est de 66%.

Tableau 13 : taux de gluten des différents échantillons des farines

Farine	Gluten humide	Gluten sec	Capacité d'hydratation %
Broyeur	22,8	7,6	66.66
Diviseurs	21,7	7,2	66.82
Claqueurs	23,1	7,7	66.67
Convertisseur	24,6	8,2	66.67
Farine totale	23,8	8,0	66.38

III.2 Caractéristiques alvéographiques

Selon LAUNARY (1997), cet essai a pour objectif d'estimer les propriétés physiques des pâtes lorsqu'elles sont soumises à de grandes déformations, telles qu'on observe lors des différentes manipulations mécaniques de la pâte au cours du pétrissage.

Les résultats de l'essai à l'alvéographe sont regroupés dans le **tableau 14**, de ce tableau il en ressort que :

III.2.1 La ténacité P

Les échantillons analysés montrent des valeurs de « P » entre 69,7 mm et 88,5 mm. Si on se réfère au tableau de ROUSSEL et CHIRON (2005) on peut dire que les farines issues du broyeur, diviseur et claqueur ont une bonne ténacité, et celles issues du convertisseur ainsi que la farine totale ont une ténacité élevée (>80mm)(**figure 9**).

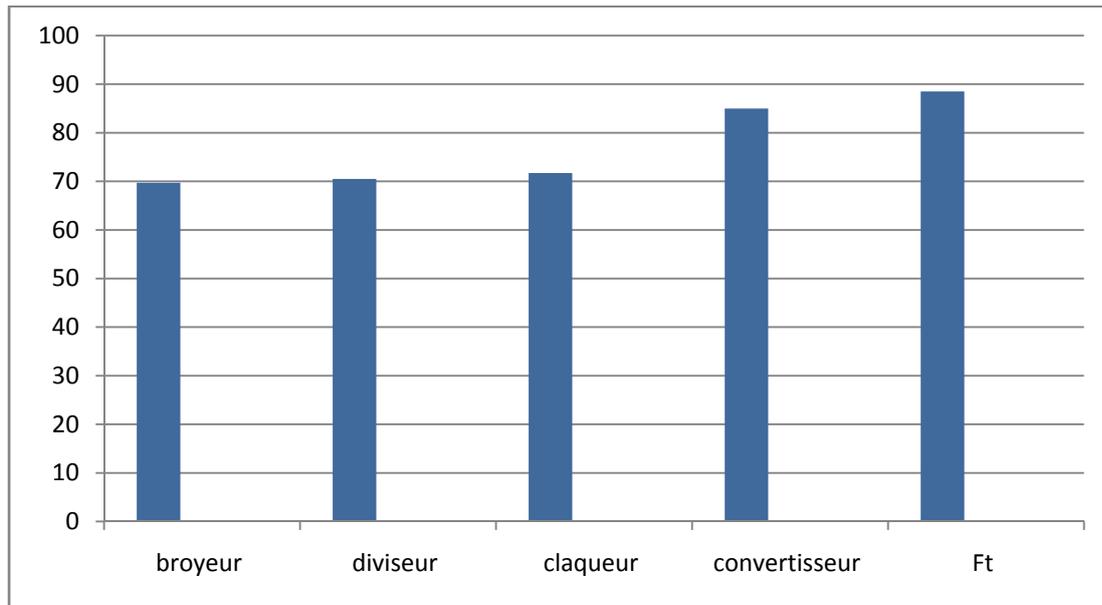


Figure 9 : évolution de la ténacité

III.2.2 Elasticité (L)

La **figure 10** montre que les valeurs de « L » varient de 56,18 à 99,57 (mm), ces valeurs sont supérieures à celles trouvées par **FOIS et al. (2011)** (38-72 mm).

Selon **RAO et al. (2010)**, « L » dépend de la teneur en protéines, par contre P est affectée généralement par les techniques de mouture. D'autre part, les facteurs génétiques et environnementaux sont des facteurs qu'on ne peut exclure.

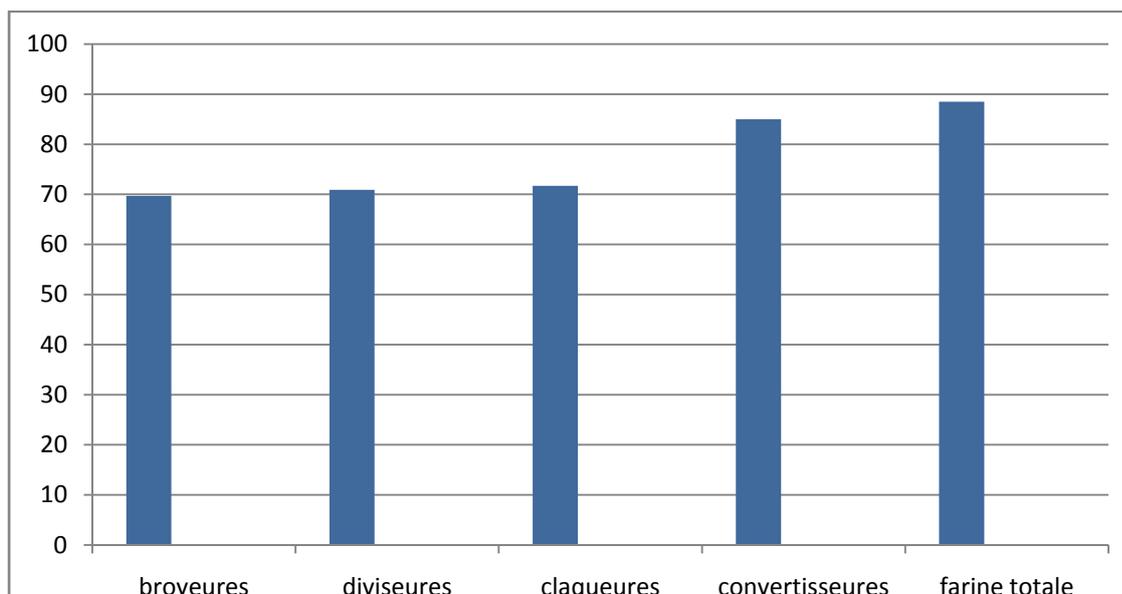


Figure 10 : évolution de l'élasticité « L » des différentes farines de passage

III.2.3 Rapport de configuration (P/L)

Le rapport de configuration P/L traduit l'équilibre général de l'alvéogramme c'est-à-dire l'équilibre de ténacité et d'extensibilité des pâtes formées (DUBOIS, 1996).

Selon DELFRATE et STEPHAN (2005), les farines qui ont un « P/L » élevé (supérieur à 1) donneront des pâtes trop tenaces, peu tolérantes au pétrissage et montreront une tendance à absorber beaucoup d'eau, ainsi qu'un faible gonflement. Alors que pour « P/L » faible (inférieur à 0,3) les pâtes seront trop extensibles et difficile à manier.

Selon les résultats illustré dans la (figure 11), nous remarquons que le rapport « P/L » évolue en fonction de la pression exercée par les différents cylindres lors de la mouture. Puisque le travail de compression influence positivement la ténacité et le rapport « P/L ».

Nous avons obtenus des valeurs importantes sur les cylindres lisses par rapport aux cylindres cannelés.

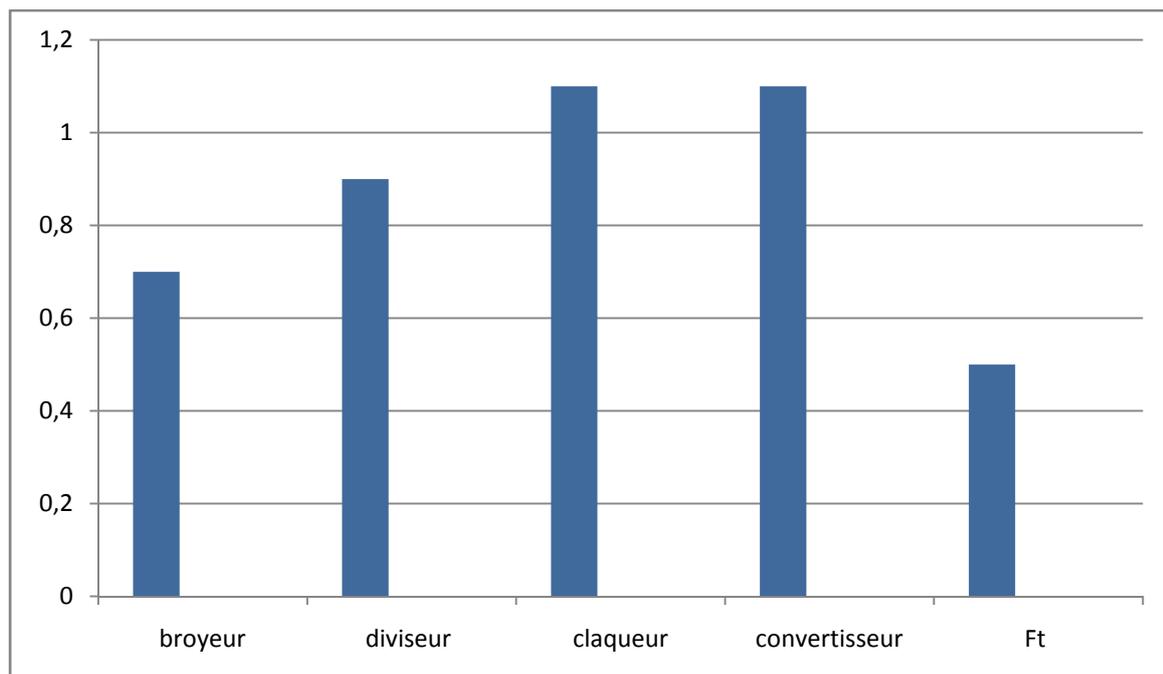


Figure 11 : évolution de rapport « P/L » des différentes farines de passage.

En panification, le ratio « P/L » ne doit pas dépasser 2, avec un optimum qui se situe entre 0,4 et 0,8 (BOGGINI et al., 1997).

III.2.4 Gonflement « G »

L'indice de gonflement « G » est un critère de la qualité des farines (COLLAS, 1991). Il renseigne sur l'extensibilité des pâtes et permet d'apprécier l'aptitude du réseau de gluten à retenir le gaz carbonique (GODON et LOISEL, 1997). Une forte extensibilité contribue à l'élaboration de pâtes collantes.

Les résultats obtenus dans la **figure 14**, permettent de constater que les valeurs de l'indice de gonflement sont inférieures à celles préconisées par ROUSSEL (1980) qui rapporte qu'une farine panifiable doit avoir un indice de gonflement compris entre 20 et 24 cm³.

En tenant compte des résultats obtenus à l'analyse alvéographiques des farines de passage on constate que les farines issues du broyage présentent un gonflement élevé par rapport aux farines du convertissage.

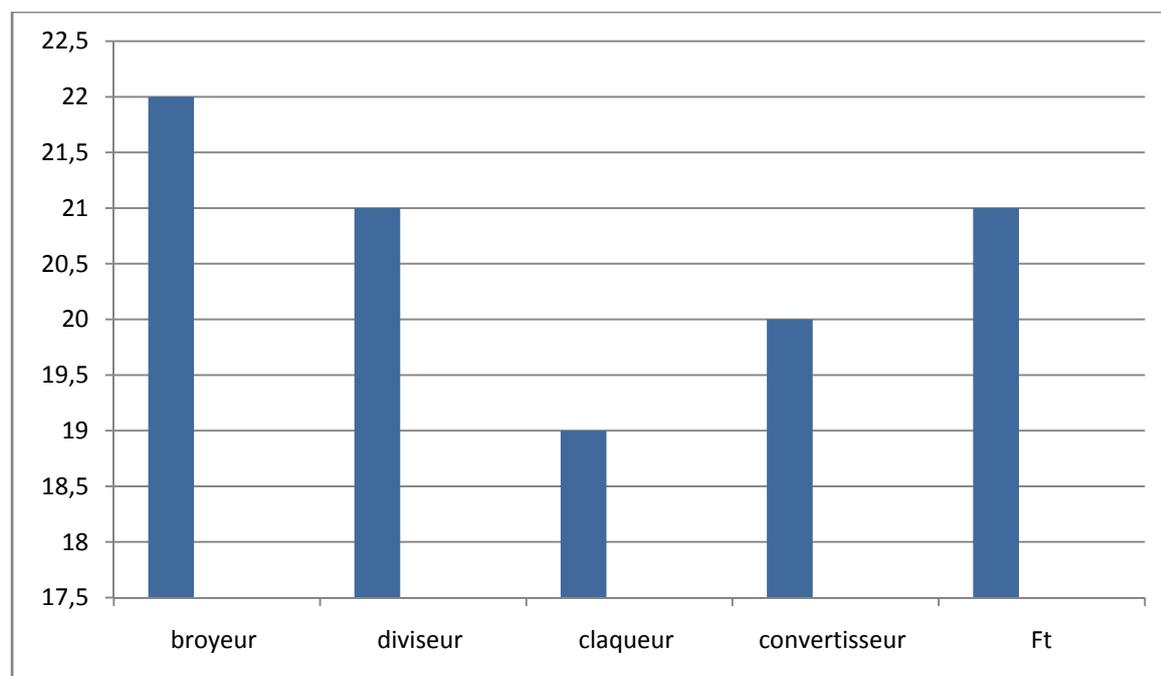


Figure 12 : Évolution du gonflement « G » des farines.

III.2.5 Force boulangère « w »

La qualité boulangère est le paramètre le plus utilisé dans les transactions commerciales. Il caractérise la force d'une farine. CALVEL(1981) a noté que si ce paramètre a de l'importance, sa signification reste limitée si l'on ne tient pas compte des autres caractéristiques alvéographiques.

BERLAND et ROUSSEL (2005) classent en fonction du « w » :

- $W < 150$: force boulangère insuffisante ;
- $150 < W < 180$: force boulangère moyenne ;
- $180 < W < 220$: bonne force boulangère ;
- $W > 220$: force boulangère élevée.

Les résultats des analyses alvéographiques pour les différentes farines de passage (**tableau14**) montrent une fluctuation de (W) d'un passage à l'autre de 120 à 170.

Nous remarquons dans la **figure 13** que la farine issue du convertisseur et la farine totale ont une force boulangère moyenne, par contre les farines du : (Broyeur, diviseur et claqueur) montrent des valeurs de (W) relativement faible.

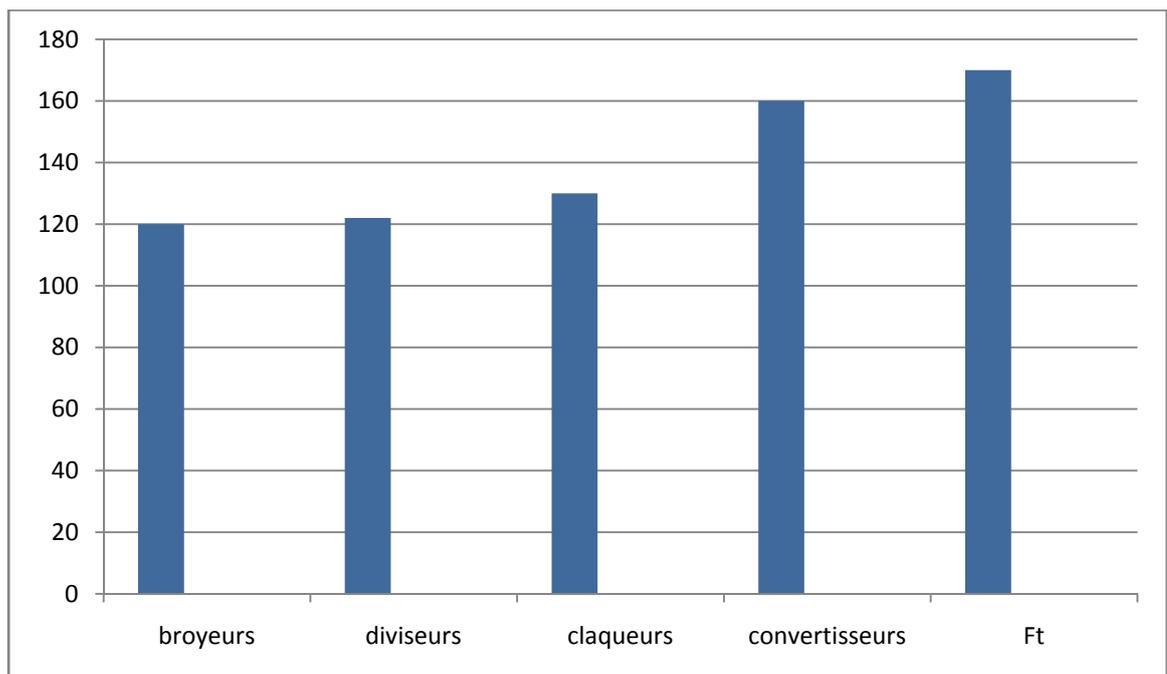


Figure 13 : évolution de la force boulangère « W »

Selon le tableau de (**ROSSEL et CHIRON, 2005**) on peut classer nos échantillons des farines selon leur force boulangère en deux classes:

- Force boulangère **insuffisante** (<150) on trouve dans cette classe les farines de trois premier passage (broyeur, diviseur, claqueur)
- Force boulangère **moyenne** (150-180j) : on trouve les farines du convertisseur et la farine totale

L'utilisation préconisée pour ces farines en fonction de leur force boulangère est:

- Biscuiterie: ($w \leq 130$), farine de broyeur, diviseur et claqueur
- Panification: ($130 < W < 180$), farine de convertisseur et la farine totale.

Tableau 14 : Résultats des analyses alvéographiques

Type de farine	G (cm ³)	W (10 ⁻⁴ j)	L	P	P/L
Broyeurs	22	120	99,57	69,7	0,7
Diviseurs	21	122	78,78	70,9	0,9
Claqueurs	19	130	65,18	71,7	1,1
Convertisseurs	20	160	77,27	85	1,1
Farine totale	21	170	80,45	88,5	0,5

Les courbes alvéographiques des 5 farines sont donnés en annexe 1

IV. Test de panification

Le test de panification est un test direct d'appréciation de la qualité des blés tendres, il permet de s'assurer d'une façon générale de la valeur boulangère d'un lot de blé ou d'une farine. Il permet toutefois d'apporter un jugement objectif sur la farine testée, la pâte et le produit fini.

Dans notre étude, nous avons appliqué la formule de panification indiquée par **C.N.E.R.N.A** qui est la suivante :

- Farine : 1000g
- Sel : 22g (2,2% de la farine)
- Levure : 20g (2% de la farine)

Ainsi qu'un recueil de descripteurs organoleptiques qu'**AFNOR** a retenu dans la norme **NF V 03-716** pour apprécier la qualité de la pâte et du pain dans chaque étape de panification de chaque farine de passage.

IV.1 Appréciation des pâtes

D'une manière générale, nous avons remarqué que la majorité des pâtes obtenues lors des différentes phases de la panification répondent plus ou moins aux exigences de la boulangerie, en effet le travail des pâtes était facile à l'exception des pâtes issues des farines du broyeur qui présentent une machinabilité médiocre, contrairement aux pâtes issues des farines du claqueur et du convertisseur qui se sont montrées plus fermes.

Après pétrissage toutes les pâtes avaient un aspect lisse, sauf celle issue du claqueur selon (ROUSSEL, 2002) cela est dû au gluten cassant.

Toutes les pâtes se sont montrées peu collantes à la paroi du pétrin, sauf celle issue des farines du broyeur qui s'est montré collante et cela peut être la conséquence d'un gluten extensible.

L'élasticité des différentes pâtes était bonne sauf celles issues des farines du diviseur et du claqueur qui ont données des pains moins développés.

Parallèlement au pointage, la fermentation finale ou apprêt s'est manifestée par une poussé plus rapide pour les pâtes issues des farines du convertisseur et la farine totale ce qui est expliqué par une forte activité enzymatique issue des parties périphériques du grain et la présence de plus de sucres fermentescibles. Le **tableau 15** résume les critères d'appréciation des pâtes.

Tableau 15 : Résultats d'appréciation des pâtes

Critères		Observation				
		Broyeurs	Diviseurs	Claqueurs	Convertisseurs	Farine totale
Pétrissage	Lissage	Bon	Bon	Légèrement grossière	Bon	Bon
	extensibilité	Bon	Bon	Insuffisant	Insuffisant	Bon
	collant	Excès	Normal	Normal	Normal	Normal
	élasticité	Bon	insuffisante	Insuffisante	Bon	Bon
	Relâchement	Excès	Normal	Ferme	Ferme	Ferme
Pointage		Plate	Ronde	Peu ronde	Ronde	Ronde
Façonnage	relâchement	Relâche	Normal	Normal	Normal	Normal
	Extensibilité	Bon	Bon	Moins	Moins	Moins
	élasticité	Bonne	Terreuse	Terreuse	Bonne	Bonne
Apprêt : déchirent		Absent	Absent	Absent	Absent	Absent
Mise au four : pâton		Plat	Rond	Normale	Normal	Normal

La meilleure pâte est celle issue de la farine totale car elle présente les meilleures des critères de panification par rapport aux pâtes issue d'autres passages.

Lors de pétrissage la pâte se montre ferme, avec une bonne élasticité et extensibilité, facile à manipulée.

IV.2 Appréciation des pains

Le pain doit présenter des critères de qualité recherchés par le consommateur concernant son développement, sa cuisson, son aspect, et sa flaveur.

Un bon pain doit être bien développé en donnant une impression de légèreté et d'une bonne cuisson, ayant une forme régulière et symétrique sur toute sa longueur.

Très souvent le pain est attirant avec son aspect extérieur, avec une croûte lisse, mince brillante et croquante, des coups de lame bien jetés. La croûte doit être adhérente à la mie et que cette dernière doit être bien aérée et non collante.

Le pain apprécié aussi par sa flaveur doit être agréable et appétissant, et une couleur d'une croûte dorée et une mie blanche.

D'après les résultats obtenus dans le **tableau 16** on peut remarquer que :

Les pains issues des farines des diviseurs et claqueur ont des sections plates et moins développées avec une mie peu aérée, ou serrée et les autres pains ont des sections normales, ainsi tous les pains paraissent peu développées, maigres et lourds. Cela peut être traduit par des farines d'une force boulangère faible à moyenne. **(ROSSEL, 2010)**

La couleur de la croûte des pains obtenus passe d'une couleur pale (cas de pains de diviseurs) à une couleur plus ou moins normale pour le reste des pains.

(GODON, 2005) ont attribué la coloration de la croûte des pains aux réactions de Maillard qui font intervenir les sucres simples et les acides aminées.

D'après **(CALVEL, 1964)** les pains pales sont dus à des farines pauvres en sucres simples et en diastase dû à un taux d'extraction faible, et des pains rouges sont dus par la présence en excès des sucres simple obtenus par un excès d'amidon endommagé et une forte activité amylasique et un taux d'extraction plus élevée.

Nous constatons dans le **tableau 16** que la coloration de la mie des différents pains varie d'une couleur blanche vers une couleur crème en avançant dans la mouture.

Tableau 16 : Résultats d'appréciation des pains.

Critère		Observations				
		Broyeurs	Diviseurs	Claqueurs	Convertisseurs	Farine totale
Aspect extérieur	Section	Normale	Plate	Plate	Normale	Normale
	Couleur de la croûte	Crème	Pale	Crème	Dorée	Dorée
	Coups de lame	Peu jetée	Non jetée	Jetée	jetée	Jetée
	Nature de la croûte	Dure normale	Molle fine	Croustillante fine	Croustillante normale	Croustillante normale
Aspect de la mie	Couleur	Blanche	Blanche	Blanche	Crème	Crème
	Texture (alvéoles)	Peu aérée	Serrée	Peu aérée	serrée	Peu aérée
Flaveur		Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne
Poids des pains		275	280	270	255	260

Les pains les plus consommés sont des pains à bonne flaveur, avec une couleur dorée et présentent une croûte croustillante avec une mie blanche et légère, donc le pain le plus adapté aux exigences des consommateurs est celui issue de la farine totale.

Les figures des différents pains obtenus sont en annexe 2.

CONCLUSION

L'objectif de ce travail est la détermination des caractéristiques physico-chimiques et technologiques des différents passages du moulin industriel ERIAD Tademaït.

Les résultats des analyses physiques du blé réceptionné nous ont permis de tirer les conclusions suivantes :

- ✓ Concernant le poids à l'hectolitre, le résultat obtenu a montré que le blé est lourd ;
- ✓ Le poids de 1000 grains a montré que le blé est constitué de grains moyens ;
- ✓ La teneur en eau du blé permet une conservation correcte ;

Les analyses physico-chimiques et technologiques des farines des différents passages, nous a permis de tirer les conclusions suivantes :

- ✓ Pour le taux d'humidité, les résultats obtenus pour tous les échantillons sont conformes aux normes.
- ✓ Le taux de cendre nous a permis de classer nos échantillons en 03 catégories : type 45, type 55 et type 65.
- ✓ Les résultats concernant le taux d'affleurement sont t supérieurs à 95 %, ce qui montre une bonne maîtrise du diagramme de mouture.
- ✓ Pour la teneur en gluten sec, seul la farine totale et celle issue du convertisseur sont conformes à la norme.
- ✓ Concernant les caractéristiques alvéographiques, les résultats obtenus nous ont permis de classer nos échantillons en deux catégories : farines du broyeur, diviseur et claqueur destinées à la biscuiterie et celle issue du convertisseur ainsi que la farine totale pour la panification.

L'essai de panification nous a permis d'apprécier l'aptitude des 5 farines à donner des pains de bonnes qualités, et de porter un jugement direct, à la fois, sur la qualité de la pâte au cours des différentes étapes (machinabilité, tolérance au pétrissage, activité fermentative, comportement en cours de cuisson, etc.) et sur la qualité du pain obtenu (aspect de la mie, couleur de la croûte, etc.). Parmi les 5 farines étudiées, c'est la farine totale qui donne le meilleur pain.

Il serait intéressant de :

- ✓ Faire des analyses biochimiques sur le blé ainsi que sur les farines de passage : teneur en protéines et en lipides afin de mieux interpréter les résultats ;
- ✓ Mesurer la consistance des pâtes au cours du pétrissage par le farinographe ;
- ✓ Mesurer le volume des pains.

Il conviendrait aussi d'élargir ce travail par une étude de l'influence des améliorants sur la force boulangère du blé tendre et la tolérance des pâtes au pétrissage.

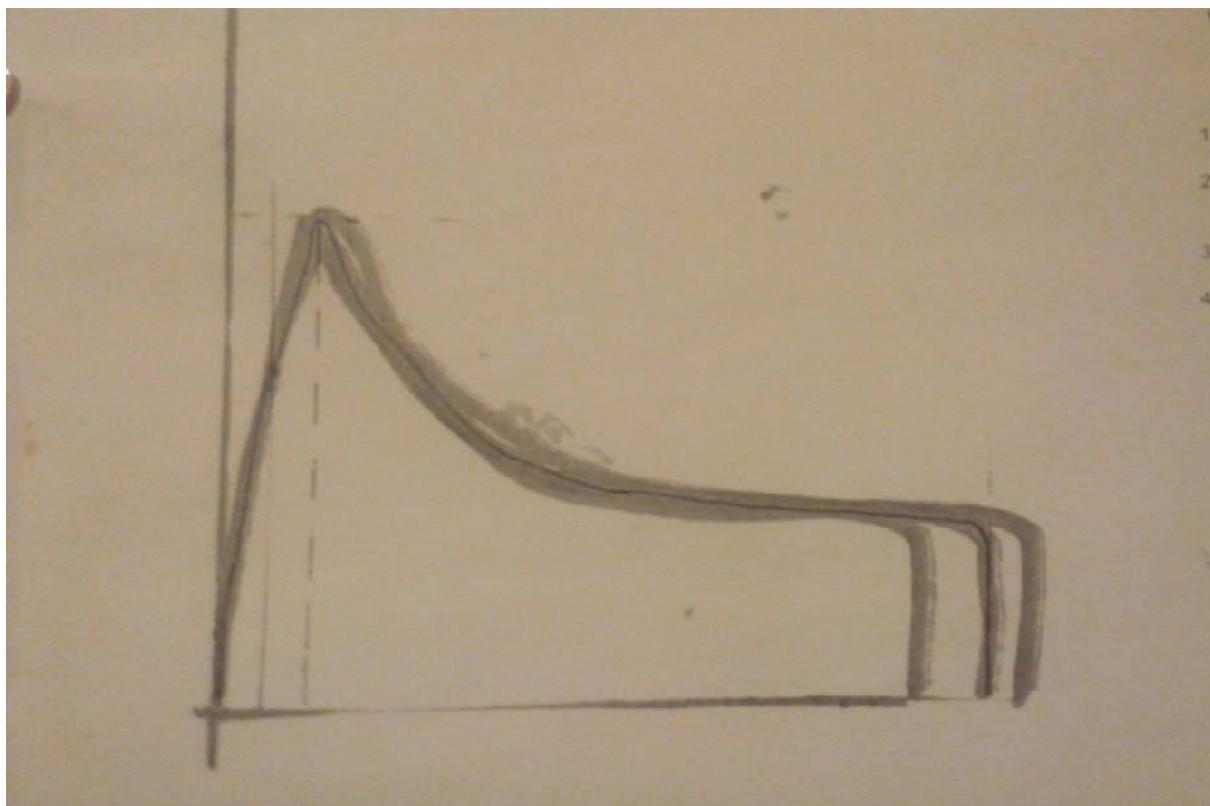
• **LES REFFERANCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- **ABECASSEIS J. ET CHAURAND M. (1995)** : appréciation de la valeur d'utilisation du blé dur en semoulerie et pastification .In : guide pratique d'analyse dans les industries des céréales, Ed : Tec et Doc, Lavoisier paris. 2^{ème} édition 746-774.
- **Anonyme, (2012)**: <http://www.meuneriefrancaise.com/content.asp?IDD=33591>
- **Anonyme, (2007)** : Cours de Céréales présentée par Mme GHARIB et Mr BOUASLA, A.
- **BOGGINI G, TUSA P, DI SIKVESTRO S. et POGNA, N. E., (1997)**.Agronomical and quality characteristics of durum wheat lines containing the 1BL/1RS translocation. J. Genet. Breed., n. 53, pp. 167-172.
- **BOURDEAU, A. et MENARD, A (1992)** le blé élément fondamentaux et transformation. Les presses de l'université LAVAL, Canada.
- **BOURSON, Y (2009)** : mouture de blé tendre et techniques d'obtention de la farine, édition techniques de l'ingénieur.
- **BRULE, G. JEANTET, R. SHUK. P, CROGUAENNEC (2007)** : sciences des aliments technologies des produits alimentaires tome 2 Lavoisier Paris.
- **CALVEL (1964)** : que sais-je ? Le pain. Paris : presses universitaires de France.
- **CALVEL (1984)** : la boulangerie moderne, Ed ; EGROLLE. France, p459.
- **COLAS, A. (1991)**:Définition de la qualité des farines pour différent utilisations en industrie de première transformation des céréales, Ed .Tec et doc, Lavoisier. Paris.
- **COLAS (1997)** : dosage des cendres et matière minérale. In guide pratique d'analyse dans les industries des céréales. Ed ; Tec et Doc, Lavoisier, paris.
- **DACOSTA (1986)** : le gluten de blé et ses applications, Ed, APRIA, paris.
- **DELFRATE R. et STEPAHAN C. (2005)** : mieux connaitre la farine : spécial analyses, les nouvelles de la boulangerie.
- **DEXTER JE, PRESTON K R, MARTIN N D.G et GANDER EJ, (1994)**: the effects of protein content and starch damage on the physical dough properties and bread making quality of Canadian durum wheat J. cereal science
- **DOUMANDJI, A. DOUMANDJI, S et DOUMANDJI, B, M (2003)** : Technologie de transformation des blés et problèmes dus aux insectes en stock. Ed, office des publications universitaires. p129.

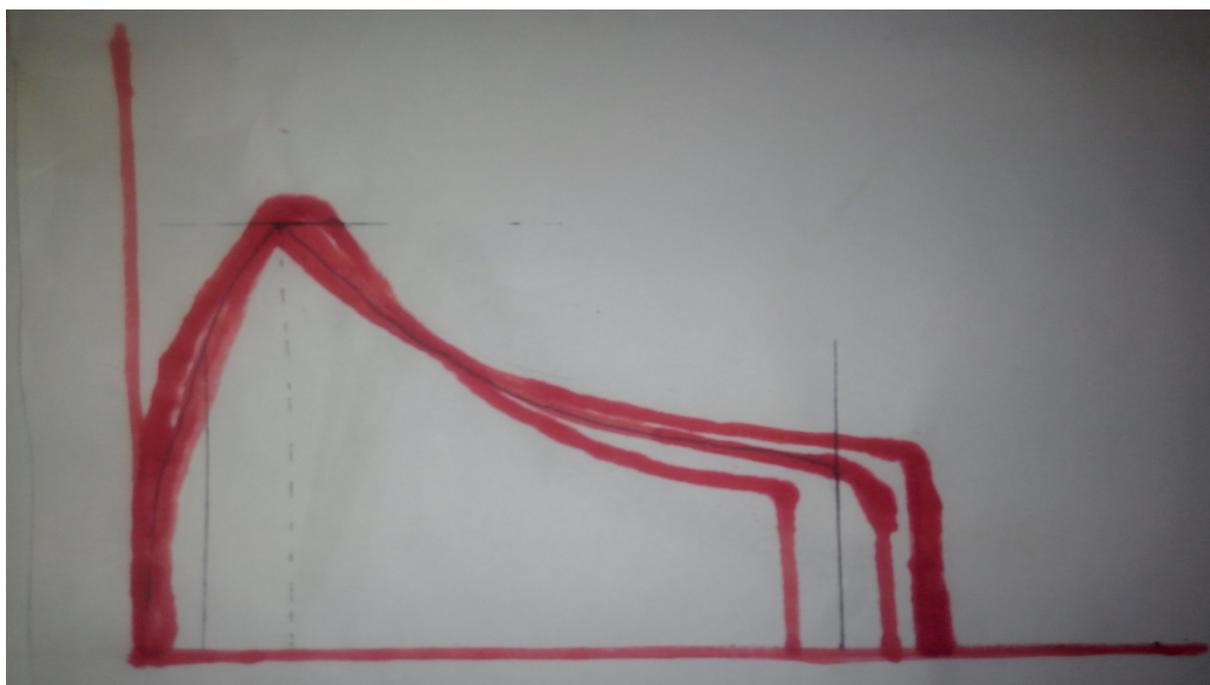
- **DUBOIS (1996)** : les farines : caractéristiques des farines et des pâtes. In : industries des céréales. N°97. Ed : Lavoisier. Paris.
- **EMILLIE, (2007)**: Connaissance des aliments base alimentaire et nutritionnelles de la diététique, ED: Tec et doc. Lavoisier, paris.
- **FEILLET, (2000)** : Le grain de blé, composition et utilisation, Ed: INRA, paris.
- **FOIS S. SANNA M. STARA G. ROGGIO T. et CATZEDDU P. (2011)**: Rheological properties and baking quality of commercial durum wheat meals used to make flat crispy bread. Eur. Food Res. Technol. N° 232,(p.713–722).
- **GODON, B et J.C LASSERAN, (1989)** : Guide pratique d'analyse dans les industries des céréales, Ed, Tec et doc .Lavoisier, paris.
- **GODON, B (1991)** : biotransformation des produits céréaliers.
- **GODON, B. WILLM, C (1998)** : Industrie des premières transformations des céréales, Tec et doc, Lavoisier. Paris.
- **GODON, B (1982)** : biotransformation des produits céréaliers, Tec et doc .Lavoisier, paris.
- **GODON, B et LOISEL, (1997)** : guide pratique d'analyses dans les industries des céréales 2^{ème} édition : Tec et Doc. Lavoisier. Paris.
- **GRESEL. E. (2000)**. Les caractéristiques des blés de récolte 1999, vues par la méthode Gluten index. Industries des céréales, n. 118, p. (20-27).
- **GUBTA, R. BATEY, B. et MC RITCHIE, F, (1991)** : Relation entre la composition des protéines de blé, céréale chemistry 69. p, (125-131).
- **GUINARD J Y et LESJEN P (2004)** : le livre de boulanger. Ed, DELGRAVE.
- **KLEIJER G ; LEVY I ; SCHWERZEI R ; FOSSATI D ; et BRABANT C. (2007)** : relation entre le poids a l'hectolitre et plusieurs paramètres de la qualité dans le blé, revue suisse Agric.
- **LAUNAY B et BARTOLUCCI, J, C (1997)** : teste de panification In guide pratique d'analyse dans les industries des céréales. Collection science et technique agroalimentaire. 2^{ème} Ed : Tec et Doc : Lavoisier. Paris.
- **MARTIN G (1998)** : l'eau dans les céréales In les industries de première transformation des céréales. Collection science et technique agroalimentaire. Tec et Doc : Lavoisier. Paris.
- **ITCF (2001)** : control de la qualité des céréales et des protéagineux. Guide pratique ITCF. Laboratoire qualité des céréales

- **BENHANIA, Z (2013)** mémoire, de fin d'étude de l'université d'Ouargla sur la fabrication de la farine et contrôle de sa qualité.
- **MEREDITH, (1964)**: a theory of gluten structure, cereals science today p54.
- **PANNAZZO ET EAGLE, (1998)**: rate and duration of grain felling and grain nitrogen accumulation of wheat cultivable grown in different environment Australian of agricultural resource 50, (p 1007-1015).
- **PANNAZZO ET EAGLE, (1998)**: rate and duration of grain felling and grain nitrogen accumulation of wheat cultivable grown in different environment Australian of agricultural resource 50, (p 1007-1015).
- **RAO B. N. POZNIAK C. J. HUCL P. J. et BRIGGS C. (2010)**. Baking quality of emmer-derived durum wheat breeding lines. Journal of Cereal Science, n. 51, (p. 299–304).
- **ROUSSEL P et CHIRION H (2005)** : les pains français : évolution, qualité, production science et technologie des métiers de bouche, ISSM 1297-2606.
- **ROUSSEL P (1980)** : caractéristiques boulangères des blés : industries des céréales.
- **ROUSSEL P ; CHIRON H ; DELLA V et NDIAYE A (2010)** : glossaire terminologique appliqué au pain français.
- **TAZEROUT C. YOUYOU S. (2009)**. Etude de quelques facteurs influençant l'évolution de la fraction lipidique et de l'activité lipoxygénasique d'une pâte de farine de blé tendre au cours du pétrissage : vitesse et durée de pétrissage, ajout de farine de soja. Mémoire d'ingénieur. Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Alger. (114p).
- **WILLIAMS, J; WIESER, H et SEILMEIR, W. (1987)**: the influence of nitrogen fertilization on qualities and proportion of different proteins types in wheat flour. Journal of the science of food and agriculture, ISSN 0022-5142, DA, 1995, vol, 76, No 1, p 49-55.
- **WILLM C (2001)** : étude d'un diagramme 200t/24h pour blé tendre. Industries des céréales N°123 juin/juillet 2001.
- **WILLM C et FOURRB (1998)** : La gestion des cendres en meunerie. Industrie des céréales N°108 juin/juillet 1998.

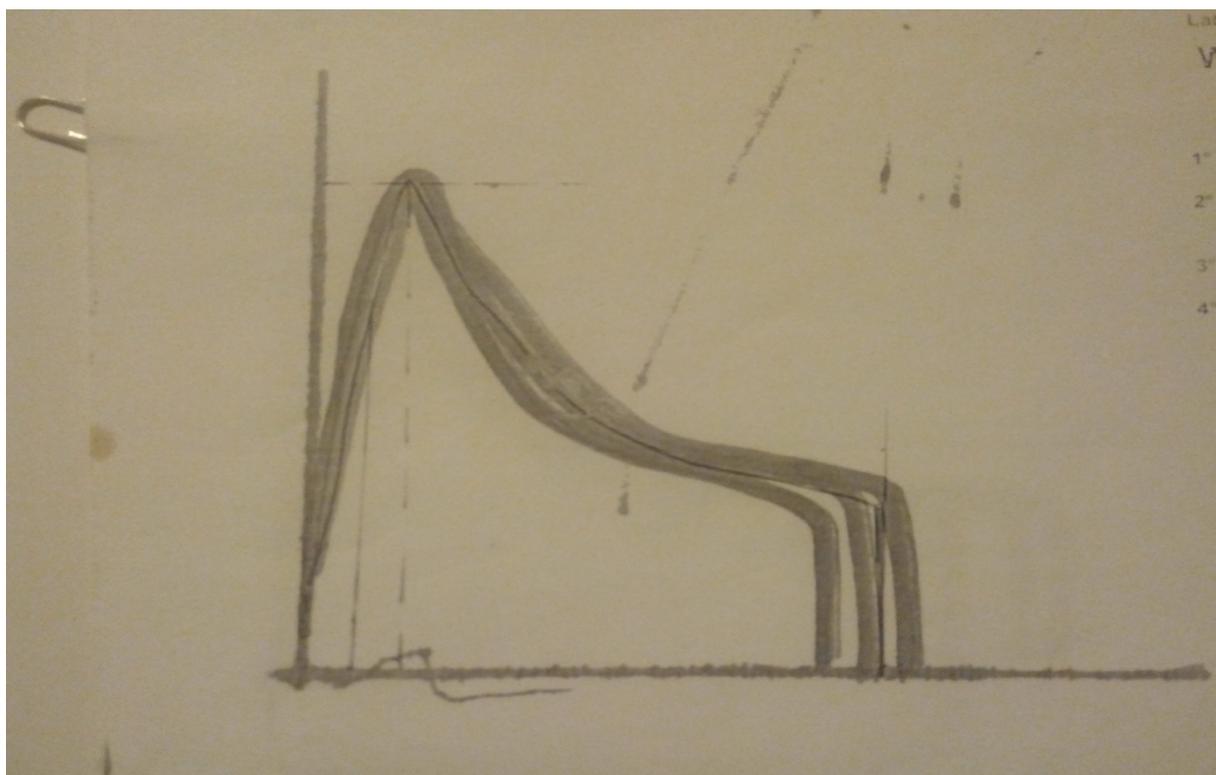
Les alvéogrammes de Chopin des différentes farines de passages :



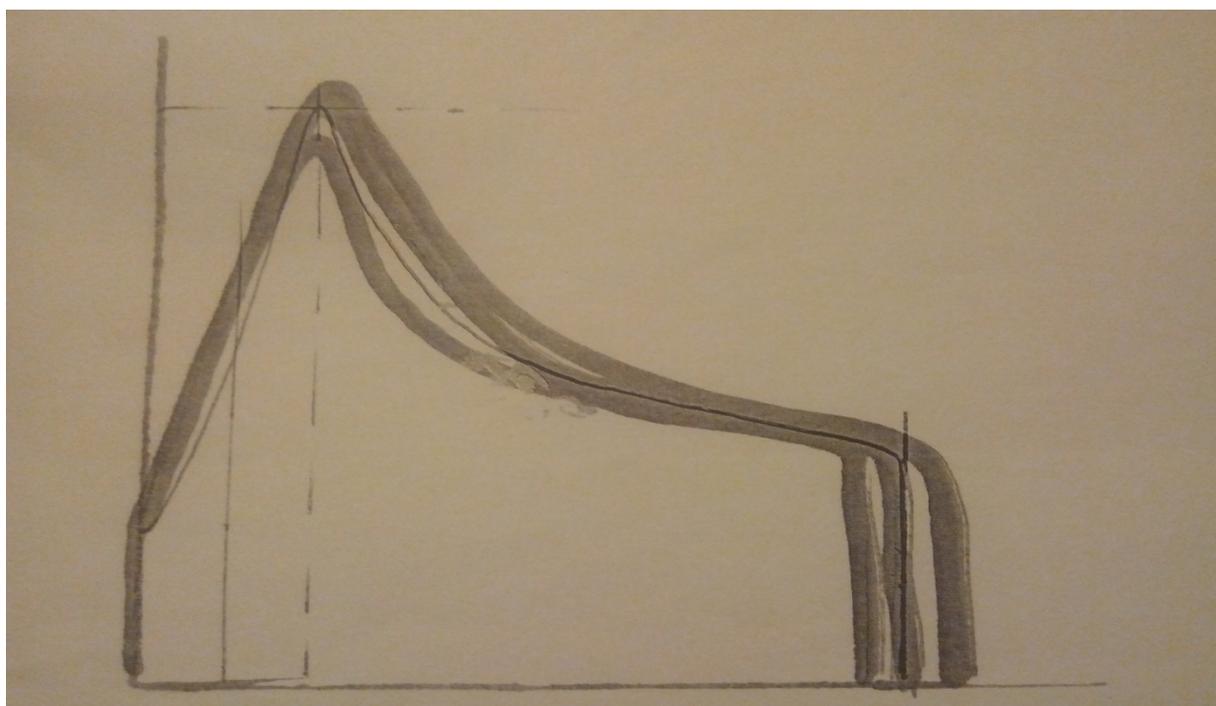
Alvéogrammes de farine des broyeurs



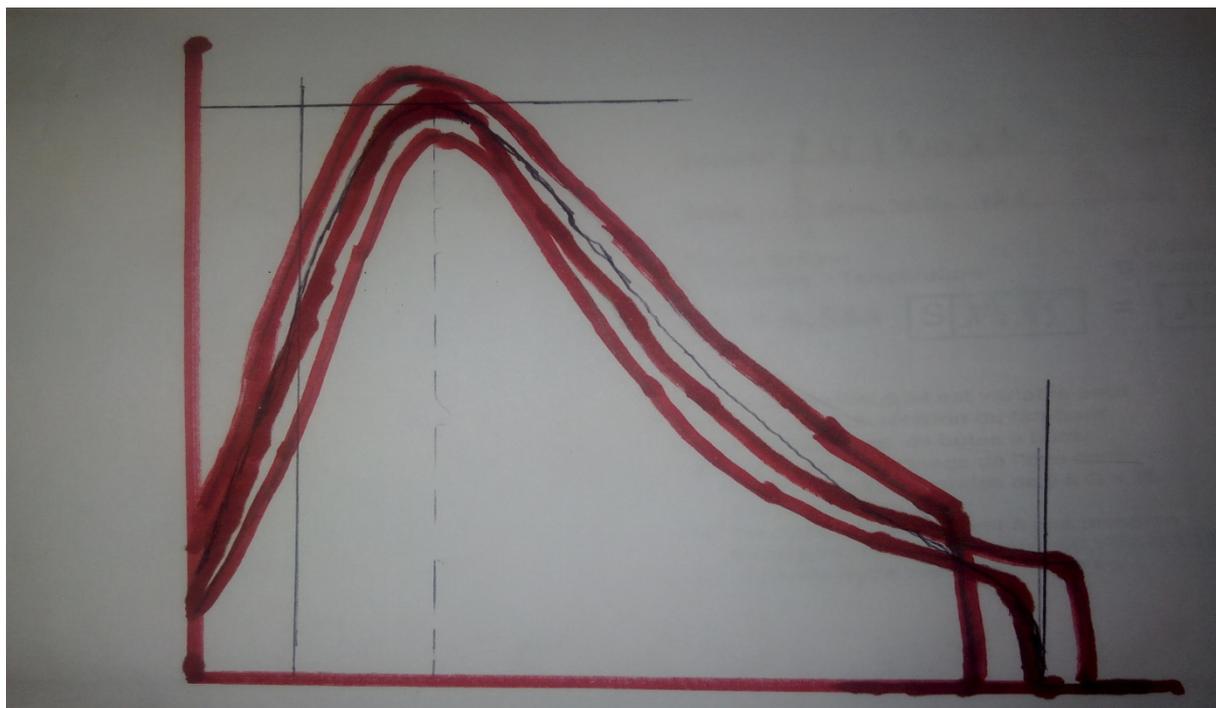
Alvéogramme de la farine de diviseur



Alvéogramme de la farine des claqueurs



Alvéogramme de farine des convertisseurs



Alvéogramme de la farine totale

Les photos de teste de panification



Pain issue de farine des broyeurs



Pain issue de farines des claqueurs



Le pain issu de farine des diviseurs



Pain issu de farine des convertisseurs



Pain de farine issue de la farine totale

RESUME

L'incessante croissance de la consommation des produits de boulangerie en Algérie, fait l'augmentation de potentiel de fabrication de la farine, et le perfectionnement de ces capacités en termes de qualité, une nécessité de l'industrie meunière.

La meunerie représente la courroie de transmission dans la filière blé-farine-pain qui fait lien entre l'amont et l'aval, dont la qualité de la farine dépend du processus de transformation, la mouture proprement dite et les étapes antécédentes (nettoyage, et conditionnement).

Les farines issues des passages de la mouture dont leurs combinaison à des portions différentes produit la farine entière commercialisée, font l'objet d'une étude, afin d'évaluer le fonctionnement de moulin industriel Tademaïte, ainsi que d'orienter les farines des différents passages vers la transformation adéquate à ces caractéristiques.

Les résultats d'analyse révèlent un fonctionnement correct de moulin, en présence de quelques anomalies qui pourront être corrigées pour perfectionner la procédure de transformation.

Mots clés : la consommation, meunerie, blé-farine-pain, analyse

ABSTRACT

The constant growth in consumption of bakery products in Algeria, due to the increased potential for making flour, and development of these capabilities in terms of quality, a need for the milling industry.

The mill is the transmission belt in the die wheat-flour-bread making link between upstream and downstream, including the quality of flour depends on the process of transformation the grinding and antecedent steps (cleaning and packaging).

Flours from passages milling in combination with their different portions product marketed wholegrain flour, flours are studied to assess the functioning of industrial mill Tademaïte and guide the flours of different passages to the correct processing of these features.

The analysis results indicate proper operation of the mill in presence of some anomalies that can be corrected to improve the process of transformation

المخلص

النمو المستمر في استهلاك منتجات المخازن في الجزائر، هو الزيادة في انتاج الدقيق و تطوير هذه القدرات من حيث الجودة و الحاجة لصناعة الطحين .

الطاحونة هي حزام نقل في صناعة القمح-الطحين و الخبز ، الذي يجعل العلاقة بين المنبع و المصب و نوعية الدقيق، يعتمد على عملية التحول و الطحن الفعلي و خطوات اخرى (ادوات التنظيف و التعبئة و التغليف).

المقاطع من طحن الدقيق و الذي يتم الجمع بينها كاجزاء منتجات لتسويق طحين كامل و هي موضوع دراسة لتقييم اداء مطحنة صناعية (تادميت)، و توجيه طحين مختلف المقاطع إلى التحويلات الغذائية الملائمة حسب خصائص كل مقطع.

و تشير نتائج التحليل، العمل الصحيح للمطحنة في ظل وجود بعض الحالات الشاذة، التي يمكن تصحيحها لتحسين عملية التحول.