

République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة أمحمد بوقرة بومرداس
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA – BOUMERDES



Faculté des sciences de l'Ingénieur
Département de Génie des Procédés
Mémoire de projet de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de
MASTER

Domaine : Sciences Technologie

Filière : Génie des Procédés

Spécialité : Génie Alimentaire

THÈME

**Analyse de la qualité des farines issues du moulin de
« beghlia », et étude de quelques essais de
panifications.**

Présenté par : ABDELOUAHAB Mouhand Mouloud
CHERRABA Lounes
LADDADA Mustapha

Soutenu le : 17/072019

Devant le Jury :

Président :	M ^r ZIDANIS	Maitre de conférence A .UMBB.Boumerdes
Examineur :	M ^r MEGDOUD.DJ	Maitre de conférence A .UMBB.Boumerdes
Promoteur :	M ^r BENAKMOUM.A	Maitre de conférence A . UMBB.Boumerdes

2018/2019

*D*édicaces

Je dédie ce travail:

*Qui n'aurait pu aboutir et voir la lumière sans l'aide
De dieu le tout puissant,*

A

*A ma mere à qui je témoigne mon respect et ma reconnaissance pour tout ce
qu'ils ont fait pour moi que dieu la protège.*

A Mon frère ismail

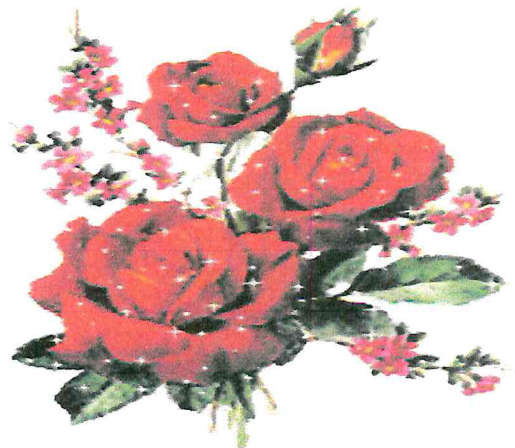
A ma chère sœur, Cylia

A mes chers frères Moho, Arab, Cherif et Abdou

*A mes grands-parents, mes cousins qui m'a beaucoup
aidé et toute ma famille*

*A Mes chers (es) amis (es): Karim, Anoir, Yassin, Imene et toutes la
promoO(2018 /2019).*

Abdelouahab



Remerciements

Avant tout nous remercions Dieu, le tout puissant de nous avoir permis d'arriver à ce jour et de nous avoir accordé la santé, le courage et la volonté pour accomplir ce travail.

En tout premier lieu nous tenons à remercier Mr BENAKMOUM, A pour l'honneur qu'elle nous a fait en nous encadrant, pour l'aide précieuse qu'elle nous a donnée, pour ses remarques et ses conseils qui nous ont permis de mener bien ce travail.

Nos remerciement s'adresse également à M^{re} MEGDOUD d'avoir acceptée de nous honorer en présidant de jury de notre soutenance.

M^{re} ZIDANI, N pour l'honneur qu'elles nous ont fait d'avoir acceptées d'examiner notre travail.

Ce stage est réalisé au niveau de SOMPAC, nous tenons à exprimer nos remerciement les plus profonds à : Le responsable de la production et tous les responsables et personnel de la production ainsi que les opérateurs et techniciens de cette unité.

A toutes personne ayant contribué de prêt ou de loin à notre formation et à tous ceux qui nous ont apporté leur soutien et encouragement durant la réalisation de ce travail.

Et voilà Merci !

Liste des figures

Figure N°01 : Exportation française de blé tendre vers l'Algérie 3

Figure N°02 : La Farine 7

Figure 03. Pain traditionnel algérien 20

Figure 04. Image d'une mie du pain après cuisson 22

Figure 05 : Développement des alvéoles au cours de la panification 2

Figure 06. Formation du réseau du gluten durant le pétrissage..... 20

Figure 07. Observation expérimentale de la coalescence..... 21

Figure 08 :Observation en microscopie électronique à balayage d'une pâte à pain à différents stades de fermentation 22

Figure 09 : Différentes étapes pour obtenir l'image ajustée destiné à l'analyse alvéolaire ... 39

Figure 10 : Images présentent le pain boulangerie 43

Liste des tableaux

Tableau 1 : Classification botanique du blé tendre .	3
Tableau 2 : Fractions protéiques du blé ...	5
Tableau3 : composition minérale du blé.....	5
Tableau 4: Composition biochimique d'une farine extraite.....	10
Tableau 5 : Caractéristiques physico-chimiques de la farine de blé tendre	11
Tableau 6 : Caractéristiques technologiques de la farine de blé tendre.....	12
Tableau 7 : Les types de farine	12
Tableau 8 : : Utilisation de la farine selon le rapport de configuration	29
Tableau 9 : Présentation des recettes dans les 10 boulangerie régions d'échantillonnage	34
Tableau 10 : Tableau représentatif des caractéristiques alvéographique de la farine.....	41
Tableau 11. Volumes spécifique pour les dix échantillons du pain traditionnel.....	42
Tableau 12. Humidités finales de 10 échantillons du pain traditionnel de commerce	44
Tableau 13.Résultats de l'analyse d'images des mies des 10 échantillons du pain traditionnel de commerce.....	46

AACC: American Association Of Cereal Chemists

AFF : Affaiblissement

AFNOR : Association Française de Normalisation

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

Cm² : Centimètre carré Cm³ : Centimètre cube d : Densité

ERIAD : Entreprise régional de l'industrie agro-alimentaire et dérivés

E.P.AFF : Epaisseur du pic au temps d'affaiblissement E.P.MAX : Epaisseur du pic au couple maximum G: Gonflement

g/l : Gramme par litre

GH: Gluten humide GS: Gluten sec H₂SO₄ : Acide sulfurique

H max : Hauteur maximal de la courbe

HP : Hauteur du pic

Ie : Indice d'élasticité

ISO : International Organization for standardisation

L : Extensibilité

ml : Millilitre

mm : Millimètre

MS : Matière sèche.

NA : Norme Algérienne

NF : Norme Française

Liste des abréviations

P : Ténacité

P/l : Rapport de configuration

P max : Pression maximale de la courbe

SDS : Dodécyl Sulfate de Sodium

SIG : Swelling Index of Gluténin (indice de gonflement des gluténines)

SCPM: Surface de la courbe au pic maximum ; STC : Surface totale de la courbe. Tc : Taux de cendre TDP : Temps de développement de la pâte (temps de pétrissage) tr : Tour W : Force boulangère

µm : Micromètre.

Sommaire

Introduction Générale	01
------------------------------------	----

Partie Théorique :

SYNTHESE 1 :Généralité sur le Blé

I.1. Définition	03
I.2. Taxonomie	03
I.3. Composition chimique du grain de blé tendre	03
I.4. L'utilisation du blé.....	06
I.5. Production	06

SYNTHESE 2 : Généralité sur la Farine

II-1. Définition de la farine.....	08
II-2. Composition de la farine	08
II-3. Caractéristique de la farine	10
II-4. Les différents types de la farine et utilisées	11

SYNTHESE 3 : Panification

1. Définition	14
2. Processus de panification	14
3. Aliments traditionnels	16
4. Pains traditionnels algériens	17

SYNTHESE 4 : Structure alvéolaire des mies des pains

1. La mie du pain	19
2. Alvéolage de la mie (structure alvéolaire)	19
3. Stabilité de la phase gazeuse	23
4. Développement de la structure alvéolaire pendant la cuisson	27
5. Caractérisation de la structure alvéolaire	29

Sommaire

Partie Pratique :

I. Matériels et Méthodes

I. Les analyses du blé	27
II. Analyse de la farine	27
III. Les analyses du pain	33

II. Résultat et Discussion

I. Résultats obtenues sur le blé	40
II. Résultats obtenues sur la farine	40
III. Les analyses du pain.....	41

Conclusion Générale	51
----------------------------------	-----------

Introduction

Les produits céréaliers constituent la base de l'alimentation humaine dans la plupart des pays du monde, du fait qu'ils apportent la plus grande part des Protéines de la ration. Les céréales fournissent 57 % de protéines consommées contre 23 % apportées par les tubercules et les légumineuses ainsi que 20 % par les produits d'origine animale (Guinet 1994).

Les principales céréales sont représentées par le blé, l'orge, le maïs et le riz. Le blé occupe actuellement la première place dans la production mondiale des céréalière (environ 40 %) et présente une importance nutritionnelle et économique considérable.

En Algérie, le secteur des céréales occupe une place vitale en termes socio-économiques et parfois politique. Sur le marché mondial, l'Algérie demeure toujours parmi les grands importateurs de céréales en particulier le blé tendre du fait de la faible capacité de la filière nationale à satisfaire les besoins de consommation croissants de la population. En effet, la production locale de céréales ne couvre qu'un peu plus de 30% des besoins du pays (Ammar, 2014)

Les céréales et leurs dérivés constituent l'épine dorsale du système alimentaire algérien. Ils fournissent plus de 60 % de l'apport calorique de la ration alimentaire nationale (Talamalil, 2000). Le blé dur et le blé tendre représentent 60% de la ration alimentaire du citoyen algérien et ses habitudes alimentaires (pâte, couscous, pain, fric) font de lui un grand consommateur de cette denrée.

Le soutien systématique des prix des produits céréaliers a été, en ce sens, à l'origine de l'accroissement de la consommation et, partant, de la demande en ces produits. C'est au marché mondial que la demande, ainsi suscitée, a été adressée.

La qualité technologique du blé tendre (*Triticum aestivum L.*) et son amélioration sont parmi les principales préoccupations des céréaliers, elle dépend essentiellement de ses protéines de réserve, dont principalement le groupe des prolamines qui englobent les gliadines et les gluténines. En effet, ces protéines sont déterminantes à la capacité du gluten à former un réseau viscoélastique, essentiel aux processus technologiques (Shewry, 1997).

Les pains traditionnels sont probablement les produits les plus anciens, les plus diversifiées et les plus populaires dans le monde. Les pains se répartissent en deux groupes principaux : Monocouche et double couche. Concernant les pains double couche sont levés avec de la levure. Ils peuvent être ronds oblongues, lisses ou grumeleux, nature ou assaisonnés (Gocmen *et al.*, 2009).

En Algérie, les femmes au foyer produisent principalement deux types de pain traditionnels à base de blé dur, *Kesra* et *pain traditional* (Kezih *et al.*, 2014). Le pain Traditional est un pain traditionnel levé caractérisé par une mie douce désiré par le consommateur (Bourekoua *et al.*, 2016).

Notre travail est subdivisé en trois parties :

- Une première partie bibliographique regroupant un ensemble de définitions, de généralités sur le blé et de son produit fini la farine et nous présenterons quelques essais de panification dans des boulangeries des communes de Boumerdes.
- Une deuxième partie qui concerne les analyses physico-chimiques et technologiques les caractéristiques recherchées sont principalement : le taux de l'humidité, le taux des cendres,
- Caractérisation de la qualité technologique des pains obtenus ;

I. Généralité sur le blé

I.1. Définition :

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

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

I.2. Taxonomie :

Le blé tendre est une monocotylédone qui appartient au genre tritium de la famille graminée appelé (tritium aestivum). La classification botanique du blé tendre a été faite comme il est montré dans le tableau suivant (Paul, 1984).

Tableau N °1 - Classification botanique du blé tendre

Famille	Graminée
Sous –famille	Festoiement
Tribu	Trichineuse
Sous – tribu	Trichineuse
Genre	Tritium
Nom commun (espèce)	Tritium aestivum

I.3. Composition chimique du grain de blé tendre :

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

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

✓ **L'eau :**

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

✓ **Les Glucides :**

Les glucides son pondéralement, les constituant majeurs du grain de blé. Ils représentent environ 80% de la matière sèche totale répartie en polysaccharides (Amidon 65 à 75 %) (Guinet, 1994). L'amidon constitue 70 % du grain, il se présente sous forme de poudre blanche, il est composé de deux molécules ; l'amylobacter A1 et l'amylose A2 dont le rapport (A1/ A2) est d'environ 41.

L'amidon est hydrolysé par les enzymes (α et β amylase). Le α -amylase est un endosamylase qui se lie à la région interne des chaînes d'amidon de longueurs différentes. La β - amylase (c'est la plus importante des diastases du grain) et la glu - amylase sont des exo amylase qui hydrolysent successivement ou alternativement les liaisons glucidique en bout de chaîne d'amidon pour libérer respectivement le glucose et le maltose. Les pentoseaux sont des composés formés de l'union de deux pentoses (D -xylose et L-arabinose) avec élimination d'eau, le sol en contient beaucoup mais la farine usuelle ne présente que 2 à 3 % contre 8 à 9 % du grain entier. On estime que les pentanes interfèrent dans la structuration du complexe de gluten alors du pétrissage, contribuent à l'expansion du pain (Spradin, 1974). Ils se lient, non seulement aux protéines ; mais aussi à des lipides (Glycoliques) et les grandes molécules ainsi crée sont fixatrices d'eau. Les pentoses solubles et insolubles, n'ont pas exactement les mêmes effets, les premiers ont un effet positif en panification et les autres ont un effet inverse (OUuabed,2002).

✓ **Les protéines :**

Le blé a généralement une teneur en protéines de l'ordre de 11 à 14 %, une partie de ces protéines se présente sous forme de gluten (FAO, 1990). L'albumen et globulines sont des protéines cytoplasmiques souvent regroupées (Savant, 1979). Il existe 4 groupes protéiques chez le blé se distinguant par leur solubilité dans divers milieux d'extraction sous l'appellation des protéines solubles. Les gliadines et glutamiques sont des protéines cytoplasmique souvent regroupées sous l'appellation de protéines solubles. Les gliadines et glutamiques sont des protéines de réserves ce sont les fractions les plus importants quantitativement (Tableau N° 2) et qualitativement du point de vue technologique.

Tableau N°2 : Fractions protéiques du blé.

Fraction protéiques	Solvants	Composition en %
Albumines	Eau	9
Globulines	Na Cl 0.5 M	8
Gliadines	Ethanol à 70 %	43
Glutamiques	Insoluble dans les solvants précédents	40

✓ **Les lipides :**

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

I.3. Autres constituants :

Le grain de blé renferme également les constituants suivants :

- Les enzymes telles que : les α amylase, des protéases ainsi que des lipases, des lymphoblastes et des éléments minéraux divers (Chardouh, 1999). Cependant, environ 95 % de sel minéraux des céréales sont à la base du phosphore et du potassium (Tableau N° 3).
- Les vitamines de groupe B (B1 et B 2) et l'acide nicotinique.

Tableau N° 3 : composition minérale du blé.

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

La mouture de blé tendre

Théoriquement on peut résumer la mouture du blé en deux phases:

- ✓ séparer l'amande farineuse du son et du germe;
- ✓ réduire cette amande en granules suffisamment fins.

Le son est constitué de :

- d'une part par les enveloppes du fruit ou péricarpe et par celles de la graine;
- d'autre part par l'assise protéique. Cette dernière constitue en fait la première assise de l'endosperme; mais par la nature "cellulosique " de ses parois elle s'apparente beaucoup plus aux enveloppes, auxquelles elle est intimement soudée, qu'à l'amande farineuse (Abdelhamaid, et al, 1996).

Dans la réalité, c'est principalement au broyage qu'il appartient de séparer le son de l'amande farineuse: ce serait exclusivement à lui qu'incomberait cette opération s'il était capable de la réaliser parfaitement du même coup le rôle du convertissage (nous comprenons sous ce terme le claquage et le convertissage proprement dit) serait plus nettement délimité et celui du sassage disparaîtrait complètement. C'est pourquoi l'on peut dire que le sassage est l'expression de l'imperfection du broyage ou, sous un angle moins absolu, que l'importance du sassage est fonction de cette imperfection.

I.4. L'utilisation du blé :

La majorité des utilisations du blé tendre concerne l'alimentation humaine et animale. Dans l'alimentation humaine, le blé dur est destiné à la biscuiterie, la fabrication de semoule, ou de pâtes. Le blé tendre quant à lui est utilisé principalement en meunerie pour obtenir de la farine nécessaire à la production de pain, de viennoiseries ou de pâtisseries. Outre ces utilisations classiques du blé, de nouvelles utilisations à l'échelle industrielle apparaissent depuis quelques années telles que la fabrication de bioplastiques à base de gluten ou d'amidon. Le troisième secteur valorisant le blé est utilise l'amidon pour faire des épaississants alimentaires. Par l'intermédiaire de la chimie, l'amidon a de multiples usages dans l'industrie pharmaceutique.

L'amidon du blé tendre est également utilisé depuis plusieurs années comme matière première pour la fabrication de biocarburants (Debiton, 2010).

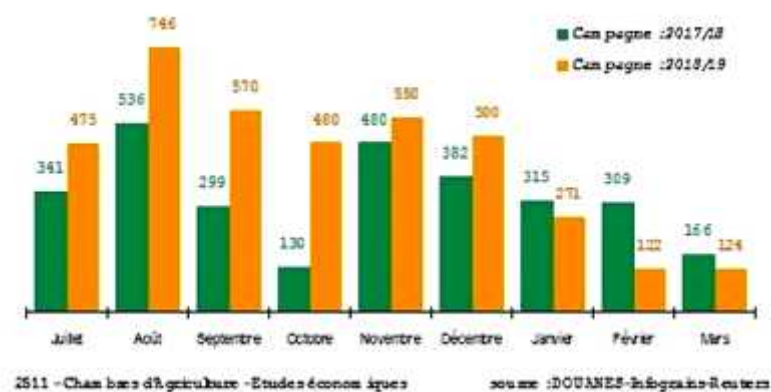
I.7. Production de blé en Algérie

L'Algérie a réalisé une récolte record de 3,9 millions de tonnes (Mt) sur la campagne 2018/2019, soit une hausse de 61% de la production, dont 3,15 Mt de blé dur. Le pas vers

une autosuffisance en blé dur est presque franchi, mais il reste à développer la production de blé tendre qui continue de peser sur les importations algériennes.

Le pas vers une autosuffisance en blé dur est presque franchi, mais il reste à développer la production de blé tendre qui continue de peser sur les importations algériennes. Avec la livraison d'avril dernier, l'Algérie a contribué fortement à sauver la campagne céréalière française qui a repris des couleurs grâce à cette transaction plus que bénéfique. La France continue d'être le premier fournisseur de l'Algérie en blé tendre avec 55% de ses approvisionnements.

Figure N°01 : Exportation française de blé tendre vers l'Algérie (en milliers de T)



II. Généralité sur la Farine

II-1- Définition de la farine :

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

Figure N°02 : La Farine



II-2. Composition de la farine :

- ✓ **L'eau** : Moins de 16% le taux d'humidité de la farine est un facteur important de conservation et de stockage.
- ✓ **Matières grasse** : Représente 1.20 à 1.40, la présence des matières grasses influe sur les protéines mécanique de La farine : plus une farine contient de matière grasse, moins sa force boulangère est importante. Un excès de matière grasse dans une farine peut avoir de sévères conséquences sur la conservation, car l'acidité produit par la matière grasse ranci et attaque le gluten on le dégradant (. Bornet,1992).
- ✓ **Matières minérales** : Représente 0.45 à 0.60 % les matières minérales sont peu importantes : potassium, Phosphore, Magnésium, soufre, la pureté de la farine se juge d'après sa teneur en résidus minéraux ;les matières minérales de la farine sont le potassium, le phosphore, le magnésium et soufre. La pureté de la farine se juge d'après sa teneur en résidu minéral. Les matières minérales de la farine apparaissent lorsqu'on calcine de la farine : après calcination, les résidus se retrouvent sous la forme de cendres. Comme les matières minérales existent en plus grande quantité dans les enveloppes du blé, on conclut que moins qu'il y a de cendres, plus que la farine est pure.

- ✓ **Glucides** : Représente 1 à 2 % en faible proportion, mais il joue un rôle important dans la fermentation.
- ✓ **Gluten (protides ou protéines)** : Représente 8 à 12 % le gluten se trouve uniquement dans le grain de blé. A l'état naturel, dans l'amarante, il ne s'appelle pas gluten : ce sont deux matières la gliadine et la glutamines qui associées à l'eau produisent le gluten.
- ✓ **Amidon (glucides)** : Représente 60 à 72 % A l'état naturel, dans l'amarante, il se présente sous forme d'un poudre composée de granulés de tailles différentes.

Lorsque l'amidon est chauffé à 60 C°, il se présente sous la forme d'une masse gélatineuse transparente et collante (l'empois d'amidon). L'amidon ne se dissout pas dans l'eau froide, ni dans l'alcool ni dans l'éther.

- ✓ **Les protéines** : Sachant que la meilleure farine ne peut que donner un gluten de qualité supérieure. Cette sélection est indésirable, différents points entrent en jeu comme la quantité et la qualité des protéines ...etc.
- ✓ **Les vitamines** : une farine complète de blé tendre contient la totalité des vitamines initialement présentes dans le grain une farine dont le taux d'extraction est de 75 à 80 % contient environ 20 % de la vitamine (B6), 25 % de biotine, 30 % d'acide nicotinique (B1), 55 % de l'acide pantothénique (B12) et 70 % de la vitamine E (Bornet, 1992). La teneur en vitamine B et notamment en vitamine B décroît très rapidement à mesure que la farine devient plus blanche (Servieu, 1984).
- ✓ **Les enzymes** :

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

- **Les protéases** : Enzymes agissant sur la structure des protéines, leur présence dans la farine est liée à la germination du grain qui n'est pas souhaitable.
- **Les lipases** : Les lipases distribuent les caroténoïdes sous une réaction d'oxydation et entraînent une décoloration du pain qui devient blanche (Cheriet, 2000).
- **Les lipoxydases** : Les lipoxydases agissent sur les caroténoïdes par une réaction d'oxydation et entraînent une décoloration du pain qui devient blanche (Cheriet,2000).

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

Tableau 4- Composition biochimique d'une farine extraite aux environs de 75 –76 % (Ouabed,2002).

Fractions	Teneurs en %
humidité	14-16%
Matières azotées	8-12 (dont 7 à 10 % de glutens)
Matières minérales	0.45-0.6
Matières grasses	1.2-1.4
Acidités	0.02-0.05
Sucres	1-2
Amidon	60-72
Matière cellulosique	Traces
Diastase	Plusieurs diastase sont présentes dont le β -amylase et la plus importante
Vitamines	De groupe B-PP et E

II-3. Caractéristique de la farine :

Les caractéristiques de la farine sont les suivantes:

II-3-1. Caractéristiques physico – chimiques :

- ✓ **Teneur en eau** : Le taux d'humidité de la farine est un facteur important de conservation et de stockage (inférieur ou égal à 15.5 % (NA 11 –32 –1991)
- ✓ **Teneur en cendre** : La détermination du taux des matières minérales, principalement réparties dans les enveloppes et les germes, qui donne 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, d'une dégradation enzymatique des lipides se traduisant par un accroissement de l'acidité du milieu cette acidification constitue un indice d'altération de la qualité technologique (0.045% tolérance 0.015).

Tableau N° 5 : Caractéristiques physico-chimiques de la farine de blé tendre (Cudusel,2003).

carcterstique	Farine de blè tendre
Teneur en eau%	15.5
Teneur en cendres (MS %)	0.56 –0.67 farine courante < 0.6 farine supérieur
Teneur en protéines (MS %)	> 8
Acidité en g/l de H2SO4	0.045 –0.050
Teneur en lipides (MS %)	< 1.4

II-3-2. Caractéristique Technologique :

- ✓ **Indice de Zenely** : Il donne une indication globale sur la quantité et la qualité du gluten, on admet qu'il est en relation avec la force boulanger (22 à 30 / NA 1184 – 94).
- ✓ **Indice de chute de Hager** : Il est utiliser pour déterminer l'activité amyloлитique qui peut devenir excessive ; par la suite de la présence de grains germés ou en voie de germination (180 à 280 secondes /NA 1176).
- ✓ **Essai A 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.

Tableau N°6 : Caractéristiques technologiques de la farine de blé tendre (Doumandji; 2003).

Caractéristique	Mesure recommandée
Indice de zenely	>18 22 –30 (pour la farine panifiable)
Gluten sec (Ms%)	> 8 8- 10. Boulangerie. 7 –8 : Pâtisserie légère. 5 –7 biscuiteries sèches
Indice de chute De HAGBERG	180 – 280 secondes
Alvéographe Chopin	W : >130 (130-180 pour la farine panifiable) P/L : 0.45 –0.65 G > 18 (18-23 pour la farine panifiable)

II-4. Les différents types de la farine et utilisées :

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

Tableau N°7 : Les types de farine (Ouabed, 2002).

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

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

T45 : Farine blanche utilisée pour la pâtisserie.

T55 : Farine utilisée pour le pain de campagne.

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

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

T110 : Farine complète.

T150 : Farine intégrale est utilisée pour la fabrication du pain complet.

III Généralités sur la panification

III. 1. Définition

Le pain est le produit résultant de la cuisson d'une pâte, préparée avec un mélange de farine panifiable, d'eau potable et du sel etensemencée avec un agent de fermentation qui peut être la levure et/ou le levain. Ce mélange peut contenir certains adjuvants et/ou additifs autorisés (Rival, 2005).

La fabrication du pain comporte les étapes suivantes :

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

III. 2. Processus de panification

Le processus de fabrication des produits de panification comprend trois étapes essentielles :

- ✓ le pétrissage,
- ✓ la fermentation
- ✓ la cuisson.

- **Pétrissage** Le pétrissage est la première opération de la panification proprement dite. Grace à une force mécanique (le pétrin), il assure à la fois, le mélange intime des matières premières mises en œuvre et la confection d'une pâte viscoélastique homogène (Peighmbardoust *et al.*, 2010). Le pétrissage est fait à partir des deux constituants principaux que sont l'eau et la farine, ainsi que l'incorporation d'air indispensable notamment à l'action de l'agent de fermentation utilisé (;Dandoy, 1996).

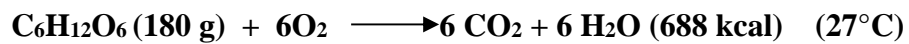
- **Fermentation** La fermentation est une étape spécifique au processus de panification. Elle est engendrée par l'action des ferments que se soient : de levain naturel «*Saccaromyces minor* », ou de levure biologique de

boulangerie « *Saccaromyces cerevisiae* », sur les sucres présents dans la pâte et les transforment en alcool et en gaz carbonique, avec production d'énergie (Clavel, 1984).

Le rôle de la fermentation est d'assurer la levée de la pâte sous l'effet de gaz carbonique, ainsi que la synthèse d'acides organiques et de molécules volatiles qui vont contribuer à l'élaboration du goût et de l'arôme du pain, elle participe également à l'achèvement du développement du réseau protéique (Feillet, 2000).

La fermentation aura lieu dès la phase du pétrissage, sous l'action des levures sur les glucides libres ou libérés par les amylases de la farine (Roussel, 2002) :

- D'après Chargelegue *et al.* (1994), l'oxygène introduit au cours du pétrissage permet à la levure boulangère d'établir un métabolisme de type respiratoire :



- A la fin de pétrissage, l'oxygène introduit est consommé par la levure qui adapte un métabolisme fermentaire (fermentation alcoolique) :



Selon Langraf (2002), la fermentation s'effectue en trois étapes principales : le pointage, la fermentation intermédiaire et l'apprêt. Un manque ou un excès de fermentation a des conséquences sur la qualité du pain.

- **Cuisson** : La cuisson consiste à la transformation de la pâte fermentée en pain, grâce à une série de transformations physiques, chimiques et biochimiques simultanées telles que :

- Le dégagement de CO₂ produit par l'action de la levure est plus grands ce qui entraîne l'expansion du produit (Toffalori, 1993).
- A partir de 90°C, l'eau commence à s'évaporer ce qui entraîne un dessèchement en surface, quant à la croûte, elle se colore grâce à la caramélisation des sucres (à 110°C) et aux réactions de Maillard (à 150°C).
- L'amidon se gélatinise à partir de 60°C, cela entraîne une augmentation de son pouvoir d'hydratation et de sa digestibilité. La dénaturation des protéines entraîne la disparition de l'état pâteux.

La température de la cuisson se situe entre 200°C et 250°C, une injection de vapeur dans le four permet d'éviter au pain de trop se dessécher en cours de cuisson.

Après la cuisson, un ressuyage est nécessaire pour laisser refroidir le pain, qui est trop fragile pour être manipulé et subir les opérations de tranchage et d'emballage (COLAS, 1991).

III . 3. Aliments traditionnels

Selon Tabuna (2002), un aliment traditionnel est tout aliment d'un pays, endémique ou introduit, connu et utilisé depuis plusieurs années par les populations locales et dont la production s'appuie sur les savoirs et les savoir-faire traditionnels acquis de génération en génération. Cet auteur précise encore qu'un aliment traditionnel est un aliment :

- Différent et inconnu dans la culture alimentaire des occidentaux ;
- Véhiculant une culture lointaine ;
- Permettant de découvrir et de connaître d'autres peuples ;
- Apportant de nouveaux goûts et de nouvelles saveurs ;
- Faisant rêver et évoquant la fête ;
- Evoquant la différence et suscitant la curiosité ;
- Exprimant les valeurs modernes à travers sa consommation et l'occasion qu'il offre de connaître des cultures lointaines ;
- Permettant de varier et de diversifier l'alimentation.

Selon Padilla (2001), un aliment traditionnel est un héritage bien transmis par voie de successions ainsi qu'un patrimoine bien commun d'un groupe humain considéré comme un héritage transmis par les ancêtres. C'est aussi un produit patrimonial, historique, typique entouré de savoir-faire.

Au Maghreb, l'industrialisation de la première transformation est très largement avancée, mais la consommation de produits prêt à cuire ou prêt à consommer reste faible. Au foyer, le statut des femmes assure la reproduction du système des goûts anciens (Gerber, 2004).

a modernité déstabilise les repères des mangeurs : perte du "vrai goût", peur de dégradation de qualité des aliments, peur d'isolement dans le manger, cela entraîne une forte recherche d'identité. Au Maghreb, les préparations occidentales interviennent "Nous sommes ce que nous mangeons" (Senderens, 2001) surtout pour les « à-côtés » des repas.

L'Algérie, à travers sa vaste étendue géographique et son histoire séculaire, recèle un véritable trésor culinaire façonné à travers les temps et dont souvent ses habitants en ignorent les recettes pour peu que les échanges se figent et que la sédentarisation prenne le dessus. Ceci n'empêche en aucun cas que beaucoup d'algériens soient encore très attachés aux plats traditionnels tel que le *couscous*, la *chekhchoukha*, *khobz edar*, etc.

III. 4. Pains traditionnels algériens

D'après Kezih *et al.* (2014), les femmes algériennes au foyer produisent deux types de pain à base de blé dur : Kesra et Khobz Eddar ;

- **Kesra** : Elle comprend quatre types de pain plat cuit à la maison : Mathlouaa, Maadjouna, Rakhsis, Harcha. Ces appellations varient dans toute l'Algérie, mais les recettes et les diagrammes sont semblables.
- **Khobz Eddar** C'est un pain traditionnel Algérien fabriqué à base de semoule de blé dur et caractérisé par une croûte croustillante et une mie légère (Bourekoua *et al.*, 2016). Cela signifie littéralement pain de maison. Il diffère de *kesra* par sa recette (matière grasse, les œufs et certains additifs) et par son diagramme de fabrication (Dagher, 1991).

Ce pain traditionnel est préparé lors des grandes célébrations comme les mariages et les fêtes religieuses. Il est plus difficile à faire parce que sa recette sophistiquée (fine semoule, graisse, lait, sel, levure, œuf, sésame et graines de nigelle). Le pain est cuit dans un four de la boulangerie ou four ménager. Le produit fini a une croûte croustillante et une mie tendre et délicieuse (Cheriet, 2000).



Figure 03. Pain traditionnel algérien (KEZIH *et al.*, 2014).

VI Structure alvéolaires des mies de pains

VI.1. La mie du pain

L'élaboration du pain met en œuvre des actions mécaniques, fermentaires, microbiologiques et thermiques qui permettent de transformer un solide divisé (la farine de blé) en un matériau alvéolé, via les étapes de pétrissage (formation d'un solide viscoélastique), de fermentation (transformation en mousse) et de cuisson (transformation finale en éponge solide, selon figure 04) (Rouille, 2003).

En première approximation, la mie du pain est assimilée à un réseau continu d'un enchevêtrement de polymères à l'état amorphe (gluten) au sein duquel sont dispersés des polymères partialement cristallisés (amylose et amylopectine de l'amidon). Les propriétés de ce système dépendent de son état d'hydratation, de la température et de son évolution en fonction du temps ; elles se modifient rapidement dès la sortie du four, la température s'abaissant de 90°C à la température ambiante, puis beaucoup plus lentement (rassissement) (Feillet, 2000).



Figure 04. Image d'une mie du pain après cuisson (coupe longitudinale) (Reguerre, 2009).

VI. 2. Alvéolage de la mie (structure alvéolaire)

La structure alvéolaire est assurée par l'accumulation du gaz carbonique dans le réseau protéique formé principalement de gluten. La formation, le développement et la stabilisation d'alvéoles de gaz dans la pâte, puis dans le pain, sont des étapes importantes de la panification.

VI.2.1. Mécanisme de l'alvéolage

Le développement alvéolaire de la pâte pendant la fermentation est le résultat de l'extension des cavités cellulaires gazeuses formées lors du pétrissage par l'élévation de la température. Les alvéoles croissent en grosseur mais pas en nombre à cause du phénomène de coalescence, le nombre d'alvéoles tend à diminuer (Figure 05) (Feillet, 2000).

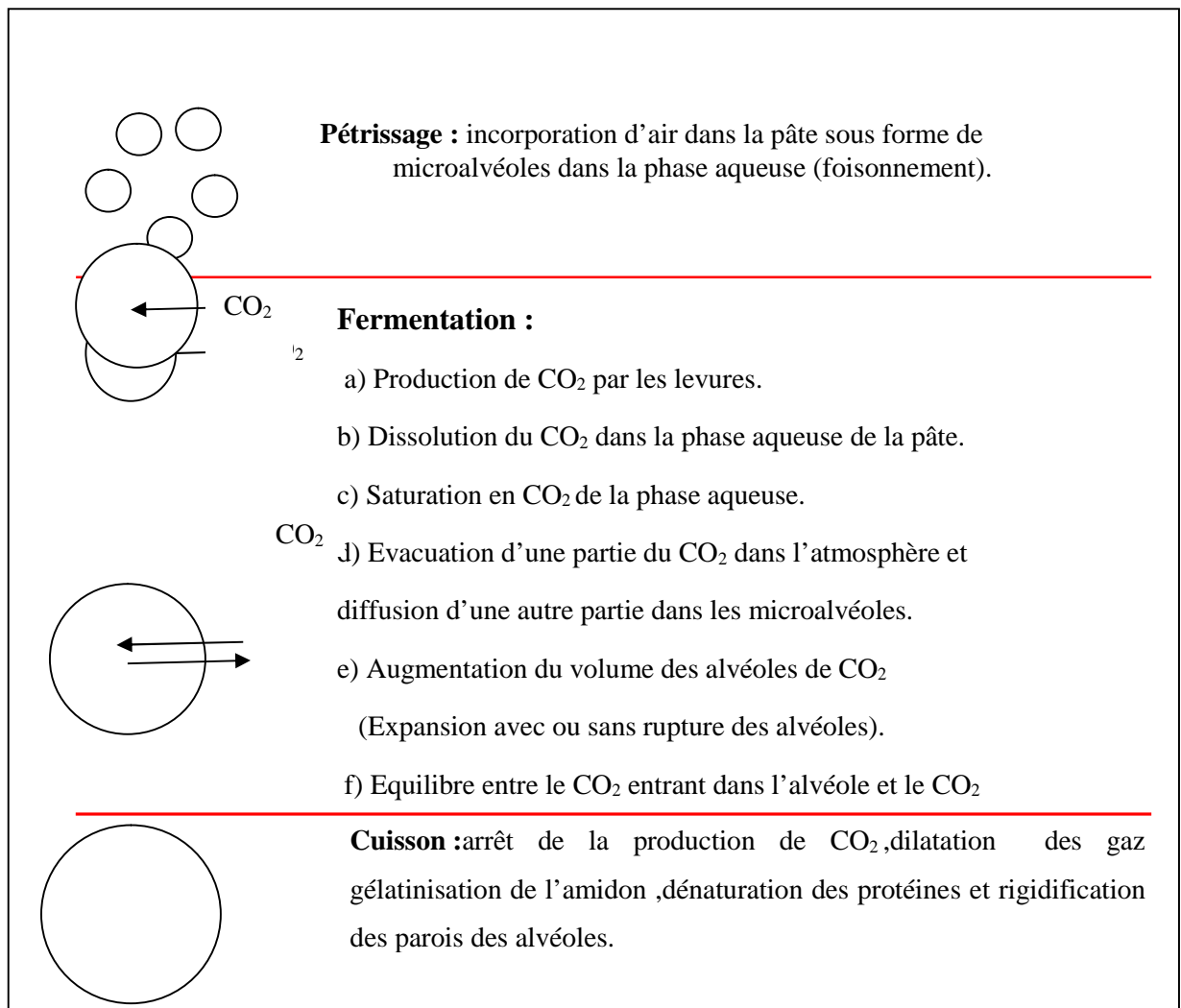


Figure 05 : Développement des alvéoles au cours de la panification (Feillet, 2000)

- **Formation des micros-nucléi** / Les micros-nucléi sont formés au cours de pétrissage, ce dernier assure trois fonctions concomitantes et intimement liées qui sont essentielles pour l'obtention d'une pâte bien aérée.
- **Homogénéisation** Le pétrissage permet de répartir d'une manière homogène les constituants (les uns par rapport aux autres), favorisant ainsi leur contact – notamment celui de la farine - avec l'eau et donc leur hydratation .
- **Aération de la pâte** Le mouvement des bras du pétrin entraîne, simultanément à l'homogénéisation, l'incorporation d'air dans la pâte sous forme de nucléi sphériques de petite taille (10 à 100µm).

Le pétrissage d'une pâte à pain sous vide ou non montre que la fraction gazeuse introduite occupe 8 % du volume total d'une pâte en fin de pétrissage à pression atmosphérique. Le volume relatif, défini comme le rapport du volume de pâte total par le volume de pâte sans gaz, est un indicateur du taux d'aération de la pâte. En fin de pétrissage, il serait de l'ordre de 1,1 (Vanvliet *et al.*, 1992).

Au cours du pétrissage, l'oxydation des acides aminés soufrés des protéines entraîne la création des ponts disulfures (liaisons covalentes) intra et inter moléculaires. Pendant longtemps, le modèle d'organisation adopté considérait essentiellement des liaisons intermoléculaires qui entraînent la formation d'un réseau allant d'un bout à l'autre de la pâte, lui valant le nom de « molécule protéique géante » (Meredith, 1964).

Un second modèle, plus vraisemblable, considère que les ponts disulfures sont intramoléculaires et les chaînes de protéines dépliées (gonflées par absorption d'eau) s'alignent plus ou moins pour former des faisceaux. La tenue du réseau serait donc due à des liaisons non covalentes telles que les liaisons hydrogènes, hydrophobes ainsi qu'à des enchevêtrements entre les chaînes (Ewart, 1977).

Ces actions simultanées aboutissent en fin de pétrissage à un mélange cohésif aux propriétés viscoélastiques c'est-à-dire possédant des propriétés visqueuses aux temps longs (écoulement) et élastiques aux temps courts. Ce mélange macroscopiquement homogène à l'œil nu, apparaît à une plus faible résolution comme une dispersion de bulles gazeuses dans une matrice continue d'amidon et de protéines gonflées où chacun des constituants participe à la structuration de la pâte (Blokma, 1990) voir figure 06.

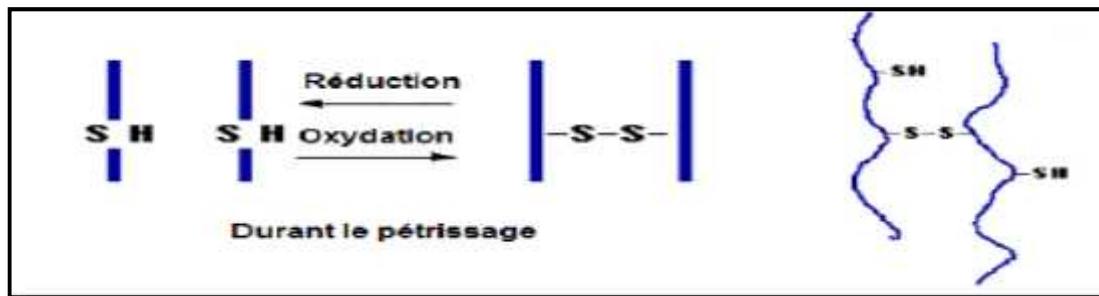


Figure 06. Formation du réseau du gluten durant le pétrissage .

VI. 2. 2. Expansion de la phase gazeuse

Les bulles gazeuses qui sont déjà formées au cours du pétrissage, continuent à se développer et à retenir le gaz à l'intérieur. La fermentation provoque des changements de la structure cellulaire de la pâte et par conséquent, les propriétés de texture du pain en augmentant la taille des cellules gazeuses dans celle-ci avec de l'anhydride carbonique.

La stabilité et la croissance de ces bulles de gaz détermineront le volume de pain final aussi bien que la texture du produit cuit au four.

Le gaz carbonique produit se dissout d'abord dans la matrice continue de la pâte. Dès que celle-ci arrive à saturation, il s'accumule sous forme gazeuse dans les nucléi et exerce une pression interne sur le réseau du gluten non perméable aux gaz. Au début de cette phase d'accumulation, l'espace disponible pour la fraction gazeuse est suffisant pour le maintien de la forme sphérique de l'ensemble des bulles gazeuses.

Au-dessus d'un certain niveau d'accumulation et sous l'effet de la force de compression induite par l'excès de pression à l'intérieur des cellules, la pâte entourant les cellules, qui grossissent, est étirée tangentiellement (parallèlement à la surface des cellules) dans deux directions et compressée radialement (perpendiculairement à la surface des cellules). Une telle déformation est dite «extension biaxiale». Les cellules gazeuses se déforment alors les unes les autres d'une manière prononcée et la pâte à cellules sphériques est transformée en une pâte à cellules plus ou moins polyédriques (Vanvlet *et al.* 1992).

La plus grande partie de la fermentation se déroule au cœur de la pâte, dans un milieu privé d'air (Langraf, 2002). Pendant l'étape de fermentation en masse, puis après division, le CO₂ produit par les levures est retenu par la pâte, de façon à former une mousse solide de faible densité permet l'augmentation de la fraction volumique gazeuse.

Dans la fermentation, la libération du CO₂ permet la nucléation, la croissance puis la coalescence de bulles dans la pâte.

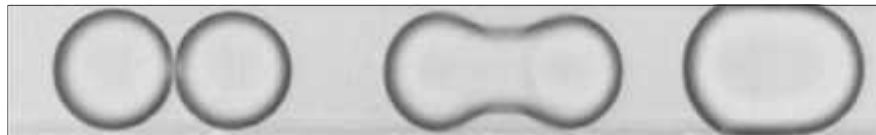


Figure 07. Observation expérimentale de la coalescence .

D'après Rouse (2003), l'expansion gazeuse dépend d'une part, de la pression atmosphérique lorsque celle-ci diminue, le développement de la pâte augmente et d'autre part, de la température, l'homogénéité de celle-ci dans la pâte pendant tout le processus de panification est aussi un facteur de régularité de la déformation, donc la structure de la mie. La pression nécessaire à l'expansion des alvéoles est d'autant plus élevée que celle-ci sont de faible dimension.

VI . 3. Stabilité de la phase gazeuse

✓ Rôle du gluten dans le développement alvéolaire

Décrit pour la première fois en 1745, le gluten est un matériel viscoélastique obtenu par lixiviation (lavage par l'eau) d'une pâte de blé tendre ou de blé dur, principalement constitué de protéines (75 à 80% MS selon les conditions de fabrication), il contient également de l'amidon (8 à 10% MS), des lipides (5 à 10% MS dont les 2/3 environ sont des lipides polaires), des pentosanes (2% MS) et des matières minérales.

Au cours de pétrissage, les gluténines s'unissent par pont disulfure formant une grande surface sur laquelle de nombreuses liaisons non covalentes peuvent apparaître avec des gliadines. Ainsi ils sont responsables de la ténacité et de l'élasticité de la pâte et les gliadines de l'extensibilité (Carontina, 1996).

Au cours de la fermentation, il y a formation d'un film interfacial (un film liquide contenant des molécules tensioactives) à partir de la matrice continue amidon/protéine, ce qui donne à la pâte la propriété de pouvoir retenir le gaz carbonique produit par la levure. Au cours de la cuisson, ce gaz carbonique se dilate sous l'effet de la chaleur, donnant à la mie sa structure caractéristique, le pain obtenu est léger, aéré et volumineux.

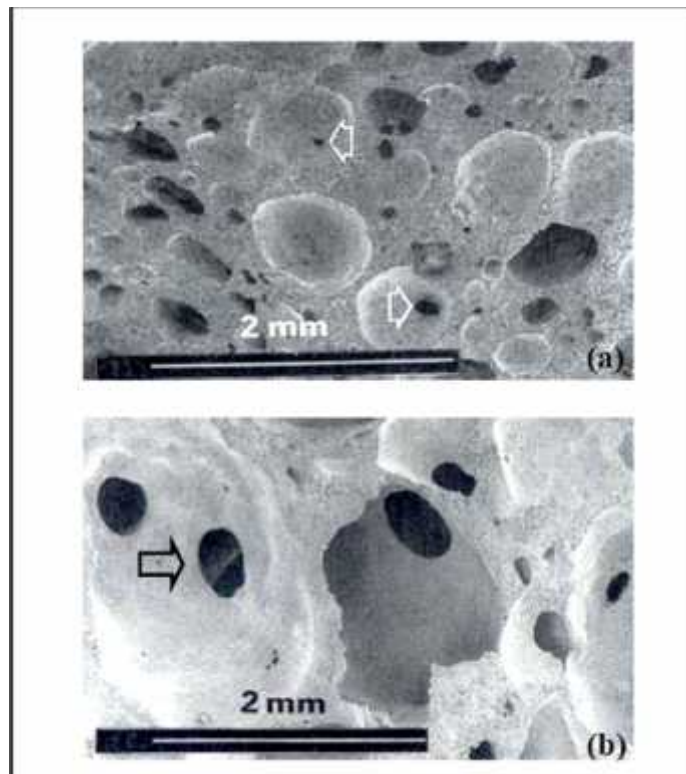


Figure 08 :Observation en microscopie électronique à balayage d'une pâte à pain à différents stades de fermentation (a) 15 min, (b) 40 min : les flèches montrent les trous dans les parois de la pâte (Gan *et al.*,1990).

VI. 3. 2. Rôle des constituants de la pâte dans la stabilisation de la phase gazeuse

Divers constituants de la pâte jouent un rôle primordial dans la stabilisation de la phase gazeuse à travers la stabilisation du film interfacial gaz/matrice continue :

Eau / La teneur en eau de la pâte joue également un rôle important ; les gaz ne sont retenus dans la pâte qu'à un maximum de 35% à 45% d'eau. Le volume des pains s'accroît linéairement avec la teneur en eau dans cet intervalle (Feillet, 2000).

Protéines / Les protéines jouent un rôle important en rétention gazeuse. Le mécanisme de diminution de la tension de surface par la formation d'un film via des complexes d'interaction intermoléculaire : le contact avec l'eau, au cours du pétrissage, entraîne l'hydratation et l'adsorption des protéines qui se déplient alors facilement à l'interface air/matrice continue. Cet état provoquerait la rigidifiassions partielle de l'interface et sa stabilisation.

Lipides / Les lipides endogènes de la farine ont un rôle mitigé dans la rétention gazeuse. En effet, les lipides apolaires, et plus précisément les acides gras libres, semblent diminuer les performances de rétention gazeuse d'une pâte, alors qu'il a été démontré que les lipides polaires, au contraire, améliorent ces performances.

Les lipides polaires ont un rôle d'agent lubrifiant et tensio-actif, en association avec le gluten et l'amidon par des liaisons hydrogènes crée lors du pétrissage. Ils stabilisent les structures d'interface entre l'eau et les gaz par leur capacité à stabiliser la paroi des alvéoles.

L'amidon / Les protéines de gluten (gluténines et gliadines) sont insolubles dans l'eau, ces protéines se fixent par affinité sur les granules d'amidon. Cette association protéine/amidon donne une élasticité à la pâte suffisante pour retenir le CO₂ produit par fermentation (Branger *et al.* 2007).

VI. 4. Développement de la structure alvéolaire pendant la cuisson

La cuisson est une étape complexe au cours de laquelle a lieu une série de transformations physiques, chimiques et biochimiques concomitantes telles que l'expansion du produit, la perte d'eau par évaporation, la formation d'une structure alvéolaire plus ou moins

développée, la dénaturation des protéines, la gélatinisation de l'amidon, la formation d'une croûte et les réactions de coloration (Salbani *et al.*, 1998). Au cours de la cuisson, le gaz carbonique se dilate sous l'effet de la chaleur, laissant ainsi la mie sa structure caractéristique, le pain ainsi obtenu est léger, aéré et volumineux (Sautier *et al.*, 1989).

- ✓ Au début de la cuisson, la levure continue à produire du CO₂ jusqu'à sa température de désactivation aux alentours de 50°C. Le CO₂ et l'éthanol produits et dissous dans la pâte s'évaporent et enrichissent la phase gazeuse.
- ✓ Les conditions hydriques du milieu environnant (air plus ou moins sec) peuvent impliquer un gradient de concentration en eau qui serait à l'origine de la diffusion d'eau dans la pâte sous forme liquide. Cette diffusion de l'eau se fait en contournant les bulles gazeuses.
- ✓ A partir de 60°C, l'eau diffuse vers les cellules gazeuses et s'évapore. Cette vapeur d'eau diffuse sous l'effet d'un gradient de pression partielle de vapeur d'eau. D'un côté, l'augmentation continue de la température de la pâte entraîne un accroissement de la pression de vapeur saturante dans la pâte même. De plus, la différence de température entre la surface et le cœur du produit est à l'origine d'une pression partielle de vapeur d'eau plus importante en surface. La vapeur d'eau diffuse alors au travers du CO₂ contenu dans la bulle, rencontre un film de pâte à une température plus faible, se condense et diffuse sous forme liquide au travers du même film. Ce film de pâte séparant deux bulles proches, l'eau peut s'évaporer à nouveau dans la bulle à plus faible température : c'est le phénomène d'évapo-condensation.
- ✓ Simultanément, sous l'effet de l'augmentation de la température et conformément à la loi de Gay-Lussac, les gaz inclus dans les cellules s'expansent.
- ✓ Lorsque les parois des cellules gazeuses ont des propriétés viscoélastiques qui leur permettent de résister à cette augmentation de pression, il n'y a pas de rupture. Les produits finis présentent des mies avec des alvéoles indépendantes, la structure alvéolaire est dite « fermée ».

- ✓ L'augmentation de pression crée une contrainte plus grande que celle à laquelle les parois des cellules peuvent résister. Il y a rupture des cellules et coalescence. Les produits finis présentent des mies avec des alvéoles connectées et des cheminées, ils sont dits à structure alvéolaire « ouverte ».

VI. 5. Caractérisation de la structure alvéolaire

L'évaluation de la structure alvéolaire des produits de panification se base sur plusieurs critères tels que la taille et la forme des alvéoles. Avec le développement des outils informatiques et des techniques optiques, plusieurs études par analyse d'image ont permis d'avancer sur la caractérisation de la structure alvéolaire (LASSOUED, 2005).0

VI. 5. 1. Analyse d'image

L'analyse d'image a pour objectif la description aussi complète que possible des caractéristiques d'une image, mais une image est constituée d'objets. Pour extraire des informations quantitatives de ces objets (nombre de cellules d'une certaine taille), ou une reconnaissance de forme (utile si les caractéristiques morphologiques de l'image sont liées aux propriétés de l'objet) plusieurs attitudes sont possibles : adopter une démarche relativement passive en déterminant tous les paramètres relatifs à cette image, ou alors se contenter de quelques paramètres suffisants à caractériser l'image. L'analyse d'image trouve des applications dans de nombreux domaines : sciences des matériaux, sciences de la vie, géologie (DROOGENBROECK, 1994).

VI. 5.2. Analyse d'image des produits alvéolés

La première étude d'analyse de texture sur du pain a été effectuée par Bertrand *et al.* (1992), elle a porté sur la différenciation de la structure alvéolaire de pains formulés avec 7 types de surfactants. Les images ont été classées sur une carte sur laquelle le facteur 1 est corrélé à l'épaisseur des parois des alvéoles et le facteur 2 à la taille des alvéoles.

L'utilisation de cette analyse est un outil utile pour quantifier les caractéristiques de la mie du pain, telles que, la taille des alvéoles, la distribution des alvéoles, la fraction de vide et le facteur de forme et même le volume du produit fini.

Le suivi des changements dans la structure de pâte à pain pendant la panification par l'application de cette technique s'est avéré très utile.

La structure est évaluée par acquisition d'images (photographie d'échantillons en taille réelle ou en observation par microscopie photoniques ou électroniques). L'information recueillie peut être traitée à l'aide de techniques d'analyse d'images. Il est par exemple possible de caractériser une structure alvéolaire en quantifiant la distribution en taille et en orientation des alvéoles et leur forme. Cette méthode a été appliquée à des extrudés et à la mie de pain (Gondon, 1997).

I. Les analyses du blé

Les analyses sur le blé ne sont pas faites au sein de la minoterie de Baghlia, celle-ci se contente du bulletin d'analyse de l'OAIC (Office Interprofessionnel des Céréales), organisme chargé de l'importation du blé en Algérie.

II Analyse de la farine :

II-1. Taux d'humidité :

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

✓ **Matériel :**

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

✓ **Mode opératoire :**

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

✓ **La lecture :**

Allumer la balance à l'aide d'interrupteur placé en bas à droite, cet interrupteur à un double rôle : Mise en route du chauffage à air chaud. Eclairage de la balance.

Ces deux fonctions ne pouvant avoir lieu simultanément, pour peser il faut éclairer la balance, arrêter donc la ventilation ce qui diminue l'influence de la pression d'air sur la pesée. Abaisser le levier de la balance et faire la lecture du pourcentage d'humidité.

Pousser le levier vers le haut et faire la lecture après avoir tourné le plateau.

II-2. Détermination du taux de cendre :

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

✓ Principe :

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

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

Réactif :

- Alcool éthylique 90%.
- HCl 5%.

Appareillage :

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

Mode opératoire :**a / Nettoyage des capsules :**

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

b / Pré – incinération :

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

- Ne jamais se servir des capsules conservées à l'air libre.
- Ne retirer pas ces capsules le du dessiccateur qu'au dernier moment, c'est-à-dire une fois qu'elles ont pris la température ambiante et que tout est prêt pour utilisation. Chaque capsule attend son tour d'utilisation dans le dessiccateur tenu hermétiquement fermé en dehors des prélèvements.

- Prendre les capsules à l'aide de la pince, les peser vides, puis ajouter 5 grammes de produit (farine) en répartissant de façon uniforme et en évitant de le tasser à la cuillère (risque de projection de charbon).

P1 : poids de la capsule vide.

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

c/ Incinération :

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

La porte du four ouvert, les capsules sont prises en place à l'entrée du four (le four étant chauffé à l'avance à 900 °C). Lorsque la porte du four est fermée un courant d'air suffisant doit être maintenu, mais il ne doit pas être trop pour ne pas entraîner la matière hors les capsules. Pour suivre l'incinération à 900 °C jusqu'à l'obtention d'un blanc après refroidissement ; opération qui dure deux heures en principe.

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

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

P3 : poids de la capsule + cendre.

✓ **Expression des résultats :**

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

P1 : poids de la capsule vide

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

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

$$T_{c,h} = \frac{(P2 - P3)P2 - P1}{100 \times 100 - H}$$

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

$$T_{c.s} = \frac{(P2 - P3)P2 - P1}{P2} \times 100$$

M : est la masse, en gramme du résidu.

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

II-3. Essai à l'alvéographe de chopin (Extensographe) :

✓ Principe

L'extensographe est d'usage courant aux Etats- Unis; la quantité nécessaire d'une solution saline (2 g de NaCl) est ajoutée à la farine (300g) pour que la consistance de la pâte formée dans le pétrin d'un farinographe atteigne 500UB à son maximum de développement; après boulage, façonnage et repos, la pâte est fixée sur un support par ses extrémités et soumise à une déformation exercée par un crochet placet en son milieu et qui descend à vitesse constante. On enregistre en fonction du temps la résistance opposée par la pâte à cette déformation. Les paramètres mesurés au cours de cet essai sont les suivants;

- ✓ L'absorption d'eau, égale à la quantité d'eau salée ajoutée à la pâte au cours de l'essai;
- ✓ La résistance maximale R_m (unité extensographe, ou UE) mesurée au cours de la déformation
- ✓ la résistance R_{50} , égale à la résistance mesurée après une élongation de la pâte de 50 mm; 4
- ✓ l'énergie E , assimilée à la surface de l'aire comprise entre l'abscisse (axe des temps) et la courbe enregistrée (résistance opposée par la pâte à l'étirement).

✓ Réactifs :

Solution de chlorure de sodium à 2.5 %.

Huile d'arachide ou huile de paraffine.

Appareillage :

- Alvéographe Chopin.
- Eprouvette graduée, capacité 200 ml, précision 0.2 ml.
- Balance.
- Erlenmeyer 250 ml.

- Chronomètre électronique.
- Planimètre (les abaques) fournis par le constructeur.

Mode opératoire : (ERIAD ,1984).

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

✓ **Expression des résultats :**

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

A - La ténacité de la pâte « P » :

C'est la moyenne des ordonnées maximales mesurée en millimètre multipliée par le coefficient K (K = 1.1) qui représente la surpression maximale (AFNOR.,1991).

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

B - Longueur « L » :

L'abscisse à la rupture de chaque courbe est mesurée en millimètre sur la ligne de zéro à partir de l'origine des courbes jusqu'au point correspondant verticalement à la chute nette de pression due à la rupture de la bulle. La moyenne des abscisses des courbes représente la longueur L (AFNOR.,1991).

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

C- Rapport « P/L » :

C'est le rapport de configuration de la courbe qui traduit l'équilibre du diagramme Ce rapport donne une indication sur l'équilibre entre la ténacité et l'extensibilité de pâte (C. BAR,1995). Donc, en fonction des valeurs de ce rapport, la farine peut être orientée vers la fabrication qui lui convient (Tableau N°8).

Tableau N°8: Utilisation de la farine selon le rapport de configuration.

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

D) Indice de gonflement « G »:

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

III. Les analyses du pain

La démarche suivie dans notre étude est basée sur des informations collectées du terrain chez des boulangeries des quartiers de notre wilaya. Par ailleurs, cela nous a permis la caractérisation technologique et alvéolaire du pain étudié.

III.1 Zone d'étude et échantillonnage

L'échantillonnage a été réalisé dans les quartiers de 04 communes de la wilaya de Boumerdes. Les recettes des différentes boulangeries prises dans l'échantillonnage, ceci est exprimé dans le tableau N°09 .

Selon le journal officiel de la république algérienne N° 69 (JORA, 1991) :

Nos échantillons de pain sont collectés dans 10 boulangeries. Ce nombre d'échantillons a été réduit à 09 pour les raisons suivants :

- ✓ L'impossibilité d'étudier toutes les boulangeries à cause de leur nombre élevé ;
- Nombre des boulangeries de la commune de boumerdes est très important par rapport aux autres communes de la wilaya ;
- ✓ Contraintes liés au transport ;
 - ✓ Facteur temps.
 - ✓ Nombre représentatif

Tableau 09. Présentation des recettes dans les 10 boulangerie régions d'échantillonnage.

Nombre d'échantillon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Non de région	Tidjelabine 1	Baghlia 1	Tidjelabine 2	Tidjelabine 3	Theni a 1	Theni a 2	TDB 4	Baghlia 2	Delys 1	Delys 2
Semoule (g)	83.33	70	70.5	71.43	28.57	71	80	70	75	95
Farine (g)	16.66	30	29	28.57	71.42	29	20	30	25	5
Huile (L)	0.01	0.01	0.05	0.008	0.006	0.01	0.008	0.006	0.01	0.01
Sel (g)	2	2	0.910	0.570	1.785	1.5	2	2	2	2
Œuf	/	3	2	0.857	0.952	00	00	00	00	3
Levure (g)	0.8	2	1.231	0.714	0.595	1.5	2	0.9	0.75	1.5
Eau (L)	/	0.055	0.050	0.045	0.038	/	/	/	/	/
Améliorant (g)	0.05	1	0.05	/	0.119	/	0.4	/	/	0.6
Sucre (g)	3.33	2.8	1.123	0.714	2.380	/		00	00	00
Autre			/	/	/		/	/	/	
Paramètre										
Malaxage (min)	10	10	5	2	10	5	/	5 à 10	5	10
Tems de repos (min)	5	10	5	/	00	05	6	5	2	8
Pétrissage										
Tems de pétrissage	15	20	15	10	10	15	25	15	15	17
Première fermentation	/	10	15	20 min à 55°C	13		45 à 60	/	15	60 à 90
Deuxième fermentation	/	5	20	/	30	70	00	/	60 à 90	00
Temps Cuisson (min)	15	15 à 20	20	17	15	18	15 à 20	15	15 à 20	19
Température de cuisson (°C)	220	200	250	240	200	238	/	235	/	/
Type de fourre	électrique	/	/	/	/	/	/	/	/	/

✓ Rédaction d'une fiche d'information sur le pain

Une fiche d'information à remplir par le boulanger a été rédigée dont le but de faciliter le contact avec ce dernier et d'avoir les informations concernant la fabrication du pain. Nous avons expliqué au propriétaire l'objectif de notre travail d'une manière à le rendre à l'aise pour répondre à nos questions.

✓ Contraintes de travail

Au cours de la réalisation de travail nous avons rencontrés plusieurs contraintes au niveau des boulangeries parmi lesquels :

- La non disponibilité des boulangers ;
- la non compréhension de certains boulangers ;
- La difficulté d'avoir l'échantillon le jour de déplacement ;
- Les difficultés liées au remplissage de la fiche, certaines boulangeries n'ont pas voulu partagé avec nous des informations sur leur pain.

III. 2. Evaluation de la qualité des pains

La caractérisation des pains Traditionnel s'est faite 2 heures post-cuisson consiste à la mesure du volume spécifique, l'humidité finale des pains ainsi que l'évaluation de la structure alvéolaire des mies par analyse d'image.

▪ Détermination du volume spécifique

Le volume spécifique est le critère la plus importante de pains, influençant fortement le choix du consommateur. Par conséquent, c'est un paramètre clé examiné pour évaluer la qualité du pain (HAGER et ARENDT, 2013).

- **Principe/** Le volume spécifique des pains (cm^3/g) est déterminé selon la méthode cité par BENATALLAH (2009). La mesure est fait indirectement par déplacement de petites grains solides sphériques de volume spécifique connu dans un récipient où le pain fabriqué est placé.

- **Mode opératoire :** Prendre un récipient de volume plus grand que celui des pains et le remplir avec les grains.

Pour la mesure en elle-même, on vide à moitié ce récipient de son contenu en grains, on place le pain et on verse en dessus le reste de ces grains sphériques. Après arasement de la

surface de récipient de mesure, on récupère les grains en excès, ensuite, on les met dans une éprouvette graduée de 1000 ml, un simple mouvement de va et viens permet l'ajustement du niveau de la surface pour faire la lecture du volume des grains. Son volume correspond à celui de pain.

- **Expression des résultats**

Le volume spécifique de 02 pain (V_{sp}) exprimé en cm^3/g est le rapport de son volume (V) et de sa masse (M) :

$$V_{sp} (\text{cm}^3/\text{g}) = V/M$$

▪ **Humidité final du pain**

- **Principe :** L'humidité finale des pains ($N=02$) est déterminée selon la méthode ICC 110/1 (ICC, 1996). La mesure est faite en deux étapes, une étape de séchage d'une prise d'essai à l'étuve de marque MEMMERT et une deuxième étape de mesure de la prise d'essai séchée et broyé est effectuée par un humidimètre. Des calculs ont été effectuée afin d'évaluer l'humidité finale.

Mode opératoire : Des morceaux du pain traditionnel coupés (croûte et mie) sont pesés avec une balance technique (10^{-2}) dans des boites de Pétrie où le poids de la boite est inclus. Les prises d'essais sont déposées pour un séchage dans une étuve réglée à 40°C pendant 48h. Une fois les morceaux du pain sont séchés, les échantillons sont pesés avec les boites de Pétrie et le poids a été noté.

Après le séchage, les morceaux du pain sont broyés jusqu'à l'obtention d'une poudre. Une prise d'essai de cette poudre est placée dans l'humidimètre et l'humidité affichée est notée.

- **Expression des résultats**

L'humidité finale du pain exprimée en p.cent (%) est calculée selon les étapes suivantes :

- **Calcul de l'humidité initiale H_i :**

$$H_i = [P_1 - P_2 / P_1 - P] \times 100$$

Où :

P_1 : poids de la boite pétri avec l'échantillon avant séchage.

P_2 : poids de la boite pétri avec l'échantillon après séchage.

P : poids de la boite pétri vide.

- **Calcul de l'humidité finale H_f :**

$$H_f = H_i \% + H \% \times \left[\frac{100 - H_i \%}{100} \right]$$

Où :

H_i : humidité initiale ;

H : humidité mesurée par l'humidimètre.

- **Caractérisation des mies des pains par analyse d'image**

La mie du pain en image est considérée comme une texture visuelle. La caractérisation directe des alvéoles n'est pas évidente, l'identification de leurs contours sur des images est difficile. Une méthode alternative consiste à décrire les images de mie comme des « textures visuelles » est appelée analyse d'image.

Le logiciel imageJ est utilisé pour connaître principalement le nombre des alvéoles présentes dans une image ou une zone de sélection. Le traitement par le logiciel imageJ est réalisé sur des images originales (en couleur) des différentes coupes des pains prise par appareil numérique, ce logiciel est doté de nombreux outils qui nous a permet de déceler plusieurs détails après transformation des images en niveau de gris et la fixation du seuil.

- **Caractérisation alvéolaire des mies des pains**

- **Principe** : L'évaluation des alvéoles des mies des pains traditionnel est réalisé par un logiciel imageJ qui est utilisé principalement pour connaître le nombre et la taille des alvéoles présentes dans une image ou une zone de sélection.

Le traitement par le logiciel imageJ est réalisé sur des images originales (en couleur) des différentes coupes des pains prise par appareil numérique, ce logiciel est doté de nombreux outils que nous a permet de déceler plusieurs détails après transformation des images en niveau de gris et la fixation du seuil, parmi lesquels on a choisi quatre (04) paramètres qui sembleraient suffisants et aptes de décrire avec précision les informations que porte nos images de coupes.

- Nombre des alvéoles

La binarisation oppose les alvéoles noires aux parois blanches, donc l'estimation de nombre sera facile.

- **Taille moyenne**

Valeur approximative en unité de mesure de distance en tenant compte des diamètres intérieur des alvéoles présentes dans la zone de sélection.

- **Fraction de la surface**

Pour les images binaires, ce facteur désigne le pourcentage des pixels qui ont été coloré en noire (les alvéoles) par rapport à la surface de la sélection, ce qui présente la porosité des pa<wns.

- **Indice de forme**

Appelé aussi « circularité », d'après cette dénomination on peut savoir que cet indice nous renseigne sur la forme que présentent nos alvéoles. Il est donné par la formule suivante :

$$\text{Circularité} = 4\pi \times \frac{\text{surface}}{\text{périmètre}^2}$$

Selon le résultat on obtiendra deux tendances des valeurs :

- circularité se rapproche vers le 1, la forme des alvéoles tend à être circulaire.
- circularité se rapproche vers le 0, la forme des alvéoles tend à être rectangulaire, les alvéoles sont beaucoup plus allongées.

- **Méthode d'analyse du traitement d'image**

L'image numérique est composée de pixels. Une des premières opérations classiques est de convertir la taille des pixels en longueur physique. A l'aide de l'outil ligne droite, on peut tracer une ligne sur l'échelle de 1 cm de longueur et d'un angle de 0°, en passant les pixels à une longueur physique. La première étape du traitement consiste à identifier dans l'image la partie contenant les informations à traiter pour comparer les échantillons. Après sélection de la région d'intérêt (02cm x 02cm), les images sont converties en niveau de gris (8bits) puis elles sont subies un ajustement de seuil, cette dernière est une étape d'immense importance afin de garantir que l'image binaire est exactement la même que l'image originale coloré. Donc le seuil correspond à la valeur de niveau de gris qui vérifie cette

condition. Le procédé d'ajustement de seuil a été utilisé pour identifier les cellules de gaz (alvéoles) qui sont présentées par les parties noires dans l'image binaire (figure 11).



Image originale

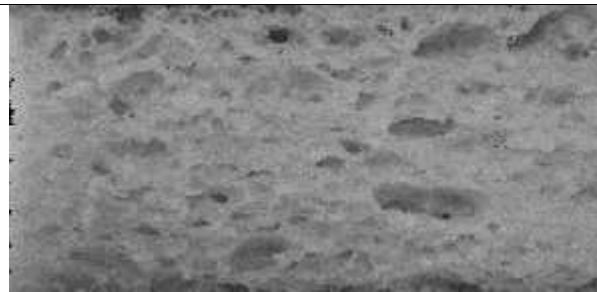


Image 8 bit

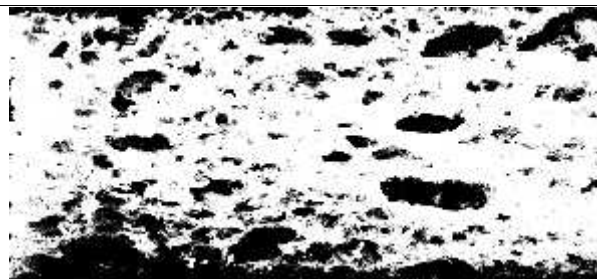


Image ajustée

Figure 09 : Différentes étapes pour obtenir l'image ajustée destiné à l'analyse alvéolaire

I. Résultats obtenues sur le blé

La norme CODEX STAN 199-1995 pour le blé et le blé dur

Cette norme s'applique au blé (variétés de l'espèce *Triticum aestivum* L.) et au blé dur (*Triticum durum* Desf) en grains. Les caractéristiques essentielles de composition et de qualité sont tout d'abord des facteurs visant à la sécurité alimentaire tel que le fait que les grains soient "sains et propres à la transformation pour la consommation humaine". Ils doivent également ne pas présenter de saveurs et d'odeurs anormales, d'insectes et d'acariens vivants .

Méthodes d'évaluation de qualité du blé

L'évaluation de la qualité technologique des productions ne date pas d'hier. Chez le blé tendre, l'aptitude à la panification est étudiée depuis près d'un siècle au moyen de l'alvéographe de Chopin. Cette technique centenaire mesure la force boulangère du blé. Grâce aux progrès de la sélection, la force boulangère des variétés n'a cessé d'augmenter: au congrès du pain de 1925, on constatait que le W avait progressé de 60 à 75 depuis 1910. Il atteint en moyenne 180 aujourd'hui (Guezlane, 1993).

II. Résultats obtenues sur la farine :

II-1. Taux d'humidité :

Le taux d'humidité est 14,50.

Interprétation :

D'après les résultats obtenus, on remarque que cette farine a un taux d'humidité de (14,50 %), donc il est conforme aux normes (entre 14,5 et 15 %).

II-2. Détermination du taux de cendre :

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

La teneur en cendres enregistrée est 0.58 %, donc cette valeur est conforme aux normes (entre 0.56 et 0.67 %)

II-3. Essai l'alvéographe Chopin :

Les résultats obtenus sont mentionnés dans le (Tableau N°10).

Tableau N°10 : Tableau représentatif des caractéristiques alvéographiques de la farine.

	W(10-4joules)	G(cm3)	P(mm)	L(mm)	P/L
Valeur	185	77,27	19.85	80,00	0,96

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

- Une farine faible de force boulangère inférieure à 130 X10⁻⁴ joules.
- Une farine moyenne de W comprise entre 130 x 10⁻⁴ et 180 x 10⁻⁴ joules.
- Une farine forte de W supérieur à 180 x 10⁻⁴ joules.

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

✓ **La norme CODEX STAN 152-1985 pour la farine de blé**

Cette norme s'applique à la farine de blé destinée à la consommation humaine et dérivée du blé ordinaire, *Triticum aestivum* L, ou de blé ramifié, *Triticum compactum* Host., ou tous mélanges de ces derniers, préemballée et prête à la vente aux consommateurs ou destinée à être utilisée dans d'autres produits alimentaires. La farine de blé et tous ingrédients lui étant éventuellement ajoutés doivent être sains et propres à la consommation humaine. Tout comme le produit de base, la farine de blé doit être totalement exempte d'odeurs, de goûts anormaux et d'insectes vivants. En outre, elle ne doit pas présenter de souillures en quantités susceptibles de présenter un risque pour la santé (Benbelkacem, et al, 1998).

III. Les analyses du pain

✓ **Qualité technologique des pains traditionnels de commerce**

La qualité du pain est le résultat de l'évolution structurelle que subit la pâte durant les différentes étapes de la panification, et qui sera stabilisée au cours de la cuisson (BALAJI, 1991), Cette qualité se repose essentiellement sur le volume spécifique du pain et la structure alvéolaire de la mie.

✓ **Volumes spécifiques des pains**

Le volume spécifique est l'une des caractéristiques visuelles la plus importante de pain, influençant fortement le choix du consommateur (Arendt 2013). Par conséquent, c'est un paramètre clé pour évaluer la qualité du pain.

Les volumes spécifiques des pains pour les 10 échantillons du pain de commerce sont résumés dans Le tableau 11.

Tableau 11. Volumes spécifique pour les dix échantillons du pain traditionnel.

Nombre des échantillons	Volume spécifique cm^3/g
01	$4,095 \pm 0,134$
02	$4,620 \pm 0,420$
03	$4,580 \pm 0,056$
04	$4,220 \pm 0,063$
05	$4,100 \pm 0,127$
06	$5,820 \pm 0,049$
07	$3,551 \pm 0,164$
08	$4,472 \pm 0,179$
09	$4,880 \pm 0,073$
10	$6,390 \pm 0,007$

Les résultats du tableau 13 montrent que les échantillons de pain 01, 02, 03, 04, 05, 08, 09,10 présentent relativement le même volume spécifique qui est de l'ordre de $4 \text{ cm}^3/\text{g}$ suivi par l'échantillon 06 avec un volume spécifique plus élevé ($5,820 \pm 0,049$) cm^3/g , les résultats montrent aussi que l'échantillon 07 présentent le volume spécifique le plus bas avec une valeur de $3,551 \pm 0,164 \text{ cm}^3/\text{g}$ par contre le meilleur volume spécifique est obtenu avec l'échantillon 10 ($6,390 \pm 0,007$) cm^3/g . la figure 12 montre la forme et la coupe de mie de l'échantillon qui donne les meilleurs volumes spécifiques.



Image complète du pain



Image d'une coupe du pain

Figure 10 : Images présentent le pain boulangerie 10 avec volume spécifique ($V_{sp} = 6,390 \pm 0,007 \text{ cm}^3 / \text{g}$).

Les résultats du test d'analyse de variance montrent des différences significatives ($p < 0,05$) entre les volumes spécifiques des dix échantillons du pain traditionnel du commerce. Ces différences peuvent être expliquées par l'influence des différents ingrédients utilisés par chaque boulangerie dans la préparation du pain / ainsi les différentes quantités des ingrédients utilisés.

Selon un sondage réalisé au niveau de la commune de Boumerdes auprès des femmes ménagères par Djeghim (2015), le pain est fabriqué à base de semoule de blé dur, 2% sel, 2% de levure et une quantité d'eau nécessaire à la formation d'une pâte, par l'ajout d'une quantité de l'œuf entier de 10g et 20 ml/100g de semoule de l'huile au moment du pétrissage qui dure 20 min suivi par un temps de fermentation de 45 min et enfin la cuisson pendant 30 min.

Selon Balla *et al.* (1999), le volume spécifique du pain est fortement influencé par la quantité de gaz retenu par la pâte. Plus la capacité de rétention de gaz de la pâte est élevée, plus le volume du pain est important.

La différence des volumes spécifiques des 10 échantillons de pain pourrait être due au diagramme de fabrication établie par chaque boulangerie et les différents ingrédients et additifs ajoutés.

Selon les fiches d'information l'échantillon 10 est fabriqué par l'ajout de 3 gramme d'œuf pour 100 gramme de formule (95 g semoule+ 5g farine), par ailleurs l'échantillon 07

qui présente un mauvais volume spécifique est fabriqué en absence des œufs. En boulangerie l'œuf permet l'incorporation d'air dans la matrice, de promouvoir la stabilité de la mousse pendant le pétrissage, et participer à la formation de gel lors de la cuisson au four (Al-Dmoor, 2012).

L'échantillon 10 qui présente le meilleur volume spécifique est fabriqué par l'ajout de 2, 5 g de levure qui présente une quantité élevée par rapport aux autres échantillons. D'après et Kiger (1967), à une température donnée, la vitesse de la fermentation est en fonction de la dose de levure utilisée et elle augmente avec l'augmentation de la dose de levure.

✓ Humidité finale des pains traditionnels

La détermination de la teneur en eau des produits alimentaires est l'une des plus importante analyse. C'est un facteur de qualité dans la préservation des produits(Calvel, 1984).L'humidité du pain (tableau 12) est un paramètre important pour avoir des information concernant la conservation du pain. La qualité de ce dernier est affectée par son humidité finale (Sanina *et al.*, 1996; Maghirang *et al.*, 2006).

Tableau 12. Humidités finales de 10 échantillons du pain traditionnel de commerce.

Echantillon	Humidité finale (%)
01	21,497 ± 0,184
02	18,176 ± 0,087
03	21,880 ± 1,691
04	22,386 ± 0,918
05	23,553 ± 0,074
06	22,607 ± 0,485
07	24,739 ± 0,316
08	23,309 ± 0,226
09	21,065 ± 0,516
10	19,955 ± 0,248

Les pains de 10 échantillons de commerce sont caractérisés par des teneurs en humidité finale variant de la plus faible 18,176 % obtenue avec l'échantillon 02 à la plus élevée 24,73 % obtenue avec l'échantillon 07 qui présente le volume spécifique le plus bas. L'échantillon 10 qui donne le meilleur volume spécifique se caractérise par une humidité finale faible de 19,95%.

Cette variation des valeurs de l'humidité entre les 10 boulangeries pourrait être due à la différence du taux d'hydratation de différents pains. Nous remarquons que l'échantillon 07 avec un volume d'hydratation 0.071L présente une humidité élevée par rapport aux échantillons 04 et 05 avec des volumes d'hydratation respectivement 0.045 et 0.038L. L'eau d'hydratation influence indirectement la rétention gazeuse, une pâte à 35% de teneur en eau totale n'est plus capable de retenir les bulles gazeuses introduites en cours de pétrissage. Cette capacité de rétention gazeuse augmente ensuite linéairement lorsque la teneur en eau de la pâte est augmentée au-dessus de cette valeur jusqu'à 44% (GAN *et al.*, 1995). Lorsque la teneur en eau augmente de 62 à 120% , le produit ne s'expansé quasiment plus et ne cuit plus (évaporation d'une quantité d'eau insuffisante) (LASSOUED, 2009).

✓ **Structure alvéolaire des mies des pains traditionnels de commerce**

L'analyse alvéolaire des mies des pains se fait à l'aide d'un logiciel informatique de traitement d'image (imageJ) qui donne des informations très intéressantes concernant la structure alvéolaire. Le traitement est fait après sélection de la zone d'intérêt et conversion des images en niveau de gris. Les résultats obtenus pour les 10 échantillons par ce logiciel sont présentés dans le tableau 13.

Tableau 13.Résultats de l'analyse d'images des mies des 10 échantillons du pain traditionnel de commerce.(N=02)

Echantillon	Nombre des alvéoles	Taille moyenne (mm ²)	Fraction de surface (%)	Circularité
01	2900±37,401	0,220±0,129	16,35±8,394	0,897±0,012
02	2715±21,093	0,181±0,007	17,533±0,814	0,893±0,008
03	1193±21,857	0,168±0,064	6,033±1,792	0,902±0,011
04	2116±79,939	0,257±0,044	15,06±1,4	0,898±0,004
05	696±17,944	0,359±0,116	6,966±2,281	0,857±0,007
06	1307±06,755	0,181±0,010	6,600±1,992	0,868±0,011
07	2720±31,668	0,161±0,068	9,200±1,322	0,906±0,018
08	1796±26,097	0,184±0,058	11,200±2,586	0,882±0,014
09	6948±39,305	0,019±0,010	17,733±0,568	0,901±0,007
10	2505±55,054	0,225±0,023	14,033±0,416	0,890±0,004

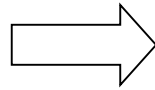
Les résultats de tableau permettent de constater que l'échantillon 01, 05, 09 et 10 sont caractérisés par des mies avec un nombre total des alvéoles énormément élevé allant jusqu'à 6948, cette valeur est nettement supérieure à celle des autres échantillons avec un minimum de 696. Ces valeurs sont en relation avec la taille moyenne des alvéoles qui atteints (0,359±0,116) mm² pour l'échantillon 05 et (0,257±0,044)mm² pour l'échantillon 04 et atteints (0,225±0,023)mm² pour l'échantillon 10 mais reste supérieur à celle des pains 07 avec (0,161±0,068)mm²et 03 avec (0,168±0,064)mm². La diminution de pourcentage de la zone des alvéoles (ratio alvéoles /surface totale) de la mie des dix échantillons peut être associée à la diminution du V_{sp} des pains (Rubel *et al.*,2015). Concernant la forme, toutes les alvéoles présentent une forme ovale circulaire.

L'analyse de la variance permet de dire que le nombre des alvéoles ($P < 0.001$), la taille moyenne ($P < 0,001$), la fraction de surface des alvéoles ($P < 0,014$) et la circularité ($P < 0,001$) de nos échantillons varie de façon significative ($P < 0,05$). La différence se situe exactement au niveau des ingrédients utilisés dans la préparation de pain traditionnel entre les dix échantillons, la pâte contient des ingrédients qui se différencient d'une boulangerie à l'autre (quantité de semoule, des œufs, des améliorants....) préparé par une méthode spécifique pour chaque boulangerie.

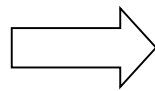
Avec une augmentation de la concentration de levure, la taille des bulles devient plus petite de 23 à 17 μm , ceci est peut-être dû à la concentration de levure qui augmente le taux de production de CO_2 et la sursaturation entraînant une augmentation des taux des bulles. Il en résulte une baisse des tailles de bulles.

Comme l'œuf est battu, l'air incorporé dans le liquide pour former des mousses avec des bulles qui diminuent de taille et d'augmenter en nombre. Les petites bulles auront une pression de gaz plus élevée et par conséquent la concentration de gaz plus élevée, ce qui provoque la diffusion de gaz du petit aux grandes bulles (Hammershoj *et al.*, 1999).

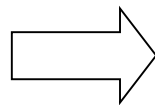
Représentation des dix échantillons du pain traditionnel



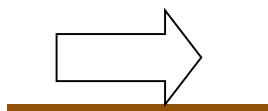
Echantillon numéro 01



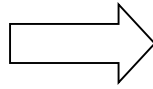
Echantillon numéro 02



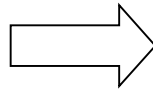
Echantillon numéro 03



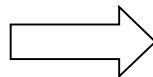
Echantillon numéro 04



Echantillon numéro C



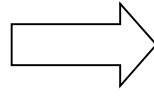
Echantillon numéro 06



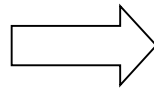
Echantillon numéro 07



Echantillon numéro 08



Echantillon numéro 09



Echantillon N° 10

Conclusion

L'objectif du travail est de déterminer les caractéristiques physico-chimiques et technologiques des farines obtenues de la minoterie Baghlia.

Le résultat de la teneur en eau du blé réceptionné permet une conservation correcte

Les résultats physico-chimiques et technologiques des deux farines analysées, nous a permis de tirer les conclusions suivantes :

- Le taux d'humidité des deux farines est conforme aux normes.
- Le taux de cendre nous a permis de classer nos deux farines en deux types : type 55 et type 65.
- Le taux de cendre est 0,58 %, il est donc conforme aux normes (entre 0,56 et 0,67 %). Cela est dû à la bonne maîtrise du diagramme de mouture.
- Concernant les caractéristiques alvéographiques, les résultats obtenus ont montré que le blé étudié est un blé panifiable courant; toutefois si la force de ce blé est bonne il se caractérise des Gonflement faibles, des ténacités P élevées, des rapports de configuration P/L déséquilibrés et élevés ainsi que par des indices d'élasticité I_e élevés, donc ces blés sont impanifiables en l'état.

La fabrication de la farine nécessite des analyses physico-chimiques et technologiques spécifique pour contrôler la qualité de blé tendre à utiliser.

En ce qui concerné la qualité rhéologique des farines, les analyses qui ont été faites par l'alvéographe sont instables par rapport aux normes Algérienne. Cela est dû au non homogénéité des blés livrés.

Ce travail avait aussi pour objectif la caractérisation du pain du commerce de dix échantillons choisi de la commune de Boumerdes, par la détermination d'humidité et de volume spécifique ainsi d'établir la structure alvéolaire de ces échantillons à travers l'analyse d'image.

D'après les résultats de volumes spécifique on conclut que toutes les échantillons présente des volumes spécifiques plus au moins élevé et acceptable, certains sont supérieurs aux autre à cause de la présence des ingrédients améliorant la qualité du pain en grande quantités.

Les échantillons qui présente des meilleurs volumes spécifiques (échantillon 10) sont caractérisés par une humidité finale basse ce qui confirme la qualité technologique de ces échantillons.

l'analyse par imageJ porte une confirmation supplémentaire renforçant les résultats de l'ACP et indique que les mies des pains ayant la texture fine ont un nombre élevé d'alvéoles séparés par de courtes distances, et celles ayant une texture grossière présentent un nombre d'alvéoles réduits séparés par de longues distances.

Pour les recommandations il serait intéressant de :

- Tester la qualité texturale des mies des pains ;
- Compléter l'étude par une comparaison des résultats avec celles des pains traditionnels de maison ;

A

ADAMOU., Mémoire de fin d'étude d'ingénieur d'état Technologie de transformation des céréales. , INIA (1994), p. 48-55. 31- FAO., Manuels sur le contrôle de la qualité des produits alimentaires, Assurance de la qualité dans le laboratoire d'analyse microbiologique des aliments , Rome (1992).

ADRIAN J., POTUS J. et FRANGUE R., 1995. La science alimentaire de A à Z. Edit TEC et DOC , Lavoisier. France. 447 P.

AFNOR., Contrôle de la qualité des produits alimentaires ; céréales et produit céréaliers, (1991).

AI-DMOOR H. M. 2012. Flat bread : ingredients and fortification, Quality Assurance and Safety of Crops Foods, 4, 2-8.

ANONYME., Recherche agronomique revue semestriels, (N° 10 juin 2002).

AUZIAS D., LABOURDETTE J.P. 2010. Collectif, Petit Futé. 256p.

B

GODON ; et R. GUINET; La panification , Edition Lavoisier Tec et Doc, New York, (1994), P. 552.

BAARDSETH P., KVAAL K., LEA P., ELLEKJAER M. R. ET FAERGESTAD

BABIN P. 2005. Matériaux alvéolaires à base de bio-polymères : Structure et propriétés mécaniques. Thèse de doctorat. INPG, France. 153p.

BAKER, J.C. AND MIZE, M.D. 1941. The origin of the gas cell in bread dough. Cereal Chemistry, 18, 19-34.

BALAJI N. 1991. Modelling of transient temperature distribution during bread baking by finite difference analysis. B.Tech Thesis, IIT, Kharagpur, India. Arpita Mondal.

BALLA A ., BLECKER C., OUMAROU M., PAQUOT M. ET DEROANNE C. 1999. Mise au point de panis composites à base de mélanges de farines de sorgho-blé et analyse texturale. Biotechnol. Agron. Soc. 2, 69-77.

BAR., Contrôle de la qualité des céréales et protéagineux . guide pratique – Ed , ITEC Paris (1995), P. 253.

BEN BELKACEM ; A, SALDI ; BRINIS., La recherche pour la qualité des blés en Algérie ., Séminaire de blé dans la région méditerranéenne , N° 22,

(1995). b) DIPONZO N . KAAAN F ; NACHIT M ., Ed, CIHEM, Espagne (17-9 novembre 1993), P. 271.

BENATALLAH L. 2009. Couscous et pain sans gluten pour malades coeliaques : aptitude technologique de formules à base de riz et de légumes secs. Thèse de Doctorat d'état en science. Spécialité : Sciences Alimentaires. I.N.A.T.A-A. Université Constantine, 169 p.

BERTRAND D., LE GUERNEVE C., MARION D., DEVAUX M.F et ROBERT P. 1992. Description of the textural appearance of bread crumb by video image analysis. *Cereal Chemistry*. 69, 257-261.

BLOKSMA A.H. 1990a. Rheology of the breadmaking process. *Cereal Foods World*, 35, 228-236.

BLOKSMA, A.H. 1990b. Dough structure, dough rheology, and baking quality. *Cereal Foods World*, 35, 237-244.

BORNET., Le pain et produit céréalières, alimentaire et nutrition humaines Edition , ESF. Paris . (1992), P.1533.

BOUREKOUA H., BENATALLAH L., ZIDOUNE M,N et ROSELL C, M. 2016. Developing gluten free bakery improvers by hydrothermal treatment of rice and corn flours. *LWT - Food Science and Technology*. 73, 342-250.

BOZH AND KARAOGLU M. M. 2013. Improving the Quality of Whole Wheat Bread by Using Various Plant Origin Materials. *Czech J. Food Sci*. 31, 457–466

BRANGER A., RICHER M.M., ROUSTEL S. 2007. Microchimie et alimentation. Edit Educagri, Paris, 343 p.

BROWN, A. 2008. Understanding Food Principles and Preparation. Belmont: ThomsonWadsworth. Pp 360-362.

C

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

CALVEL R. 1984. La boulangerie moderne. EYROLLES, 10ème Edition Paris, 460 p.

CARENTINO S. 1996. Pains, Brioches et Gâteaux, Biofutur. Paris. Pp38-42.

- CARIP C.2009.Mise en œuvre des techniques cylindriques. Edit Tec et Doc ,Lavoisier ,Paris,256P.
- CHARDOUH., Caractéristique biochimique et génétique des réserves de blés durs algériens (tritium durum) . Relation avec la qualité., Thèse de magister, (1999), P. 73 .
- CHAULET C.préparation domestique et préparation industrielle des aliments au Maghreb : permanences et changements méditerranéens. Pp 18-19.
- CHEFTEL (J.C.), Introduction à la Biochimie et à la Technologie des aliments.
- CHERIET G.,2000. Etude de la galette : différents types, recettes et mode de fabrication. Université Mentouri, Constantine, Algérie, 200 p.
- CHERIET., Étude de la galette différents types recettes et mode de préparation, (2000), P . 99.
- CHRISTELE –ICARD V. 2000. De la semoule de blé dur aux pâtes alimentaires : événement physique et biochimique ,Industries agricoles et alimentaires. 117,35-43.
- CHTIOUI Y., BERTRAND D., DATTEE Y., DEVAUX M.F. 1996. Identification of seeds by colour imaging - comparison of discriminant analysis and artificial neural network. Journal of the Science of Food & Agriculture, 71, 433-441.
- CIAFFI M., TOZZI L., BORGHI B., CORBELLINI M., LAFIANDRA D.1996.Effect of heat shock during grain filling on gluten protein composition of bread wheat, Journal of Cereal Science, 24, 91-100.
- COLAS ., Définition de la qualité des farines pour les différentes utilisations, (1991), P.580- 287.
- COLAS A.1991.Définition de la qualité des farines pour différentes utilisations .In : les industries de première transformation des céréales
- GODON B. et WILIM C.Tec et doc ,Lavoisier , 679 P.
- COME D.et CORBINEAU F.2006.Dictionnaire de la biologie des semences et des plantes ,Edit TEC ET DOC ,Lavoisier ,Paris,233p.

D

- DAGHER M.S.,1991. Traditional foods in the Near East, FAO, Food Nutr, 50, 161.
- DANDOY S.1996. Le rayon boulangerie en libre-service du supermarché Match. Rapport d'étude, DESS QUALIMAPA, Lille. 29 p.

- DANZART M. 1998. Statistique. In: Evaluation sensorielle - Manuel méthodologique, Vol.524., DEPLEDT F. Edit. Tec et Doc, Lavoisier. Paris. Pp 219-317.
- DE STEPHANIS V.A. ET PONTE J.G. 1976. Studies on the breadmaking properties of wheat-flour nonpolar lipids. *Cereal Chemistry*, 53, 636-642.
- DEBITON C. 2010. Identification des critères du grain de blé (*Triticum aestivum* L.) favorable à la production de bioéthanol par l'étude d'un ensemble de cultivars et par l'analyse protéomique de lignées isogéniques waxy (Doctoral dissertation, Université Blaise Pascal-Clermont-Ferrand II).
- DEROO I. 1985. L'homme, la farine, le pain. Thèse : Lille. 130p.
- DEVAUX M.F., REGUERRE A.L., CHIRON H. ET LASSOUED N. 2005. Caractérisation par analyse d'images de produits céréaliers alvéolaires selon leur texture visuelle. *Cah. Tech. Inra*, 56 ? 17-32.
- DEVAUX M.F., SIRE A. ET PAPINEAU P. 2009. Macrovision et analyse granulométrique en niveaux de gris pour l'analyse histologique de tissus végétaux. *INRA*, Pp 93-100.
- DJEGHIM F. 2015. Utilisation d'améliorants de l'expansion gazeuse dans la fabrication sans gluten de pains levés traditionnels. Université des frères mentouriconstantine. 106 p.
- DOUMANDJI; S. DOUMANDJI; M,B. DOUMANDJI; Technologie de transformation des blés et problème dus aux insectes en stock , Ed :Office des publication universitaire. (2003), P.129.
- DROOGENBROECK V. 1994. Traitement d'images numériques au moyen d'algorithmes utilisant la morphologie mathématique et la notion d'objet : application au codage. Thèse de Doctorat, université catholique de louvain,

E

- Ecole nationale supérieure des mines de Paris, France, 23 p.
- E.M. 2000. The effects of bread making process and wheat quality on French baguettes. *Journal of Cereal Science*, 32, 73-87.
- ELIASSON, A. C., et LARSSON, K. 1993. *Cereals in breadmaking. A molecular colloidal*. New York: Marcel Dekker, 371p.
- ERIAD ., Le manuel de contrôle de qualité, document des industries alimentaires céréalières et dérivée. Moulin des oasis, (1984). 28 – C.Mauzé, G.Scotti., Guide pratique d'agrégation des blés. Institut technique des céréales et des fourrages, (1968).

EWART, J. A. D. 1977. Re-examination of the linear glutenin hypothesis. J. Sci. Food Agric.28, 191-199

F

F.A.O. 1995. Norme codex pour la semoule et la farine de blé dur ,CODEX STAN 178 -1991,Rev.4p.

FAO .1990. Utilisation des aliments tropicaux : Céréales. FAO. Alimentation et Nutrition. 47/1. Rome. 120 p.

FAO; Utilisation des aliments tropicaux : céréale , légumes secs , légumineuse , produits dérivés ,et protéines végétales programme mixte FAO/ OMS sur les normes alimentaires , volume 7.2 édition . (1990), P. 101.

FEILLET ,P.2000.In Lipides du grain de blé ,INRA editions. Pp114-121.

FEILLET P. 2000. Les grains de blé, composition et utilisation. INRA. Paris. 308p.

FERREIRA T ET RASBAND W. 2011. Image J User Guide, IJ 1.45m.

FREDOT E .2005.Connaissance des aliments ,bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique. Edit Tec et Doc ,Lavoisier ,Lavoisier ,Paris. Pp 165-266.

G

GALLAGHER E., GORMLEY R.T et ARENDT K.E. 2004. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. Trends in Food Science, 15, 143-152.

GAN Z., ANGOLD R.E., WILLIAMS M.R., ELLIST P.R., VAUGHAN J.G. etGALLIARD T. 1990. The microstructure and gas retention of bread dough. Journal of Cereal Science, 12, 15-24.

GAN Z.,ELLIST P.R .ET SCHOFIELD D.1995.Mini review –Gas cell stabilization and gas retention in wheat bread dough .Journal of Cereal science .21,215-230.

GOCMEN D., INKAYA A. N., AYDIN E., 2009. Flat breads. Bulgarian.Journal of Agricultural Science, 15, 298-306 p.

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

- GODON B et GUINET R. 1994. La panification française, Edit TEC et DOC, Lavoisier, Paris. 521 p.
- GODON B. ET LOISEL W., 1997. Guide pratique d'analyses dans les industries des céréales. Edit. TEC et DOC, Lavoisier. Pp 317-589.
- GODON B., WILLM C. (1998) Les industries de première transformation des céréales. Tec et Doc. Lavoisier. Paris. 679p.
- GOMEZ, M., RONDA, F., CABALLERO, P., BLANCO, C., et ROSSEL, C. 2007. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. *Food Hydrocolloids*, 22, 167- 173.
- GOOT A.J. 2010. Aeration of bread dough influenced by different way of processing. *Journal of Cereal Science*, ELSEVIER, 51, 89-95.
- GUESSASMA S. 2007. Approches de génération de structures alvéolaires et élasticité de produits céréaliers. INRA Unité Biopolymères Interactions Assemblages (BIA) Nantes 44316, France, Pp 28.
- GUILLERMO G., BELLIDO, MARTIN G., SCANLON, JOHN H. ET PAGE S. 2009. Measurement of dough specific volume in chemically leavened dough system. *Journal of Cereal Science*. ELSEVEIR. Pp 212-218.
- GUINET R ET GODON B. 1994. La panification française. Eds., Lavoisier-Apiia, Tec et Doc. Paris. 534 p.
- GUINET., Technologie du pain français ; In , pain et nutrition P.P.I.S, (Ed) paris. (2006), P.75 .

H

- HAGER A. et K.ARENDT K. 2013. Influence of hydroxypropylmethylcellulose (HPMC). *Food Hydrocolloids*, 32, 195-203.
- HARALICK RM, SHANMUGAM K, DINSTENI. 1973. "Textural features for image classification". *IEEE Transactions on systems, man and cybernetics*. 6, 610-621.
- HAYMAN, A., HOSENEY, R.C. AND FAUBION, J.M. 1998a. Effect of pressure (crust formation) on bread crumb grain development. *Cereal Chemistry*, 75, 581-584.
- HE H. ET HOSENEY R.C. 1991. Gas retention of different cereal flours. *Cereal Chemistry* 68, 334–336.

I

I.T .C.F., Contrôle de la qualité des céréales et protéagineuse guide pratique Ed, I.T.C paris . (1995), P. 253.

J

JORA (Journal Officiel de la République Algérienne), Collections Statistiques n° 692,1991.

JUNGE, R.C. AND HOSENEY, R.C. 1981. A mechanism by which shortening and certain surfactants improve loaf volume in bread. Cereal Chemistry, 58, 408-412.

K

KEZIH R., BEKHOUCHE F., MERAZKA A., 2014. Some traditional Algerian products from durum wheat. African Journal of Food Science. 8, 30-34.

KIGER J-L ET KIGER J-G. 1967. Techniques modernes de biscuiterie, pâtisserie, boulangerie industriel et artisanale et les produits de régime. Edit DUNDO. 676p.

KIM K., SETSER C.S., Foaming properties of fresh and commercially dried eggs in

L

LANGRAF F. 2002. Produits et procédés de panification. Edit. Technique de l'ingénieur, traité Agroalimentaire. Rouen.7 p.

LASSOUED N. 2005. Structure alvéolaire des produits céréaliers de cuisson en lien avec les propriétés rhéologiques et thermiques de la pâte : Effet de la composition. Thèse de doctorat. ENSIA, France ,163 p.

LASSOUED N., BABIN P., DELLA VALLE G., DEVAUX M.F et REGUERRE A.L. 2007. Granulometry of bread crumb grain: Contributions of 2D and 3D image analysis at different scale. Food Research International. ELSEVIER, France, 40, 1087–1097.

Lavoisier, Paris, (1977), P. 105-142.

LEUREUX G .1999. Céréales a votre table .Edit Vivez Soleil. Pp 111-117.

M

MAC RITCHIE F. ET GRAS P.W.1973. The role of flour lipids in baking. Cereal Chemistry, 50, 292-302.

MAGDIC D. 1999. Digital Image Analysis in: The Digital Image Analysis Algorithm of Bread Medium Part, Master thesis, FFT Zagreb. Pp 65-68.

MEREDITH, P. 1964. A theory of gluten structure. Cereal Science Today, 9, 34-54.

MEZIANI S. ,2011. Influence du procédé de congélation sur les levures et les propriétés techno-fonctionnelles des pâtes sucrées (type mougelhopf). Thèse présentée en vue de l'obtention de diplôme de doctorat en procédés biotechnologiques et alimentaires, institut national polytechnique de lorraine, université nancy,

MILLS E.N.C., SALT L.J., WILDE P.J., GEORGET D., WELLNER N. 1985. The leavening of bread dough, Cereal Foods World, 30,791-792.

Mme Amal LAHBABI, M. Abdel Ilah JIB, M. Yahya MOUSSA., guide pratique de la fortification de la farine.(2004).

N

N. DELACHAUX ., Alimentaire boulanger - pâtissier Édition aspes, (1983),P : 7 –8 .

NAITO S., ISHIDA N., TAKANO H., KOIZUMI M. ET KANO H. 2003. Routine evaluation of the grain structures of baked breads by MRI. Food Science and Technology Research, 9, 155-161.

NOUT R., HOUNHOUGAN D., ET BOEKEL V. 2003. Les aliments : transformation,conservation et qualité. Netherlands: BACKHY Publishers, 257 p.

P

P. GRANDVIONNET ; B. PRAIX ., Les ingrédients des pâtes , Farines mixtes, (1994), P. 100-131 . 24– Pierre Feillet., Le Grain de blé: composition et utilisation , Editions Quae, (2000), P.124-128.

PADILLA M.evolution des modeles de consommation mediterraneens ; faits, causes,effets).Pp 219-26 .

PAUL., Céréale et oléagineux manutention , commercialisation , transformation- institut international du Canada pour le grain Winnipeg , Manitoba – la meunerie –, (1984) , P .579.

PEIGHAMBARDOUST S.H., FALLAHE., HAMERR.J. et VAN DER QAROONI J., 1996 Flat breads. In Flat Bread Technology, Springer US, 67, 119- 208.

R

R. BOULEGHIE ; K. OUABED., Mémoire de fin d'étude d'ingénieur d'état, département de nutrition de l'alimentation et des technologies agro alimentaires, D.N.A.T.A.A, (2002). P .19- 34.

R. CALVEL., La boulangerie moderne , Ed Egrolle. France . (1984), P. 459.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

REGUERRE A.L., CHIRON H., SHEHZAD A., DELLA VALLE G. 2009. Suivi de fermentation de la pâte à pain par imagerie. Edit INRA. Pp 51 – 60.

Rheological properties and microstructure. Journal of Food Engineering, 109,1, 2012 :104-113.

RIVAL A. 2005. Le pain chez soi. France agricole, 129 p.

ROMANO A., CAVELLA S., TORALDO G. ET MASI P. 2013. 2D structural imaging study of bubble evolution during leavening. Food Research International. ELSEVIER. Italy, 50, 324-329.

ROUILLE J.2003.Mécanismes d'alvéolation de la pâte et la mie de pain français. Thèse de doctorat en Génie des procédés. Université de Nantes.179p.

ROUSSEL, P. AND CHIRON, H. 2002. Les pains français : Evolution, qualité, production. 1 ed.,MAE-ERTI. (Eds), France.

RUBEL I. A., PEREZ E. E., MANRIQUE G.D., GENOVESE D. B. 2015.Fibre enrichment of wheat bread with Jerusalem artichoke inulin: Effect on dough rheology and bread quality, Food Structure. 3, 21-29.

S

- SAPIRSTEIN H.D., ROLLER R. ET BUSHUK W. 1994. Instrumental measurement of bread crumb grain by digital image analysis. *Cereal Chemistry*, 71, 383-391.
- SAULNIER L. 2012. les grains de céréales :diversité et composition nutritionnelles ,Cahiers de nutrition et dietetique ,47, 4-S15.
- SAUTIER D., ODÉYÉ-FINZI M ., BRICAS N., AND O'DÉYÉ M. 1989. Mil, maïs, sorgho, technique et alimentation au sehel. Sehel club, alternatives technologiques et recherché sur les industries agricoles et alimentaires (groupe), Permanent Inter Stat committee for Drought Control in the Sahel . Editions L'Harmattan .171p
- SAUVANT., Les céréales (encyclopédie des techniques agricoles), N° 25, Ed : Saita. paris . (1979).
- SCANLON, M.G. and ZGHAL, M.C. 2001. Bread properties and crumb structure. *Food Research International*, 34, 841-864.
- SCHWARTZ D. 1993. Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes. Flammarion Médecine Science, Paris. 306 p.
- SELSELET., Technologie des céréales et produits dérivés . Institut de technologie agricole de Mostaganem, (1991), P.147.
- SERVIUE ., Valeur alimentaire et al, Manuel d'alimentaire humaines . Les aliments tome 2. Edition : technique et documentation , la voisin, paris (1984) P. 516.
- Site internet (www.benamor-group.com), pdf.
- SKEGSP.K.2006. Composition and surface properties of dough liquor. *Journal of Cereal Science*, ELSEVEIR. Pp 284-292.
- ŠRAMKOVA Z.,GREGOVA E.,STURDIK E.2009.Chemical composition and nutritional quality of wheat grain .*Actachimicaslovaca*. 2,115-138.
- SURGET ,AND BARON ,C.2005.Histologie du grain de blé ,Association pour le progrès des industries céréalière ,Paris. Pp3-7.

T

TABUNA H.quellesstrategies pour le developpement et la promotion des alimentstraditionnels mauriciens sur les marches internationaux des produits alimentaires ethniques .23p.

TALAMALIL ., La libération du marché des céréales en Algérie office algérien interprofessionnel des céréales OAIC Acte du premier symposium internationale sur la Filière blé , Alger , Algérie , (2000), P.11- 18.
the presence of stabilizers and surfactants. Poultry Science, 61, 11, 1982: 2194-2199.122. KITISSOU P.,Un nouveau paramètre alvéographique : l'indice d'élasticité. Industries des céréales . 9-17.
TOFFALORI N. 1993. Le pain et la santé. Thèse : pharmacie, Lille. 123p.
TRINH L. 2013. Gas cells in bread dough. A thesis for the degree of Doctor. School of Chemical Engineering and Analytical Science.220 p.

U

UPADHYAY R., GHOSAL D., MEHRA A., Characterization of bread dough:

V

VACLAVIK, V., et CHRISTIAN, E. 2014. Essentials of Food Science. New York: springer.Pp 39-51.
VAN VLIET T., JANSSEN A.M., BLOKSMA A.H. AND WALSTRA P. 1992. Strain hardening of dough as a requirement for gas retention. Journal of Texture Studies, 23, 439-460.
VIERLING E .2003.Aliments et boissons,filieres et produits .Edit DOIN ,France . Pp160-169.
VIERLING E .2003.Aliments et boissons,filieres et produits .Edit DOIN ,France .Pp160-169.

W

W. G. ALLEN; J. E. SPRADIN., Amylase and their properties the bakers digest, (1974), p. 14 –23 .
WRIGLEY CW, BIETZ JA, 1988. Proteins and amino acids. In: Pomeranz Y, Ed. Wheat: Chemistry and Technology 1. St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists, Inc. Pp 165-93.

Y

Y. D'ACOSTA., Le gluten de blé ses applications , Ed : Paria , paris , France . (1986), P. 126. 18 – R. CALREL ., fabrication de produits alimentaire . (1975).

Z

ZAYAS I.Y. 1993. Digital image texture analysis for bread crumb grain evaluation. Cereal Foods World, 38, 760-766.

ZGHAL M.C., SCANLON M.G. ET SAPIRSTEIN H.D.1999. Prediction of bread crumb density by digital image analysis. Cereal Chemistry, 76, 734-742.

Annexe 1 : Présentation de l'entreprise

Présentation de l'entreprise

La société nationale de semoule pate alimentaires coucous (SNSEMPAC) a été restructurée en 1983 et devenue ERIAD (entreprise régionale de l'industrie agroalimentaire et dérivés) dont l'activité principale est la transformation des céréales (Blé tendre et blé dur) en produit alimentaire (semoule et farine).

Fiche technique de l'UPC de Baghlia (Boumerdes):

Dénomination de raison sociale:

ERIAS-Alger SPA Filiale moulins de Tizi-Ouzou upc de baghlia.

Date de création: mai 1983, Extention 1996 reconvention 1997.

Adresse: La zone industrielle a la route nationale Baghlia Naciria Wilaya de Boumerdes (télé:024897945).

Surface totale : 10 hectares.

Activité:

Production de Semoule/Semoulerie.

Production de Farine/minoterie

Capacité de production:

4000qx/24hpour semoulerie.

2000qx/24hpour la minoterie.

Mode de commercialisation:

Vente par raisons ERIAD.

Effectif : cadre:25, AIP:116

Annexe 2 : Fiche Technique de l'entreprise

FICHE TECHNIQUE «U P C BAGHLIA»		
CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DU POTENTIEL DE PRODUCTION		
Caractéristiques Techniques	Unité de Baghlia	
	Moulin 1	Moulin 2
Activité	Minoterie/ Semoulerie	Semoulerie
Constructeur	SANGATI	GOLFETTO
Date de Mise en Service	1982	1996
Capacité de stockage des silos	125 000 Qx	
Capacité Initiale de Production	M : 1 000 Qx/24h S : 1 000 Qx/24h	4 000 Qx/24h
Installation des Valleks	1993	-
Nouvelles Capacités	M : 1 200 Qx/24h S : 1 000 Qx/24h	-
Extension des capacités de production	Reconversion de la Semoulerie en Minoterie.	-
<ul style="list-style-type: none"> • Capacité de l'extension • Constructeur • Date de Mise en Service 	800 Qx/24h Sangati 1997	-
Nouvelles Capacités	M : 2 000 Qx/24h	4 000 Qx/24h
Année 2005	Reconversion de la Minoterie (800 Qx/24h) en semoulerie (1000 Qx/24h).	-
Capacités Globales de Productions	M : 1 200 Qx/24h S : 1 000 Qx/24h	4 000 Qx/24h
Capacité d'ensachage	1 500 Qx/08h	2 000 Qx/08h
Capacité de Cubage de Son	200 Qx/08h A Chaud	200 Qx/08h A Froid
Capacité de stockage Produits Finis		
<ul style="list-style-type: none"> • Cellules • Magasins 	Far : 6 750 Qx Sem : 2 300 Qx 2 000 Qx	4 500 Qx 10 000 Qx